

<b>I.</b>	<b>DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>2</b>
I.1	DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....	2
I.2	DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE.....	4
I.2.1	NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.....	4
I.2.2	REGISTRO FEDERAL DE CAUSANTES (RFC).....	4
I.2.3	NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL .....	4
I.2.4	CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL.....	4
I.2.5	RFC DEL REPRESENTANTE LEGAL.....	4
I.2.6	DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE PARA RECIBIR U OÍR NOTIFICACIONES .....	4
I.3	DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	6
I.3.1	NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.....	6
I.3.2	RFC.....	6
I.3.3	NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO .....	6
I.3.4	RFC DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO .....	6
I.3.5	CURP DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO .....	6
I.3.6	CÉDULA PROFESIONAL DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO .	6
I.3.7	DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO .....	6

**I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO**

**I.1.1 CLAVE DEL PROYECTO**

(para ser llenado por la Secretaría)

**I.1.2 NOMBRE DEL PROYECTO**

Proyecto Hidroeléctrico La Yesca

**I.1.3 DATOS DEL SECTOR Y TIPO DE PROYECTO**

**I.1.3.1 Sector**

Eléctrico

**I.1.3.2 Subsector**

Hidroeléctrico

**I.1.3.3 Tipo de proyecto**

Presa con obra de generación

**I.1.4 ESTUDIO DE RIESGO Y SU MODALIDAD**

No aplica

**I.1.5 UBICACIÓN DEL PROYECTO**

**I.1.5.1 Calle y número, o bien nombre del lugar y/o rasgo geográfico de referencia, en caso de carecer de dirección postal**

Eje del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, sobre el Río Santiago, aproximadamente a 6 km aguas debajo de su confluencia con el Río Bolaños, en los Estados de Nayarit y Jalisco.

**I.1.5.2 Código postal.**

Sin código postal

**I.1.5.3 Entidad federativa**

Nayarit, por margen izquierda del Río Santiago  
Jalisco, por margen derecha del mismo río.

**I.1.5.4 Municipio(s) o delegación(es)**

La Yesca, en el Estado de Nayarit  
Hostotipaquillo, Tequila y San Martín de Bolaños en el Estado de Jalisco

**I.1.5.5 Localidad(es)**

Las únicas localidades involucradas por el proyecto son Paso La Yesca y Mesa de Flores, en el municipio de Hostotipaquillo, Jalisco.

**I.1.5.6 Coordenadas geográficas y/o UTM, de acuerdo con los siguientes casos, según corresponda:**

El sitio del proyecto se ubica en las coordenadas geográficas 21° 11' 49'' de latitud Norte y 104° 06' 21'' de longitud Oeste, que corresponde al sitio de la cortina del PH La Yesca.

**I.1.6 Dimensiones del proyecto:**

El proyecto se desarrollará en una superficie de 3 692 ha, que corresponden a:  
Área de obras civiles y electromecánica 200 ha  
Superficie de embalse 3 492 ha

**I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE**

**I.2.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL**

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

**I.2.2 REGISTRO FEDERAL DE CAUSANTES (RFC)**

CFE 370814 QIO

**I.2.3 NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL**

Protección de datos personales LFTAIPG

**I.2.4 CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL**

Protección de datos personales LFTAIPG

**I.2.5 RFC DEL REPRESENTANTE LEGAL**

Protección de datos

**I.2.6 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE PARA RECIBIR U OÍR NOTIFICACIONES**

**I.2.6.1 Calle y número o bien nombre del lugar y/o rasgo geográfico de referencia, en caso de carecer de dirección postal**

Protección de datos personales LFTAIPG

[Redacted address information]

**I.2.6.2 Colonia, barrio**

Protección de datos personales

**I.2.6.3 Código postal**

Protección de datos

**I.2.6.4 Entidad federativa**

Protección de datos

**I.2.6.5 Municipio o delegación**

Protección de datos personales

**1.2.6.6 Teléfono(s)**

Protección de datos personales LFTAIPG

**1.2.6.7 Fax**

Protección de datos personales

**1.2.6.8 Correo electrónico**

Protección de datos personales LFTAIPG

**I.3 DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**I.3.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL**

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**I.3.2 RFC**

UGU-250907-MH5

**I.3.3 NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO**

Protección de datos personales LFTAIPG

**I.3.4 RFC DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO**

Protección de

**I.3.5 CURP DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO**

Protección de datos personales

**I.3.6 CÉDULA PROFESIONAL DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO**

Ced. Prof. Protección de

**I.3.7 DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO**

**I.3.7.1 Calle y número o bien nombre del lugar y/o rasgo geográfico de referencia, en caso de carecer de dirección postal**

Protección de datos personales LFTAIPG

**I.3.7.2 Colonia, barrio**

Protección de datos

**I.3.7.3 Código postal**

Protecci

**I.3.7.4 Entidad federativa**

Protecci

### **1.3.7.5 Municipio o delegación**

Protección de

### **1.3.7.6 Teléfono(s)**

Protección de datos  
personales LFTAIPG

### **1.3.7.7 Fax**

Protección de datos

### **1.3.7.8 Correo electrónico**

Protección de datos personales

## **1.3.8 PARTICIPANTES:**

De acuerdo con la guía sectorial, para elaborar la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional de Proyectos de Generación, Transmisión y Transformación de Energía Eléctrica, realizada por la SEMARNAT.

La Universidad de Guadalajara conformó un grupo multi-interdisciplinario el cual se compone de la siguiente manera:

– Coordinación General

- » Supervisión Gerencial
- » Supervisión de Campo
- » Administración

– Coordinaciones de Área

» Medio Físico.

- Geología y Geomorfología.
- Hidrología Superficial.
- Hidrología Subterránea.
- Calidad de Agua.
- Suelos.
- Clima.
- Calidad del Aire.
- Calidad Escénica.

» Medio Biótico.

- Vegetación Terrestre.
- Vegetación Acuática.
- Fauna Terrestre.
- Fauna Acuática.

» Sistema Socioeconómico.

- Socioeconómico.
- Participación Ciudadana.
- Riesgo, Seguridad e Higiene.

» Asesoría Externa.

- Infraestructura Obra Civil.
- Instrumentos de Planeación y Ordenamientos Jurídicos Aplicables.
- Impactos Ambientales.

» Herramientas de Apoyo

- Sistemas de Información Geográfica.
- Uso Actual del Suelo.

» Proyectos Asociados

- Bancos de Material.
- Estudio Técnico Justificativo.

La Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad Regional fue desarrollada por un equipo multi-interdisciplinario de 111 universitarios, entre académicos y personal profesional integrado en sus respectivas áreas, de éstos 10 cuentan con nivel Doctorado, 30 con Maestría en Ciencias, 35 con nivel licenciatura, 14 pasantes y 2 personas como apoyo, de igual forma y en conjunto con la CFE y su grupo de técnicos, se realizó la supervisión e integración del estudio final.

Así mismo se contó con el apoyo de otras instituciones educativas como lo es el ITESO (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente), quienes facilitaron información bibliográfica, así como la disposición de sus instalaciones y equipos en algunas áreas que integran el estudio, especialmente en el área de Hidrología y Geomorfología.

### **1.3.8.1 Investigadores responsables por coordinación**

Protección de datos personales LFTAIPG

Coordinador General

Protección de datos personales  
LFTAIPG

[Redacted]

Protección de datos personales  
LFTAIPG

Av. Normalistas No. 125

Protección de datos personales  
LFTAIPG



Protección de datos personales LFTAIPG  
LFTAIPG  
Protección de datos personales LFTAIPG  
LFTAIPG

Protección de datos personales LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG

LFTAIPG  
LFTAIPG LFTAIPG LFTAIPG LFTAIPG LFTAIPG LFTAIPG LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG

LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG

LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG

LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG

LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG

LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG  
LFTAIPG

LFTAIPG bras  
Protección de datos personales LFTAIPG  
LFTAIPG

Protección de datos personales LFTAIPG

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

### **I.3.8.2 Infraestructura**

La Universidad de Guadalajara cuenta en la actualidad con 13 Centros Universitarios en todo el Estado de Jalisco poniendo al alcance de todos las herramientas necesarias para el desarrollo personal y profesional en nuestro Estado.

El CUCBA (Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias) donde se desarrolló la mayor parte de los estudios, cuenta con el equipo de cómputo necesario para apoyar el trabajo de investigación mediante situaciones interactivas en condiciones de laboratorio y en escenarios naturales. Se dispone de cubículos y campos experimentales para integración de investigación, además de la amplia experiencia de los investigadores y profesionales que laboran en el mismo.

De igual manera, se dispone de laboratorios, invernaderos, bioterios y espacios, con cámaras modulares para experimentación en situaciones controladas por equipo de cómputo. Se dispone de un número suficiente de computadoras para el trabajo de análisis de datos y procesamiento de textos.

En sus instalaciones cuenta, por mencionar algunas de mayor importancia para este proyecto, con los laboratorios de suelos, laboratorios de etnobotánica, laboratorio de jardín botánico, laboratorio de ecosistemática, herbario, biblioteca, laboratorio de botánica y zoología, colección de vertebrados e invertebrados e invernaderos, que fueron parte importante para los muestreos e identificación de especies en las áreas de flora y vegetación, además de contar con el apoyo de instituciones como el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), quienes proporcionaron datos estadísticos de la región, información importante para el desarrollo de esta Manifestación de Impacto Ambiental.

El CUCBA cuenta con una biblioteca de mas de 3 000 m<sup>2</sup> y cuenta con terminal de la Red Universitaria con acceso a los bancos de documentación vinculados para todos los postgrados. Esta biblioteca y hemeroteca cuenta en la actualidad con más de 800 volúmenes especializados y cincuenta publicaciones periódicas, muchas de ellas con colecciones completas o que cubren periodos desde 1981.

II.4	REQUERIMIENTO DE PERSONAL E INSUMOS .....	113
II.4.1	PERSONAL.....	113
II.4.2	INSUMOS .....	113
II.5	GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	121
II.5.1	RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS .....	127
II.5.2	MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS .....	128
II.5.3	DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS .....	128
II.6	GENERACIÓN, MANEJO Y DESCARGA DE RESIDUOS LÍQUIDOS, LODOS Y AGUAS RESIDUALES .....	130
II.6.1	GENERACIÓN.....	130
II.7	GENERACIÓN, MANEJO Y CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA .....	132
II.8	CONTAMINACIÓN POR RUIDO .....	132
II.9	MEDIDAS DE SEGURIDAD .....	132
II.10	IDENTIFICACIÓN DE LAS POSIBLES AFECTACIONES AL AMBIENTE QUE SON CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE PROYECTO. ....	133

## II.4 REQUERIMIENTO DE PERSONAL E INSUMOS

### II.4.1 PERSONAL

La construcción del PH La Yesca está programada para ejecutarse entre los años de 2007 y 2011. Los recursos humanos requeridos se han estimado con base en la experiencia obtenida en la construcción de proyectos hidroeléctricos similares, considerando la plantilla básica de personal, en dos turnos de trabajo para cada una de las actividades programadas. se estima que en la fase pico de la construcción, entre los años 2009-2010, la demanda de mano de obra para la construcción será de alrededor de 5 100 trabajadores, correspondiendo el 80% de ellos a los frentes de la cortina, incluyendo la explotación del banco de roca, y obras de generación.

Adicionalmente, para la supervisión se estima un máximo de 170 empleados, por lo que en total laborarán en el pico de la obra 5 100 trabajadores.

### II.4.2 INSUMOS

Los recursos naturales extraídos para la construcción del PH La Yesca serán agua, roca, limo, arcilla, grava y arena, ya que serán utilizados para las diferentes obras que se realizarán durante el proyecto, como son la construcción de los campamentos, oficinas, la cortina, ataguías, casa de máquinas, túnel de desfogue, etc.

Tabla 18. Recursos naturales.

Recurso empleado	Etapas	Volumen m <sup>3</sup>	Forma de obtención	Lugar de obtención	Modo de empleo
Roca	Construcción	7 840 100	Explosivos, tractor y cargador	Bancos de roca y excavación de obras	Ataguías y obra de contención
Grava y arena	Construcción	4 100 000	Retroexcavadora, draga y cargador	Aluvión de los ríos Santiago y Bolaños	Obra de contención, ataguías, vialidades y agregados para concretos de las obras
Arcillas	Construcción	25 500	Tractor y cargador	Banco La Haciendita	Ataguías
Limos	Construcción	410 000	Tractor y cargador	Sitios aún sin identificar	Obra de contención
Agua	Construcción	3 000 000	Subterránea	Subsuelo	Obras principales

### II.4.2.1 Agua

Para la construcción del PH La Yesca se requerirá de agua cruda para los procesos constructivos, agua para servicios (como sanitarios, regaderas, lavandería, etc.) y agua potable. El volumen estimado es el que se indica en la tabla 19.

**Tabla 19. Consumo de agua durante las etapas de la obra.**

Etapa	Agua	Consumo ordinario		Consumo excepcional o periódico			
		Volumen	Origen	Volumen	Origen	Periodo	Duración
Prep. del sitio y construcción	Cruda	504 784 m <sup>3</sup> /año	Subterránea	*	*	*	*
	Tratada <sup>1</sup>	183 063 m <sup>3</sup> /año	Magdalena y Tequila	*	*	*	*
Operación y mantenimiento	Cruda	386 m <sup>3</sup> /s	Subterránea	*	*	*	*
	Tratada <sup>1</sup>	6 m <sup>3</sup> /s	Magdalena y Tequila	*	*	*	*

<sup>1</sup> Para servicios y consumo humano.

\* No se realizarán consumos excepcionales de agua.

### Requerimientos de agua en cada etapa

Volumen utilizado por unidad de tiempo

Se estima que en el tiempo en que durará la construcción del proyecto se requerirá un volumen total de 3 000 000 m<sup>3</sup> de pipas de agua, de los cuales 76,3 % será agua cruda, 21,5% agua para servicios y 2,2% agua potable. Para estimar estos volúmenes se consideró la experiencia que CFE tiene de cada uno de los procesos constructivos que requieren agua. En el caso del agua para servicios, se consideró una dotación de 150 l/hab/día, valor que de acuerdo con observaciones previas es el promedio de consumo diario. En cuanto al agua potable requerida, el volumen se calculó considerando la cantidad de agua que el personal consume en campo durante su jornada de trabajo, más aquella necesaria para la preparación de sus alimentos, lo cual resultó en alrededor de 8 l diarios. En las tablas 20 y 21 se presentan los valores anualizados de consumo de agua cruda por frente de trabajo, de agua para servicios y de agua potable.

El permiso del agua utilizada para la construcción de la obra y servicios, será gestionada por el contratista encargado de las obras.

Para las descargas de aguas residuales, se gestionará el permiso una vez que se haya licitado la obra y seleccionado a un contratista.

**Tabla 20. Volúmenes estimados de consumo anual de agua cruda en los procesos constructivos.**

<b>Volúmenes de agua consumibles por año (m<sup>3</sup>)</b>					
<b>Concepto</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Excavaciones subterráneas	1 650	1 997	21 900		
Pantalla flexoimpermeable			3 740		
Tratamiento de taludes	1 825	3 650	3 650	3 650	
Inyección pantalla profunda			3 650	3 650	
Mortero lanzado	480	1 250	3 200	3 200	3 200
Clasificadoras	175 800	388 800	388 800	388 800	388 800
Fabricación de concreto	20 000	62 790	62 790	62 790	62 790
Riego de caminos	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Curado de concreto	15 000	30 000	30 000	30 000	30 000
Lavado de maquinaria	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Riego de áreas verdes		6 000	6 000	6 000	6 000
Camino de acceso principal	200 000	150 000			
<b>Total</b>	<b>444 755</b>	<b>674 487</b>	<b>553 730</b>	<b>528 090</b>	<b>520 790</b>

**Tabla 21. Volúmenes estimados de consumo anual de agua para servicios y consumo humano.**

<b>Volúmenes de agua consumibles por año (m<sup>3</sup>)</b>					
<b>Concepto</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Servicios	131 509	180 237	219 547	255 025	191 515
Consumo humano	7 014	9 613	11 709	13 601	10 214
<b>Total</b>	<b>138 523</b>	<b>189 850</b>	<b>231 256</b>	<b>268 626</b>	<b>201 729</b>

### **Fuentes, traslado y formas de almacenamiento**

Como fuentes para el abastecimiento de agua se prevén las siguientes:

#### **Agua cruda**

Este tipo de agua se utilizará en los procesos constructivos, como son: excavaciones subterráneas, pantalla flexoimpermeable, tratamiento de taludes, inyección de pantalla profunda, mortero lanzado, clasificadoras, fabricación de concreto, riego de caminos, curado de concreto, lavado de maquinaria y riego de áreas verdes. El abastecimiento se realizará mediante la utilización de cárcamos y sistema de bombeo; de estas estructuras el agua se extraerá y distribuirá a los frentes aunque también pueden utilizarse camiones cisterna conocidos como pipas. En el caso particular de las trituradoras, de los cárcamos se tenderá una tubería que abastezca permanentemente de agua a estas plantas.

### Agua para servicios

Las fuentes más probables de abastecimiento de agua para uso doméstico serán manantiales y agua subterránea. Con base en estimaciones del gasto de estas fuentes, es probable que puedan satisfacer la demanda requerida, aunque este aspecto se continúa analizando. El suministro se hará por bombeo. A través de una tubería el agua se conducirá del manantial, ubicado en la cota 600 msnm, hasta la elevación aproximada de 875 msnm; en este punto se conducirá por gravedad hasta el tanque de almacenamiento ubicado en la cota 800.

### Agua potable

Para suministrar agua para consumo humano y preparar los alimentos, la opción más conveniente es adquirirla en las plantas potabilizadoras de las poblaciones de Magdalena o Tequila y transportarla en garrafones de 20 l de capacidad y pipas.

En la tabla 22 se resumen las formas de traslado y almacenamiento del agua que se utilizará. En particular, el agua potable se almacenará en los frentes de trabajo en depósitos de 200 l.

**Tabla 22. Forma de traslado de agua para los distintos sitios de consumo**

Frente de trabajo	Traslado	Almacenamiento	Conducción
Exc. Sub. Desvíos	A	B	C
Pantalla flexoimpermeable	A	B	C
Tratamiento de taludes	A	B	C
Inyección Pantalla prof.	A	B	C
Mortero lanzado	A	B	C
Clasificadoras	A		C
Fab. De concreto	A	B	C
Riego de caminos	A		C
Curado de concretos	A	B	C
Lavado de maquinaria	A	B	C
Riego de áreas verdes	A		
<b>Instalaciones</b>			
Loma bonita	D	F	C
Los Órganos	E	F	C
Mesa de Cantiles	E	F	C
Comedores	D-E	G	C

A: pipa B: tanque metálico C: tubería D: bombeo E: rebombeo  
F: tanque de mampostería G: tanque metálico elevado



#### II.4.2.2 Materiales y sustancias

##### Materiales utilizados en las obras de apoyo

Los dormitorios, la clínica del IMSS y algunas oficinas se construirán con piso de cemento pulido y muros y techos de multipanel. Los comedores tendrán una estructura de columnas y vigas de acero como soporte y sobre ellas se fijan láminas galvanizadas; los muros serán de multipanel. También existirán edificaciones con muros de block y techos de multipanel (como algunas oficinas). Las instalaciones definitivas, como el destacamento militar y la central telefónica, se construirán con muros de block, techo de concreto y piso de cemento.

La mayor parte de los materiales para estas obras se adquirirán en el mercado. La grava y arena que se requiera se tomará de bancos de materiales.

##### Material necesario para la construcción del Proyecto

##### Tipo y cantidad

La construcción de la cortina de enrocamiento con cara de concreto requerirá de 7 840 100 m<sup>3</sup> de roca para conformar el cuerpo de la cortina y de 18 000 t de cemento para la cara de concreto.

En la tabla 23 se presenta una estimación de los principales materiales que se utilizarán para la construcción, desglosados por frente de trabajo. Para su cuantificación se consideraron dosificaciones y consumos promedio de acuerdo con el tipo de material. En la tabla 24 se presentan otros materiales que se emplearán para eficientar los rendimientos constructivos o como aditivos en otros procesos. En cuanto a los materiales para acabados, en la tabla 25 se anotan los requerimientos de pintura, selladores y recubrimientos. De los materiales referidos, roca, aluvi3n, limo y arcilla ser3n explotados en la zona; el resto ser3 suministrado por empresas comerciales.

Tabla 23. Tipo y cantidad de material requerido para la construcción del PH La Yesca.

Concepto	Volúmenes						
	Roca (m <sup>3</sup> )	Aluvi3n (m <sup>3</sup> )	Arcilla (m <sup>3</sup> )	Cemento (t)	Acero de refuerzo (t)	Acero estructural (t)	Malla electrosoldada (t)
Túneles de desvío		23 300		7 000	1 630	100	350
Ataguías	140 100	46 000	410 000				
Cortina	7 700 000	4 100 000		21 800	5 100		70
Obras de generaci3n		65 000		19 400	4 650	150	270
Obras de excedencias		145 800		43 800	10 200		220
<b>Suma</b>	<b>7 840 100</b>	<b>4 380 100</b>	<b>410 000</b>	<b>92 000</b>	<b>21 580</b>	<b>250</b>	<b>910</b>

**Tabla 24. Tipo y cantidad de sustancias requeridas para la construcción del PH La Yesca.**

Frente	Volúmenes				
	Pintura Vinil-Acrilica (l)	Sellador Acrílico (l)	Recubrimiento tipo Alquidálico (l)	Recubrimiento Epóxico (l)	Impermeabilizante (l)
Obras de generación	3 470	830	2 200	150	240
Obras de excedencias	370	90	230	230	260
Infraestructura	520	125	325	325	745
<b>Suma</b>	<b>4 360</b>	<b>1 045</b>	<b>2 755</b>	<b>705</b>	<b>1 245</b>

**Tabla 25. Tipo y cantidad de sustancias requeridas para la construcción del PH La Yesca.**

Frente	Volúmenes						
	Retardante y reductor de agua p/concreto hidráulico (kg)	Bentonita para muro pantalla e inyección (kg)	Anclaje		Aditivo acelerante para concreto lanzado (kg)	Fluidizante para inyección de consolidación (kg)	Curaconcreto
			Fluidizante (kg)	Resina epóxica (kg)			
Desvío	97 314		1 163	34 109	180 347		2 150
Ataguías	5 136	134 258					
Cortina	252 732	404 670	126		75 330	159 938	
Obras de generación	92 370		1 694	49 652	39 447	135 015	5 050
Obras de excedencia	190 554		1 225	35 907	46 292		10 500
<b>Suma</b>	<b>638 106</b>	<b>538 928</b>	<b>4 208</b>	<b>119 668</b>	<b>341 416</b>	<b>294 953</b>	<b>17 700</b>

### Explosivos

En la construcción de las obras se emplearán explosivos para la realización de voladuras, excavaciones, aprovechamiento de bancos de material, etc. Los materiales explotados serán almacenados dentro del área del proyecto en sitios denominados y previamente acondicionados para ello. La cantidad almacenada y tipo de almacenamiento se pueden observar en la tabla 26.

Tipo de explosivos	Cantidad almacenada mensual	Cantidad empleada por día	Tipo de almacenamiento	Tipo de transportación	Acción en la cual se emplea
Agentes explosivos:			Polvorín principal	Vehículo cerrado (V1)	Excavación en roca
- AN/FO	64 t	2 t			
Altos explosivos:					
- Hidrogel (Godyne)	27 t	1 t			
Dispositivos para iniciación de explosivos			Polvorín principal	Vehículo cerrado (V1)	Excavación en roca
- Cápsulas o fulminantes	908 pza	30 pza			
- Mecha de seguridad o cañuela	1 816 m	61 m			
- Cordón detonante (Primacord)	9 080 m	303 m			
- Indicadores no eléctricos de retardo	13 620 pza	454 pza			
- Estopines eléctricos	272 pza	9 pza			

**Tabla 26. Tipo y cantidad de explosivos utilizados en la construcción de la obra del PH La Yesca.**

### II.4.2.3 Energía y combustibles

#### Electricidad

El suministro de energía eléctrica se cubrirá con una línea de transmisión de 115 kV y una subestación 115/13,8 kV. De esta subestación partirá la red de distribución de energía que tendrá varias subestaciones locales de menor capacidad (tabla 27). Las subestaciones locales suman una carga de 8 700 kVA (8,7 MVA); existirán 1,7 MVA de reserva para enfrentar cualquier eventualidad.

Se estima que al inicio de la obra la carga requerida será de 2 MVA. En la fase de mayor actividad, con todos los frentes de trabajo abiertos, la carga estimada es de 8,7 MVA, la cual disminuirá gradualmente y en las últimas fases de la obra será nuevamente de 2 MVA. Al finalizar la construcción, la subestación podrá servir para satisfacer los servicios de la futura central en la etapa de operación.

Se calcula que el consumo diario promedio será del orden de 80% de la demanda potencial, es decir, aproximadamente 6,8 MVA en el período de máxima actividad.

Además de las instalaciones referidas, se contará con plantas móviles de emergencia que operan con diesel. En caso de una interrupción de energía en la subestación principal o en alguna local, las plantas móviles tienen la capacidad suficiente para cubrir las necesidades de energía. En la tabla 28 se anotan, para cada tipo, el número, la capacidad, así como su potencia y consumo de combustible por hora a su máxima capacidad. Para su funcionamiento, se dispondrá de 3 tanques de 12 000 litros de diesel que cumplan con las especificaciones de PEMEX para el almacenamiento.

**Tabla 27. Capacidad de las subestaciones que se instalarán para la construcción del PH La Yesca.**

Descripción	Capacidad kVA
<b>Subestación área recreativa y habitacional</b>	800
Subestación desvíos a la salida	500
Subestación ataguías aguas abajo	500
Subestación casa de máquinas	1 000
Subestación vertedor cortina	800
Subestación ataguía aguas arriba	500
Subestación desvíos a la entrada	500
Subestación oficinas y servicios	100
Subestación plantas procesadoras (pedrera)	1 500
Subestación área ecológica	800
Subestación destacamiento militar y retén	800
<b>Total</b>	<b>8 700</b>

**Tabla 28. Características de las plantas de luz de emergencia.**

Descripción	Capacidad kVA	Cantidad (pza)	Potencia motor (hp)	Consumo diesel l/h
Planta GM Electromotive, motor Detroit diesel de 16 pistones.	1 000	3	3 x 1 080 (3 240)	3 x163,51 (490,53)
Planta White de 16 pistones	1 500	1	1 500	227,10
<b>Total</b>	<b>2 00</b>	<b>4</b>	<b>4 740</b>	<b>717,63</b>

### Combustible

Los combustibles que se emplearán son diesel y gasolina. En la tabla 29 se muestran los volúmenes estimados de consumo de diesel, gasolina y aceites por frente de trabajo.

Los combustibles serán adquiridos en los centros de distribución autorizados por PEMEX y transportados en pipa hasta el sitio de la obra. El almacenamiento se realizará en el área industrial de la obra, en la cual se construirá una estación de servicio que cumpla con las especificaciones de almacenamiento, monitoreo de tanques, venteos, accesorios antiexplosión, dispensarios, vialidades, equipos de seguridad y áreas de servicio que establece PEMEX para las estaciones de despacho de combustibles.

**Tabla 29. Cantidad de combustible y lubricantes requeridos para la construcción del PH La Yesca.**

Frente	Volúmenes de combustible (litros)			
	Diesel	Gasolina	Aceite motor	Aceite hidráulico
Obras inducidas (Obras de desarrollo social y protección ambiental)	9 115 200	315 000	70 320	12 144
Obras de infraestructura	34 189 400	47 415 060	412 300	146 034
Obras de desvío (Canales y ataguías)	20 385 600	5 448 000	181 920	89 928
Obras de contención (cortina)	230 004 496	57 057 228	2 005 952	786 646
Obras de generación	35 183 547	19 807 596	273 015	55 633
Obras de excedencias	30 191 400	9 687 240	529 218	112 068
<b>Total</b>	<b>359 069 643</b>	<b>139 730 124</b>	<b>3 472 225</b>	<b>1 202 453</b>

#### II.4.2.4 Maquinaria y equipo

El equipo utilizado para la construcción es el que se indica en la tabla 30. En la misma se anota la información disponible proporcionada por el fabricante en cuanto a tipo de motor, eficiencia de combustible y emisión de ruido.

## II.5 GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Durante la construcción de la obra se generarán desechos sólidos municipales, industriales y peligrosos, debido a las diferentes obras que se construirán y la estancia en el lugar de personas que vivirán y trabajarán en el área. La forma de manejo, se presenta en la tabla 31.











Tabla 31. Generación de residuos sólidos.

Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se genera	Características CRETIB	Volumen generado por unidad de tiempo	Tipo de empaque	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición final	Sitio de disposición final
<b>Municipales</b>	Todos los generados en campamentos, comedores y oficinas.	Construcción		Variable	A granel	Relleno sanitario	Camión volteo	Relleno sanitario
<b>Industriales</b>	Todos los generados durante la construcción de las obras principales.	Construcción		Variable	A granel	Depósito de desperdicio	Camión volteo	Depósito de desperdicio
<b>Peligrosos</b>	Todos los generados durante el mantenimiento de los vehículos y maquinaria.	Construcción y operación	Inflamable	Variable	A granel	Almacén	Camión	Empresas autorizadas para su manejo adecuado.

## II.5.1 RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

### Residuos sólidos municipales

A partir de la experiencia adquirida en la construcción de la CH Aguamilpa, se estimó el volumen de residuos sólidos municipales que se generarán durante la construcción del PH La Yesca. En la tabla 32 se presenta la cantidad esperada de estos residuos, considerando una producción per cápita de 1,8 kg/día. Al inicio de la obra se generarán del orden de 60,33 kg/día, valor que se incrementará rápidamente hasta alcanzar el volumen máximo de alrededor de 7,75 t/día, para finalizar en el último año con una producción de 1,49 kg/día.

Tabla 32. Estimaciones de residuos sólidos municipales que se generarán durante la construcción del PH La Yesca.

Año	Residuos sólidos kg/día
Año 1	0,54
Año 2	7,07
Año 3	7,75
Año 4	4,9
Año 5	1,49

Nota: estos valores son aproximaciones a los producidos en la realidad.

En las proximidades del proyecto no existen sitios para confinar desechos sólidos municipales. La localidad más cercana en la que funciona un relleno sanitario es la población de Hostotipaquillo, aproximadamente a 20 km del sitio del proyecto. De acuerdo con lo anterior, se tiene contemplado construir un relleno sanitario para el confinamiento de los desechos sólidos municipales generados en el área de la obra y sus instalaciones. La selección del sitio, diseño, construcción y operación del relleno sanitario considerará lo estipulado en los proyectos de Normas Oficiales Mexicanas 083-ECOL-1996 y 084-ECOL1994.

### Residuos industriales

Como residuos industriales se consideran los siguientes: madera, chatarra, llantas, envases vacíos y empaques. Es difícil estimar los volúmenes que se generarán de este tipo de materiales, ya que depende del tipo de envasado de los materiales que se adquieran (tambos, recipientes de plástico de diferente capacidad), calidad y uso de algunos materiales (llantas, algunas estructuras metálicas), etc. Por esta razón no se cuenta con elementos para realizar una estimación objetiva de los volúmenes que se generarán de estos residuos. Sin embargo, para evitar afectaciones al ambiente por el manejo inadecuado de estos residuos, CFE establecerá y supervisará un programa para su manejo.

### **Materiales térreos, pétreos y cascajo**

El material producto de la excavación que no se utilice y los concretos de demoliciones son residuos no peligrosos de tipo industrial que serán generados durante la construcción de este proyecto. El volumen esperado de estos materiales es difícil de precisar; sin embargo se tiene la experiencia de que el volumen es considerable (entre seis y ocho de metros cúbicos).

Para confinar los residuos provenientes del polígono de obras principales se han identificado dos sitios aguas arriba de la cortina, en ambas márgenes (sitios conocidos como bancos de desperdicio), los cuales quedarán cubiertos por el embalse. Para llegar a estos sitios se construirán terracerías que partirán de la red de caminos del proyecto. Para el confinamiento no se requiere el acondicionamiento de los sitios salvo una pequeña plataforma en la parte alta de la cañada o cantil para que el equipo de acarreo haga maniobras para acercarse al borde. El material que se confine se acumulará en la parte baja de estos sitios y gradualmente se incorporará más material que adquirirá el ángulo de reposo propio de los materiales.

#### **II.5.2 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS**

Los residuos sólidos que se generen durante la construcción del proyecto serán clasificados de acuerdo a sus características en municipales, industriales, peligrosos, etc. Asimismo, los municipales serán transportados al relleno sanitario donde se tratará de efectuar una clasificación de manera que aquellos desechos orgánicos sean separados y tratados de manera independiente; los relativos a plásticos, vidrios, fierro y otros, también serán separados, no necesariamente para su reciclaje pero si para su disposición de manera independiente.

Los desechos industriales como escombros, madera, chatarra, etc.; serán transportados a los sitios habilitados para el efecto; ya que no se les dará algún manejo en especial.

Los desechos peligrosos serán manejados conforme a la normativa vigente; se almacenarán de manera temporal dentro del área de la obra y después serán transportados por empresas autorizadas a los sitios de disposición final.

#### **II.5.3 DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS**

De acuerdo con la clasificación de los residuos, los residuos peligrosos se pondrán a disposición de empresas o compañías autorizadas para su traslado y disposición fuera del sitio del proyecto. En cuanto a los residuos no peligrosos (plásticos, vidrios fierro, aluminio y otros), se mantendrán en el relleno sanitario los cuales también serán separados ya sea para su reciclaje o para su disposición independiente. El resto de los desechos como escombros, madera, chatarra, etc., serán confinados y dispuestos en sitios habilitados como depósitos de desperdicio.

### **II.5.3.1 Sitios de tiro**

Los únicos sitios de tiro serán aquellos identificados como depósitos de desperdicio, los cuales fueron explicados en incisos anteriores.

### **II.5.3.2 Confinamiento de residuos peligrosos**

Para estos residuos se habilitará un almacén temporal de acuerdo con las condiciones que marca la legislación y se tramitará con compañías autorizadas su traslado y disposición final fuera del sitio del proyecto. Se tiene propuesto que el sitio de almacén temporal de residuos peligrosos se localice dentro del área industrial.

### **II.5.3.3 Tiraderos municipales**

En las proximidades del proyecto no existen tiraderos municipales, por lo que durante las distintas etapas del proyecto se hará uso del relleno sanitario. Los tiraderos municipales se usarán sólo en la etapa de operación donde los residuos se confinarán en los tiraderos municipales de Hostotipaquillo.

### **II.5.3.4 Relleno sanitario**

Como se anotó anteriormente, la compañía o empresa responsable del relleno, será la que resulte ganadora de la licitación, la cual se hará responsable del cuidado y manejo de relleno sanitario, el cual se estima que tendrá las siguientes características principales:

La superficie requerida para la habilitación del relleno sanitario, se estima del orden de las 3 ha.

La generación de residuos sólidos municipales en este tipo de obras, de acuerdo a los registros de la CFE, son muy altos comparados con los centros urbanos: los datos de la CFE provienen de la operación de un relleno sanitario en el proyecto Aguamilpa por un período de 28 meses. Durante este período, el volumen medio de generación diaria fue de 30 m<sup>3</sup>, oscilando entre los 23 y 36 m<sup>3</sup>; estas cifras arrojaron una generación per cápita del orden de los 1,8 kg/día.

Bajo esta perspectiva y asumiendo la experiencia que la CFE tiene en este rubro, de manera gruesa se puede estimar el volumen de generación de desechos durante el período de la obra, el cual alcanzará una cantidad del orden de los 27 650 m<sup>3</sup>, considerando una población máxima y generación constante de 30 m<sup>3</sup>/día. De esta cifra, considerando un sistema de operación con celdas, de profundidad media de 3,5 m y dimensiones de 10,0 x 50,0 m, el número de celdas sería aproximadamente 21, considerando en este volumen también, el que ocuparía el material de cubierta necesario.

Para la estimación de la vida útil del área seleccionada como relleno sanitario, se consideraron el tiempo de ejecución de la obra, la generación de residuos y la población servida. En la tabla 33 se señalan de manera resumida la población estimada por año de construcción y la generación de residuos.

Se recuerda, que a futuro, el relleno sanitario no será utilizado ni por CFE, ni por poblaciones cercanas.

**Tabla 33. Población servida por el relleno y estimación de sus volúmenes de generación.**

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Generación (m<sup>3</sup>/año)</b>
Año 1	1 550	2 150
Año 2	3 900	5 350
Año 3	5 100	7 000
Año 4	4 900	6 700
Año 5	4 400	6 450
<b>TOTAL</b>		<b>27 650</b>

Nota: Para la realización de los cálculos se estimaron poblaciones aproximadas a las reales.

#### **e) Forma de recolección y traslado de los residuos del sitio del proyecto al relleno**

Para la recolección de los desechos se pondrán tambos de 200 litros en puntos estratégicos y se verificarán constantemente, ya que una vez que se encuentren llenos serán transportados en camiones de volteo al área que será destinada para el relleno sanitario.

## **II.6 GENERACIÓN, MANEJO Y DESCARGA DE RESIDUOS LÍQUIDOS, LODOS Y AGUAS RESIDUALES**

### **II.6.1 GENERACIÓN**

En los incisos anteriores se anotó por tipo de residuo el volumen estimado, forma de almacenamiento y disposición.

#### **II.6.1.1 Agua residual**

##### **Descargas de aguas residuales**

Se generarán aguas residuales municipales e industriales. Las primeras provendrán de las áreas de oficinas, campamentos, comedores, unidades deportivas, etc. y las industriales se producirán principalmente en los talleres.

Las aguas residuales de tipo municipal serán tratadas antes de descargarse a cuerpos superficiales y se solicitará a la Comisión Nacional del Agua que establezca las condiciones particulares de descarga. Para el tratamiento de este tipo de agua se construirá un conjunto de sistemas de tratamiento, los cuales se desarrollarán considerando las expectativas de crecimiento de la población.

Los sistemas de tratamiento son responsabilidad del Contratista ganador de la licitación, al cual se le está solicitando como parte de las especificaciones que proponga los tratamientos que empleará en las distintas instalaciones. A manera de ejemplo, derivado de las experiencias de la construcción de otros proyectos, la CFE ha utilizado tanto tanques de sedimentación como fosas sépticas, lagunas de oxidación e inclusive tratamientos con lechos de raíces.

En cualquiera de los casos, las condiciones que se solicitan al contratista es que el sistema incluya un tanque de sedimentación calculado para un tiempo mínimo de retención de 8 h y de éste pasar a un sistema secundario de tratamiento.

Las aguas residuales provenientes de las instalaciones que corresponden al área de campamentos, comedores, oficinas y servicios serán vertidas en el Río Santiago luego de su tratamiento.

Las aguas residuales de tipo industrial se originarán en las trituradoras y en los talleres de servicio de la maquinaria y vehículos. En el primer caso, las trituradoras utilizarán agua cruda para lavar el material pétreo que se procesa en este equipo. La limpieza de las gravas es indispensable para la construcción; por esta razón la característica del agua residual es el incremento de partículas inorgánicas suspendidas. El material que se incorpora al agua no es un contaminante y al llegar al Río Santiago se precipitará recuperando el agua las condiciones originales. En el caso de los talleres, se generarán aguas contaminadas con lubricantes por la limpieza de la maquinaria y el lavado del piso de los patios de servicio. Para evitar la descarga directa de este tipo de agua se construirán trampas de grasas y aceites.

Los volúmenes estimados de agua residual generada en cada etapa serán:

**Tabla 34. Volúmenes estimados de agua residual.**

<b>Etapa del proyecto</b>	<b>Número o identificación de la descarga</b>	<b>Origen</b>	<b>Empleo que se le dará</b>	<b>Volumen diario descargado</b>	<b>Sitio de descarga</b>
Preparación del sitio y Construcción	Domésticas	Campamentos, comedores oficinas	Tratamiento primario y secundario y descarga	600 m <sup>3</sup> , en el pico de máxima población	Por definir por el contratista

### **II.6.1.2 Lodos**

La generación de lodos está condicionada al tipo de tratamiento que se utilice. En el caso de que se emplee lecho de raíces, no se generarán lodos; si se utiliza otro tipo de tratamiento serán los propios de aguas municipales y el mismo diseño del sistema debe incluir su tratamiento, estabilización y disposición final.

## **II.7 GENERACIÓN, MANEJO Y CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA**

Durante la construcción de este tipo de obras, las emisiones a la atmósfera son:

- a) Polvos y partículas provenientes de las voladuras, excavaciones, operación de las plantas trituradoras y de la circulación de los vehículos por las terracerías.
- b) Gases provenientes de los vehículos y maquinaria que operan con combustibles fósiles.
- c) Ruido proveniente del uso de explosivos y de la operación de la maquinaria, equipo y vehículos.

La principal zona de generación de emisiones a la atmósfera será el área alrededor del eje de la cortina, en la cual se concentrará la mayor parte de las actividades de construcción. Es difícil cuantificar el volumen de emisiones que se generará ya que depende del número y mantenimiento de los equipos, maquinaria y vehículos en operación, de las cargas de explosivos que se requieran aplicar, y, en el caso de polvos, de la humedad del sustrato por donde circulen los vehículos. Cabe señalar que las emisiones tendrán una influencia puntual y sólo las detonaciones producidas por el uso de explosivos tendrán una mayor área de influencia, aunque esto será momentáneo.

En la tabla 30 se presenta el tipo de motor de los equipos utilizados y la eficiencia de combustión de los motores que utilizan combustibles fósiles. Puede verse que un alto porcentaje de los equipos trabajan con motores eléctricos, lo cual contribuye a disminuir la emisión de gases contaminantes.

## **II.8 CONTAMINACIÓN POR RUIDO**

Para estimar los niveles de ruido que se emitirán se consideraron las especificaciones técnicas descritas en los manuales proporcionadas por los fabricantes. Los niveles de ruido más altos serán del orden de 120 dB y los más bajos de 40 dB. La mayoría de la maquinaria y equipo que se empleará (62%) producen ruido entre 60 y 90 dB, el 24% produce ruido menor a 60 dB y sólo 14% genera ruido superior a 90 dB.

En el caso de la maquinaria y equipo que producen ruido superior a 90 dB, los operadores serán protegidos de la exposición alta al ruido con el uso de aditamentos supresores de ruido, en atención a la normativa en materia de seguridad e higiene.

## **II.9 MEDIDAS DE SEGURIDAD**

CFE cuenta con una serie de planes de emergencia específicos para su aplicación en centrales hidroeléctricas. A continuación se presenta la lista completa con los títulos de los mismos:



- Sismos P.E.-110-GH01
- Previsión de Riesgos Bajo Contingencias de Sismos en Instalaciones P.E.-110-SE01
- Riesgo: Sismos, Huracanes, Ciclones y Asentamientos en Líneas de Transmisión P.E.-110LT01
- Erupciones Volcánicas P.E.-120-GH01
- Deslizamiento de Talud P.E.-130-GH01
- Lluvias Torrenciales P.E.-210-GH01
- Sequías P.E.-250-GH01
- Derrame de Aceites P.E.-310-GH01
- Incendio en Área de Concentración de Cables P.E.-320-GH01
- Incendio en Generador y Excitador P.E.-320-GH02
- Incendio en Tableros B.T. y CCM'S P.E.-320-GH03
- Incendio en Gasolineras P.E.-320-GH04
- Incendio en la Sala de Control P.E.-320-GH05
- Incendio en la Sala de Cómputo P.E.-320-GH06
- Incendio en Almacenes P.E.-320-GH07
- Incendio en Transformadores P.E.-320-GH08
- Incendio en Sistema de Aceite Lubricante P.E.-320-GH09
- Incendio en Campamento P.E.-320-GH10
- Incendio en Oficinas P.E.-320-GH11
- Explosión en Campamentos P.E.-330-GH01
- Explosión en Sala de Baterías P.E.-330-GH02
- Contaminación por Aceite Lubricante y Aceite Aislante P.E.-410-GH01
- Contaminación Aceite (Derrame de Aceite en Transformador de Potencia) P.E.-410-SE01
- Epidemia de Cólera P.E.-430-GH01
- Plaga de Roedores P.E.-440
- Sabotaje, Terrorismo y Vandalismo P.E.-540-GH01
- Robo y Asalto a Mano Armada P.E.-550-GH01
- Vientos, Ciclones, Huracanes y Tornados en Centrales Hidroeléctricas P.E.-260-GH01.

## **II.10 IDENTIFICACIÓN DE LAS POSIBLES AFECTACIONES AL AMBIENTE QUE SON CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE PROYECTO.**

La afectación más importante que ocurrirá en el área de influencia del proyecto será la pérdida de vegetación y suelo ocasionada principalmente por la formación del embalse, ya que se inundarán aproximadamente 3 492 ha, por lo que provocará un desplazamiento de las especies de fauna hacia sitios más altos. Otra fuente para la pérdida de vegetación será la construcción de la cortina, ya que se desmontarán aproximadamente 20 ha que no serán reforestadas, ya que corresponden a las estructuras principales.

Los detalles de las afectaciones producidas por la construcción del PH La Yesca se encuentran en el apartado de identificación y valoración de los impactos ambientales.

II.3.4	OPERACIÓN .....	107
II.3.4.1	Programa de operación.....	107
II.3.4.2	Programa de mantenimiento .....	107
II.3.4.3	Requerimientos de mano de obra .....	108
II.3.4.4	Requerimientos de energía eléctrica.....	109
II.3.4.5	Requerimientos de combustible .....	109
II.3.4.6	Requerimientos de agua cruda y potable.....	109
II.3.4.7	Residuos .....	110
II.3.5	ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO AL TÉRMINO DE LA VIDA ÚTIL .....	112
II.3.5.1	Estimación de la vida útil.....	112
II.3.5.2	Programa de restitución del área .....	112
II.3.5.3	Planes de uso del área al concluir la vida útil del Proyecto .....	112

## **II.3.4 OPERACIÓN**

### **II.3.4.1 Programa de operación**

#### **Tiempo de operación diaria (horario)**

El tiempo de operación diaria de las centrales hidroeléctricas se establece en función de la demanda de energía del Sistema Eléctrico Nacional. A partir de esta consideración se estima que la futura CH La Yesca operará del orden de 4 horas diarias durante la temporada de estiaje, de las 18 a las 22 h. En la época de lluvias se espera que genere durante 10 horas/día (de las 12 a las 22 h). Estos horarios variarán en función de las necesidades del Sistema Eléctrico Nacional.

#### **Calendario mensual de operación**

Como se mencionó en el inciso anterior, durante la temporada de estiaje, noviembre-junio, el tiempo medio de generación diaria será de 4 horas en el horario referido. Cuando alguna de las unidades salga de operación por mantenimiento, lo cual normalmente ocurrirá en marzo o abril de cada año, la unidad que se mantenga en operación duplica su tiempo normal de operación. En la temporada de lluvias, julio-octubre, el tiempo de operación será de 10 horas diarias.

#### **Personal utilizado y tiempo de ocupación**

Dado que la especificación para la operación de esta central es bajo la modalidad de telecontrol, no se requiere personal para su operación, sólo para mantenimiento.

### **II.3.4.2 Programa de mantenimiento**

#### **Periodicidad del mantenimiento general**

La periodicidad del mantenimiento de las centrales hidroeléctricas se establece en función del tipo de mantenimiento que se requiera. Para el mantenimiento se manejan tres niveles.

#### **Mantenimiento preventivo**

Es una actividad que de manera rutinaria se efectúa todos los días y consiste en la verificación de los equipos. Durante esta actividad no se requiere detener las unidades.

#### **Mantenimiento menor**

Es una actividad que se realiza anualmente y tiene una duración aproximada de 38 días. Las actividades principales son inspecciones de las turbinas y equipo de enfriamiento.

### **Mantenimiento mayor**

Se realiza cada 5 años, con duración aproximada de 61 días. En este caso se hacen reparaciones de tuberías y reacondicionamiento de equipos.

#### **Tipo de reparaciones**

En el mantenimiento preventivo se realiza la limpieza de filtros, lubricación de micros, verificación de parámetros de operación y calidad de aceite, purgas de tanques y acumuladores de aire, entre otros.

En el mantenimiento menor las actividades son: inspección general de turbina, chumaceras, sistema de frenado, pruebas sintomáticas en registro de velocidad y tensión; limpieza de sistema de enfriamiento en turbina y generador; pruebas de aislamiento a motores y generador.

El mantenimiento mayor se caracteriza por la reparación de tuberías de aspiración, rodete, placas de desgaste, chumaceras, antedistribuidor, enfriadores de aire del generador, aplicación de pintura anticorrosiva en carcasa y tuberías, reacondicionado del generador y sustitución de componentes en mal estado.

#### **Equipo utilizado**

El equipo empleado en el mantenimiento depende de la actividad que se realice; así, podrá emplearse desde herramienta menor hasta equipo pesado. Entre los elementos más empleados se encuentran grúas viajeras, soldaduras, equipos neumáticos, equipos de medición y pruebas, entre otros.

#### **Material empleado**

Los materiales que más comúnmente se emplean son las estopas, piedras de esmeril, cardas, soldadura, lija, tornillería, pintura anticorrosiva, aceites, solventes, barniz aislante.

### **II.3.4.3      *Requerimientos de mano de obra***

#### **Cantidad**

Para atender todas las actividades de mantenimiento se estima la contratación de 13 trabajadores.

Tiempo de ocupación

Dado que la plantilla de personal se empleará básicamente en las labores de mantenimiento, su ocupación será permanente.

#### **Políticas de contratación**

La contratación del personal encargado del mantenimiento de la futura central se efectuará conforme lo determine el Contrato Colectivo de Trabajo vigente.

#### **II.3.4.4      *Requerimientos de energía eléctrica***

Consumo por unidad de tiempo. Desglose del uso de la energía (alumbrado, motores, etc.)

El consumo anual de energía para los servicios propios de la central será del orden de 32,790 GWh, valor que representa 0,03% de la generación bruta de la central.

##### **Fuente de energía**

Todos los servicios de la central son autoabastecidos, lo que significa que de la energía generada se toma la necesaria para tales servicios.

##### **Fuente alternativa de energía**

Como se anotó en el apartado de preparación del sitio y construcción, la línea de transmisión y la subestación permanecerán en el sitio para utilizarse durante la etapa de operación, funcionando estas instalaciones como fuente alternativa de abastecimiento de electricidad; adicionalmente, la unidad hidroeléctrica auxiliar podrá ser otra fuente alternativa de energía.

##### **Requerimientos a futuro por aumento de la capacidad instalada**

Como ya fue indicado, la futura central aprovechará todo el potencial de generación existente, por lo cual no existen planes de ampliación.

##### **Mantenimiento de instalaciones**

El mantenimiento de las instalaciones se realiza conjuntamente con el de las unidades generadoras, salvo el de los equipos dúplex, que se realiza durante el mantenimiento preventivo-rutinario.

##### **Demanda local del servicio**

No existen localidades cercanas al proyecto que demanden este servicio.

#### **II.3.4.5      *Requerimientos de combustible***

Para la operación y mantenimiento de la Central no se requiere de combustibles, salvo para los vehículos que transporten al personal de mantenimiento, por lo que su consumo será mínimo.

#### **II.3.4.6      *Requerimientos de agua cruda y potable***

##### **Tipo**

Se empleará agua cruda para la producción de electricidad, abastecimiento del sistema de enfriamiento y servicios de la futura central. Para consumo humano será agua potable, la cual por medio de garrafones o pipas desde Magdalena, Jalisco. La concesión de agua para generación de electricidad se solicitará, en su momento, a la Comisión Nacional del Agua (CNA).

### **Consumo por unidad de tiempo**

Se estima que se ocuparán 461 m<sup>3</sup>/s para generación y 6 m<sup>3</sup>/s para enfriamiento y servicios. Sin embargo, debe considerarse que el consumo dependerá del tiempo de operación de las unidades, que a su vez depende de la demanda y volumen de agua almacenado en el embalse.

### **Desglose de los usos del agua**

Como se anotó, el agua cruda del embalse se utilizará para la generación de energía eléctrica, el sistema de enfriamiento y servicios. Es importante señalar que no se consumirá el agua, sino que únicamente se hará circular por las obras de generación hasta el desfogue.

### **Fuente de suministro**

La única fuente de suministro será el vaso de almacenamiento.

### **Fuentes alternativas**

Para la actividad que se realizará, no existe ninguna fuente alternativa.

### **Requerimientos excepcionales**

No existen requerimientos excepcionales de agua.

### **Factibilidad y programa de reciclaje, volúmenes**

La generación de electricidad en una planta hidroeléctrica se basa en aprovechar la energía del agua almacenada en el embalse. En este sentido, el agua que se circula por las obras de generación se conduce nuevamente al cauce del río a través del túnel de desfogue. Por lo anterior no es necesario un programa de reciclaje.

### **Factibilidad y programa de tratamiento, volúmenes**

Considerando que en el proceso de generación no se incorporan elementos contaminantes, no es necesario establecer un programa de tratamiento.

#### **II.3.4.7 Residuos**

##### **Aguas residuales**

##### **Fuente(s) emisora(s)**

La única fuente emisora serán los servicios sanitarios que se construirán en las instalaciones de la central.

##### **Volúmenes generados por unidad de tiempo**

Se estima que la generación será del orden de 1,300 l/día.

### **Composición química y biológica de las aguas residuales**

Por el tipo de servicio, las aguas residuales serán de tipo doméstico o municipal. Las características más comunes de este tipo de agua residual son: DBO5 entre 80 y 140 ppm, sólidos suspendidos del orden de 30 ppm y DQO no mayores de 300 ppm.

La temperatura de descarga será del orden 20°C y se tiene programado construir fosas sépticas que se conectarán a un campo de oxidación o a un pozo de absorción para no descargarlas directamente. En su oportunidad se solicitará a CNA la autorización para la descarga.

### **Emisiones a la atmósfera**

Por el tipo de actividad no se presentarán emisiones a la atmósfera.

### **Residuos sólidos**

Como resultado de las actividades de mantenimiento se generarán rebabas metálicas y pedazos de alambre de cobre; se estima 1 kg anual de las primeras y 1 kg mensuales de la pedacería de cobre. Estos residuos serán almacenados, junto con otros residuos, temporalmente en sitios que cumplan con los requerimientos adecuados y periódicamente serán retirados de la futura central.

Con respecto a los residuos municipales (papel, restos orgánicos, etc.), se espera un máximo del orden de 24 kg/día. Una alternativa para confinar estos residuos es en el depósito de basura del municipio de Hostotipaquillo.

### **Otros residuos**

Se calcula que se generarán cada 5 años 6 000 litros de aceite gastado, como producto del mantenimiento mayor, y 6 baterías de desecho para vehículos. Anualmente se estima que se producirán 200 kg de trapo y estopa contaminada con lubricantes y 5 litros de barnices. Estos materiales son considerados peligrosos, por lo cual serán almacenados en las condiciones establecidas en la normativa. Para su manejo se propone retirarlos de la futura central a través de empresas autorizadas para su reciclaje o disposición final.

### **Derrames accidentales**

De acuerdo con la experiencia de CFE en la operación de centrales hidroeléctricas, los derrames que podrían ocurrir serán aceite de la chumacera guía y chumacera de carga de los generadores. Los derrames se identificarán mediante los detectores de nivel de aceite de cada chumacera, los cuales vigilan las variaciones importantes de esta sustancia.

Cuando se detecte alguna fuga se aplicarán las acciones siguientes: desconexión de la unidad de la red, verificación del lugar donde ocurre la fuga, intervención del personal para reparar la fuga, recolección del aceite derramado, confinamiento en tambos y envío al almacén en el cual se manejarán este tipo de sustancias.

## **II.3.5 ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO AL TÉRMINO DE LA VIDA ÚTIL**

### **II.3.5.1 Estimación de la vida útil**

La CH La Yesca ha sido evaluada en relación beneficio-costos para una vida útil de 50 años, sin embargo, la experiencia de diversos aprovechamientos hidroeléctricos es que su vida útil, operando eficientemente, puede llegar a más de 100 años.

### **II.3.5.2 Programa de restitución del área**

Para la construcción del proyecto serán ocupadas temporalmente algunas áreas: campamentos, oficinas y talleres, entre otras, las que serán sometidas a un programa de rehabilitación incluyendo los bancos de préstamo. Las áreas se restituirán conforme sean desocupadas. En síntesis, el programa considera el desmantelamiento de la infraestructura temporal, limpieza de los sitios, incorporación del suelo retirado al inicio de la obra, promoción del establecimiento de una cubierta vegetal y, cuando se requiera, obras mecánicas para la conservación de suelo.

### **II.3.5.3 Planes de uso del área al concluir la vida útil del Proyecto**

Actualmente no se ha definido un plan de uso del área al término de la vida útil de la futura central. Lo anterior se debe a que es difícil realizar una planeación a un plazo tan largo como lo es la vida útil de este tipo de proyectos; durante este período las prioridades y la estrategia del sector energético puede cambiar o desarrollar opciones tecnológicas que permitan continuar con el aprovechamiento hidroeléctrico del embalse. Además también debe considerarse lo siguiente: a) el embalse puede destinarse a diversos usos (desarrollo de acuicultura, vía de comunicación, regulación del Río Santiago, etc.), los cuales son regulados por diversas entidades gubernamentales, por lo cual ellas deberán participar en cualquier determinación que sobre el embalse se tome, y b) al fin de la vida útil proyectada el embalse estará integrado al paisaje de la zona.

Por lo anterior, lo más probable es que al término de la vida útil de este proyecto se evalúen las condiciones de la central, principalmente por el azolvamiento del vaso, para determinar los posibles usos.



II.3.3	PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN .....	32
II.3.3.1	Preparación del sitio .....	32
II.3.3.2	Construcción .....	34
II.3.3.3	Obras de generación .....	38
II.3.3.3.1	Casa de máquinas .....	38
II.3.3.3.2	Obra de toma .....	53
II.3.3.3.3	Tuberías a presión .....	58
II.3.3.3.4	Galería de oscilación .....	66
II.3.3.3.5	Túnel de desfogue .....	69
II.3.3.3.6	Lumbreras .....	72
II.3.3.3.7	Subestación elevadora .....	73
II.3.3.4	Obras de desvío .....	74
II.3.3.4.1	Túneles de desvío .....	74
II.3.3.4.2	Ataguías .....	75
II.3.3.5	Obras de excedencias .....	79
II.3.3.5.1	Estructura de control .....	81
II.3.3.5.2	Túneles de descarga y zona de transición .....	82
II.3.3.5.3	Cubeta deflectora .....	83
II.3.3.6	Obras de contención .....	83
II.3.3.6.1	Cortina .....	83
II.3.3.6.2	Plinto .....	85
II.3.3.6.3	Construcción de la cara de concreto .....	87
II.3.3.6.4	Montaje del equipo electromecánico .....	91
II.3.3.7	Subestación encapsulada aislada en SF6 .....	105

### II.3.3 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

#### II.3.3.1 Preparación del sitio

No se programa una etapa de preparación del sitio como tal; los desmontes, despalmes, excavaciones, compactaciones, nivelaciones, cortes y rellenos, forman parte de la construcción propia de las obras del PH La Yesca, a continuación se menciona los datos correspondientes a alturas de cortes, volúmenes de material por remover, así como el manejo, traslado y disposición final de materiales sobrantes, relacionados con las estructuras principales del proyecto, que corresponden al apéndice III de la Guía para el sector eléctrico.

a) Altura promedio y máxima de los cortes por efectuar

La tabla 9 muestra estos datos relacionados con las diversas estructuras que constituyen el proyecto.

**Tabla 9. Alturas de cortes significativos, máximos y promedio.**

Estructura	Altura máxima de cortes a cielo abierto (m)	Altura máxima de excavaciones subterráneas (m)
Obras de generación:		
• Casa de máquinas	-	50,0
• Obra de toma	86	-
• Tuberías a presión	-	9,50
• Galerías de oscilación	-	51,0
• Túnel de desfogue (portal)	43,5	15,4
• Subestación	106,0	-
Obras de desvío:		
• Túneles de desvío (portal de entrada)	55,0	15,0
• Túneles de desvío (portal de salida)	58,0	15,0
Obra de excedencias:		
• Vertedor	85,0	22,5
Altura promedio de cortes	72,0	25,5

El diseño de las estructuras demanda la altura de los cortes indicados en la tabla anterior; sin embargo, estos cortes se realizan por banqueos que varían entre 6 y 9 m, con el propósito de estabilizarlos por medio de anclaje, drenaje, malla electrosoldada y concreto lanzado, de acuerdo a las necesidades geológicas del terreno en cada una de las estructuras. Adicionalmente, para cortes altos a cielo abierto se prevén bermas o banquetas en niveles variables entre 15 y 20 m de altura, también para fines de estabilización.

Volumen de material por remover

En la siguiente tabla se muestran los volúmenes de material excavado o removido en las diversas estructuras que constituyen el proyecto.

**Tabla 10. Volúmenes de material producto de excavación de las estructuras del proyecto.**

Estructura	Excavación (m <sup>3</sup> )	Equipo
Obras de desvío	503 325	Perforadoras neumáticas con track-drill, explosivo ANFO e hidrogel, tractores y camiones de carga pesada.
Obras de contención	1 115 073	
Obras de generación	1 851 209	
Obras de excedencias	2 823 272	
Total	6 292 879	

b) Forma de manejo, traslado y disposición final de material sobrante

El material extraído de los cortes se aprovecha en su mayor parte en la formación del cuerpo de la cortina, ya que el cuerpo de la represa del PH La Yesca estará constituido de materiales graduados, por lo que para su formación se requiere de materiales rocosos de diferentes tamaños, según la capa que se va construyendo. Todo el material que no cumpla con los requisitos especificados en el diseño de esta estructura, será desechado y transportado a los bancos de desperdicio mediante el siguiente procedimiento:

- **Manejo.** Esta actividad incluye la clasificación y carga del material. El proceso se inicia después de cada voladura con el objeto de limpiar el área para permitir las actividades previas a la siguiente voladura. Primeramente se procede a seleccionar el material según su tamaño para su transporte al sitio de colocación, o en su caso, a la zona donde será procesado para adecuarlo a las especificaciones del proyecto. El material sobrante se carga en camiones de volteo fuera de carretera o camiones convencionales mediante la utilización de cargadores y/o trascabos con la capacidad suficiente para depositar dicho material en los vehículos de carga utilizados.
- **Traslado.** Una vez cargado el material, es transportado directamente a través de los caminos que se construirán y formarán parte de la vialidad para construcción, hasta los bancos de desperdicio ubicados cerca de las márgenes izquierda y derecha del Río Santiago, aguas arriba de las estructuras principales del proyecto. La ubicación de las zonas de desperdicio se aprecia en el plano “Superficies para obras e infraestructura” del ver capítulo VIII anexos capítulo II a este documento.
- **Disposición final.** El material será depositado en los bancos de desperdicio, extendiéndolo con tractores de oruga y formando terrazas o plataformas para proporcionarle estabilidad e impedir posteriormente deslaves en sus taludes, en el entendido de que está establecido que estos depósitos queden a una elevación menor que el NAMINO (Nivel de Aguas Mínimas de Operación), con el objeto de que en ningún caso lleguen a emerger del embalse, evitando con ello cualquier efecto paisajístico posterior a la terminación de la obra.

### **II.3.3.2 Construcción**

#### **a) Programa general de construcción**

La figura 3 del inciso 1 muestra el programa general de construcción de las obras del PH La Yesca.

#### **b) Procedimientos de construcción de las obras del PH La Yesca**

Con el propósito de ilustrar objetivamente la descripción de los procedimientos de construcción de las principales estructuras del PH La Yesca, en este apartado se presentan fotografías que muestran los procesos constructivos de la ejecución de las obras de la CH Aguamilpa y PH el Cajón lo anterior dada la similitud que presentan éstas hidroeléctricas con el PH La Yesca.

- Explotación y utilización de bancos de materiales y almacenes de materiales y de desperdicio para la construcción de las obras.<sup>1</sup>

#### **Bancos de aluvión y limos**

Los bancos de aluvión y limos son depósitos aluviales localizados sobre el cauce del río o en sus márgenes.

Para dar acceso a estos bancos se construyen caminos de terracerías que comunican el cauce del río con plataformas donde se pretende almacenar los materiales. Previamente a la explotación, se procede al acondicionamiento del sitio, consistente en desmonte, despalme y regularización de la superficie.

La explotación de estos bancos se realiza en dos etapas. En la primera, mediante el uso de tractores para acumular el material y para cargarlo se utilizan trascabos de oruga o cargadores sobre neumáticos con cucharón frontal; el acarreo se realiza mediante camiones de volteo a los almacenes asignados, disponiendo de todo el material existente por arriba del nivel del río. En la segunda etapa se utilizan dragas o retroexcavadoras que extraen el material por debajo del nivel del río hasta alcanzar el fondo del banco o hasta donde permita el alcance máximo del equipo.

La utilización del aluvión será inicialmente para la construcción de las ataguías y posteriormente, mediante cribado y trituración, para producir agregados para concretos.

El limo se utiliza comúnmente para incluirse como parte del material de desplante de las ataguías en presencia de agua y dar impermeabilidad a la cimentación.

Los bancos de aluvión y limo que se tienen considerados para la construcción del PH La Yesca se indican en la siguiente tabla:

---

<sup>1</sup> Las características y volúmenes de estos bancos se indican en la tabla 13

**Tabla 11. Bancos de aluvión y limo para la construcción del PH La Yesca.**

Banco	ha	Volumen estimado del banco (m <sup>3</sup> )	Volumen aprovechado (m <sup>3</sup> )
<b>ALUVIONES</b>			
Playón No. 1 Agua Caliente	2,02	222 514	141 400
Playón No. 2 El Tajo	0,84	92 290	58 800
Playón No. 3 El Volantín	4,83	530 989	338 100
Playón No. 4 Paso La Yesca 1	2,18	239 459	152 600
Playón No. 5 Paso La Yesca 2	1,77	123 928	123 900
Playón No. 6 La Canastilla 2	2,00	140 378	140 000
Playón No. 7 La Canastilla 1	7,04	492 666	492 800
Playón No. 8 El Charco la Manta	5,78	404 649	404 600
Playón No. 9 El Toril	2,14	150 064	149 800
Playón No. 10 Paso La Yesca 3	3,76	413 908	263 200
Playón No. 11 Juanepanta	1,38	152 245	96 600
Playón No. 12 El Pango	2,77	304 728	193 900
Playón No. 13 Agua Caliente 2	3,19	350 889	223 300
Playón No. 16 La Haciendita	14,47	1 591 453	1 012 900
Playón No. 17 La Araña	0,95	104 841	66 500
Playón No. 18 La Lagunita	3,45	379 632	241 500
Playón No. 23 Arroyo La Higueras	0,91	99 639	63 700
<b>L I M O S</b>			
Agua Caliente 1	4,5		415 000
Agua Caliente 2	8,93		
La parcela	1,48		

Estos bancos, por encontrarse en el cauce del río, quedarán sumergidos en los embalses de la presa de del PH El Cajón y PH La Yesca una vez terminadas la obras.

#### **Bancos de arcilla**

Estos bancos son formados por suelos residuales que se localizan en las áreas de topografía suave o ligeramente inclinada y que por las condiciones propias de la región no son abundantes.

Para la selección de los bancos de arcilla se realizaron estudios determinando las características físicas, áreas y volúmenes potenciales.

Algunos de los accesos a estos bancos de arcilla son actualmente de terracería, y deben ser mejorados o modificados posteriormente para permitir el acceso de los equipos de acarreo que llevarán el material del banco a los almacenes o a las ataguías, según sea el caso.

El acondicionamiento de estos bancos consiste en delimitar primeramente el terreno y hacer su reconocimiento para modificar los cauces naturales que cruzan el banco, y mantener las pendientes necesarias durante el proceso de

explotación para evitar el encharcamiento y saturación de humedad del material. Previo a la explotación, se realiza el desmonte y despalme sobrepasando perimetralmente 5 m para permitir la formación de cunetas que lleven los escurrimientos pluviales fuera del área de trabajo, y a la vez ir formando los taludes con relación 0,5:1 hasta llegar al fondo del banco. De acuerdo con los datos proporcionados por los estudios previos, se conoce que el espesor promedio de los bancos varía entre 1 a 2,6 m, lo cual indica que podrá explotarse en una sola etapa.

El horizonte fértil se excavará y depositará en un banco de almacenamiento y al final de la obra se repondrá en el banco de origen.

Para la explotación de la arcilla se utilizan tractores que cortan el material en franjas horizontales desbastando el banco en capas sucesivas sobre toda la superficie hasta agotar el potencial, momento en el que se concluyen las actividades de explotación. Al concluir la explotación, queda una superficie irregular con espesores variables de arcilla que dependen de la configuración del estrato subyacente, ya sea de roca u otro material distinto, siendo hasta este momento en el que se puede proceder al inicio de actividades para la restauración del terreno y la reforestación.

**Tabla 12. Banco de arcilla.**

<b>Banco</b>	<b>ha</b>	<b>Volumen estimable del banco (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen aprovechado (m<sup>3</sup>)</b>
La Haciendita	6,5	58 500	25 500

### **Bancos de roca**

Los bancos de roca para la construcción de los cuerpos de las ataguías y principalmente la presa deben reunir condiciones especiales de calidad, como la deformabilidad, resistencia e inyectabilidad entre otros. Aunque la ignimbrita que existe en las zonas aledañas al proyecto es considerada de buena calidad, no toda reúne las condiciones óptimas de construcción. Con investigaciones de campo se llegó a identificar 4 posibles bancos, cuyas muestras deberán ser estudiadas con mayor precisión en pruebas de campo y de laboratorio. Actualmente el camino de acceso actual comunica a los bancos El Manguito, Las Garzas y Excavaciones en la zona de obras, no así para El Carrizalillo al que se deberá construir un tramo de aproximadamente 1 km para llegar a la parte alta de la margen derecha que es donde se encuentra el banco.

La explotación se logrará con voladuras de dinamita, la remoción con tractores y el acarreo a los bancos de depósito con camiones pesados. El corte se realizará por medio de banqueos a la altura que determine el estudio de geotecnia para cada caso en particular. Preferentemente las excavaciones se realizarán a elevaciones más altas que los sitios de colocación para “bajar” el material y no tener que subirlo, y forzar los motores de los camiones de carga. En la tabla 13 se muestran las características de los sitios referidos.

**Tabla 13. Bancos de roca.**

<b>Banco *</b>	<b>ha</b>	<b>Volumen aprovechado (m<sup>3</sup>)</b>
El Carrizal	4,19	1 055 652
Las Garzas	5,02	1 226 923
El Manguito	5,03	2 189 987
Excavaciones en zona de obras	---	4 000 000

### **Almacenes de desperdicio**

Estos sitios se pueden definir como los depósitos finales de los materiales geológicos no utilizables para la obra a donde van a dar todos los materiales de desecho que se generan durante la construcción de la obra, tales como: concretos producto de demolición, roca, aluvión, gravas, arenas, limos y arcillas.

El sitio más probable a utilizar deberá estar aguas arriba de la presa, a una elevación tal que permite que todo el material depositado quede ahogado dentro del embalse. Es posible que se ubiquen un área de depósito de desechos geológicos y escombros en cada margen con el objetivo de facilitar maniobras y costos indirectos. Para la localización del sitio se tomarán las siguientes consideraciones: preferentemente que fuese una cañada o un cantil con desnivel que permita el balconeo del material hasta un sitio donde no reduzca el cauce natural del río ni afecte los sitios de construcción de la obra, que el material se puede ir acumulando desde la parte baja del tiradero e ir creciendo con el depósito del material en forma de rampa o talud con el ángulo de reposo natural que adquieran los materiales con el balconeo.

Dadas las características del depósito, no se requiere acondicionamiento del mismo, salvo una pequeña plataforma en la parte alta de la cañada o cantil para que el equipo de acarreo haga maniobras para acercarse al borde del tiradero. Se construirán los ramales a los caminos de acceso ya existentes que ligen a las plataformas con las vialidades internas de la obra. Los ramales que se construyan para llegar al tiradero serán caminos de terracería provisionales que al finalizar la obra quedarán abandonados.

### **Almacenes de materiales**

Estos sitios son terrenos que deben de contar con las siguientes características:

- Ser sensiblemente planos.
- Ubicados en sitios accesibles.
- Ubicados en las cercanías de la periferia de la obra.
- En sitios en donde no se afecten las áreas de construcción del proyecto.

Las actividades que se desarrollan comúnmente para acondicionar los terrenos para almacén de materiales son:

- Desmante.
- Despalme.
- Regularización de la superficie.
- Revestimiento con materiales pétreos.
- Nivelación para dar pendiente a los escurrimientos pluviales.
- Modificación mediante canalización de los arroyos existentes en el sitio.

El uso que se da a estos sitios es el de almacenar en ellos de manera independiente, los distintos materiales que se requieren durante la construcción del proyecto, tales como: roca, materiales pétreos triturados, grava - arena de río, arcillas y limos. Estos almacenes se van formando y creciendo o decreciendo conforme a la explotación y su utilización en los sitios de la obra hasta finalizar la construcción, momento en el cual se deben dar las condiciones para la restauración del terreno en cuestión.

Para el proyecto aún no se tiene identificado un sitio para establecer estos almacenes sin embargo se estima una superficie necesaria de 20 ha, el terreno deberá estar comunicado con vialidades tanto a los bancos de material y frentes de obra.

### **II.3.3.3 Obras de generación**

#### **II.3.3.3.1 Casa de máquinas**

##### **Excavaciones y/o cortes**

La caverna de casa de máquinas, con 22,20 m de ancho, 95 de largo y 50 de alto, en las figuras 5 y 6 se muestra la sección longitudinal de la casa de máquinas del PH El Cajón muy similar a la planteada en el PH La Yesca.

El inicio de la excavación, requiere la construcción de un túnel de acceso de sección portal de 10 m x 8,5 m con trayectoria en dirección hacia la bóveda de la caverna. Este túnel conduce al nivel de la planta de montaje de la caverna y sirve, además, como acceso a los codos inferiores de las tuberías a presión.



Figura 5. Corte transversal de la caverna de casa de máquinas.

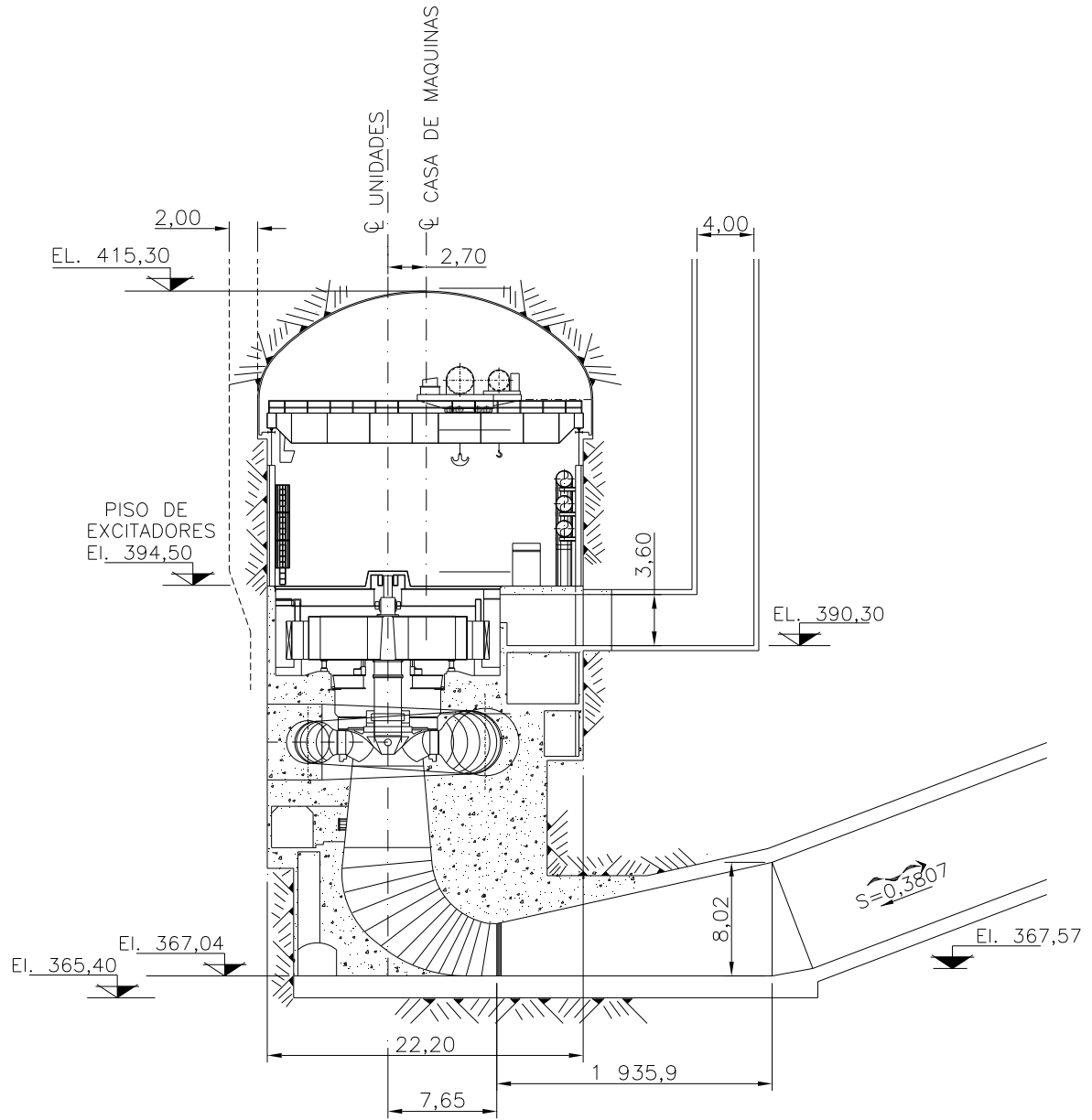
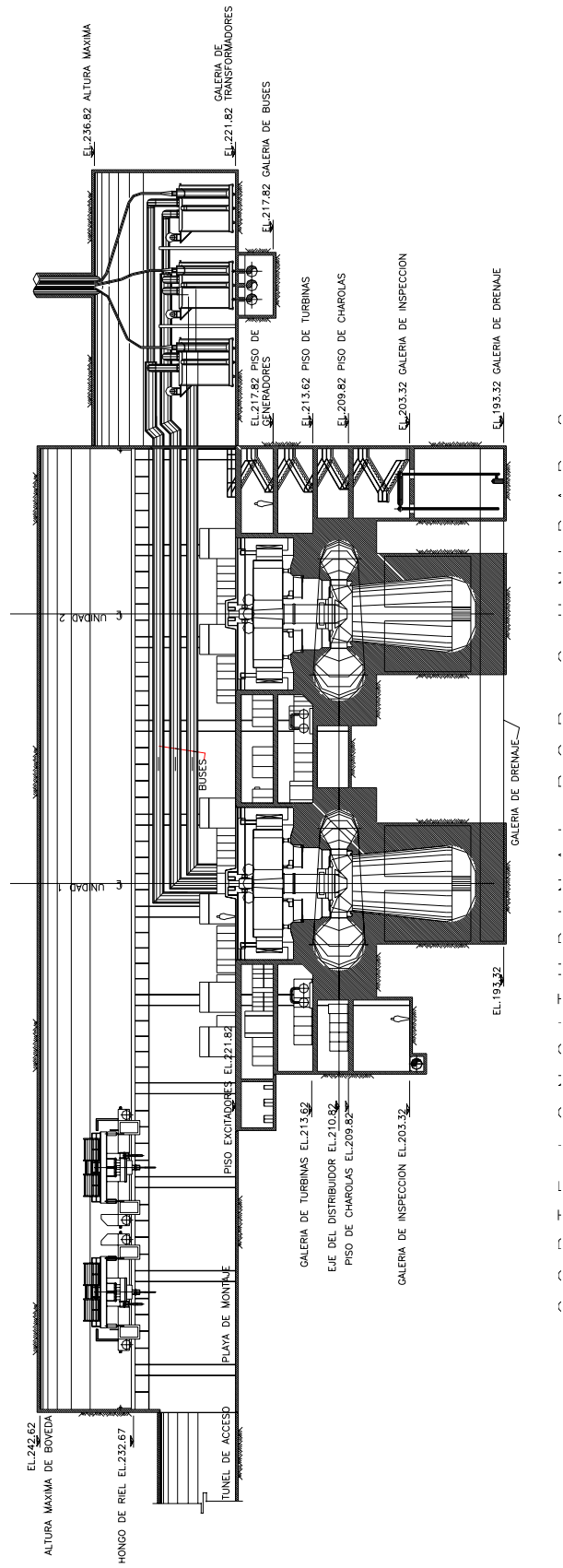


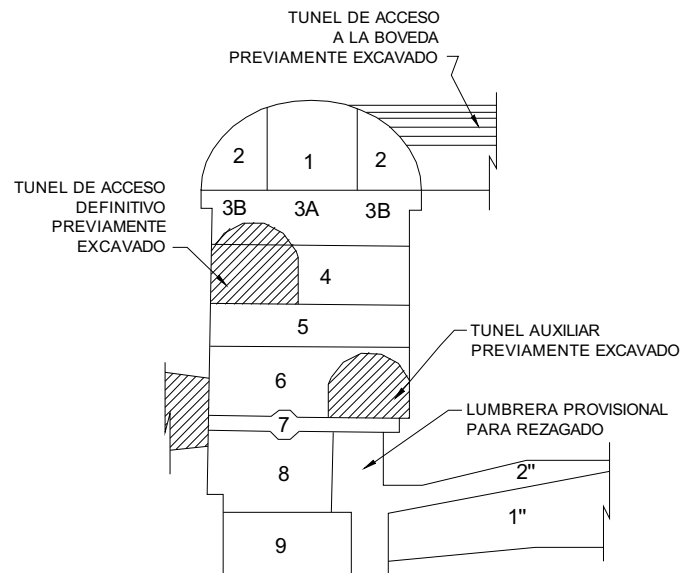
Figura 6. Corte longitudinal de la caverna de casa de máquinas del PH El Cajón.





**Figura 7. Túnel de acceso a casa de máquinas muy similar al planteado en el PH La Yesca.**

En la figura 8 se muestran las etapas de excavación con explosivos de la caverna, empleada en el PH El Cajón similar al proceso que se empleará en La Yesca.



**Figura 8. Resumen de las etapas de excavación de la caverna de casa de máquinas.**

### **Excavación de la bóveda (nivel 416,30 al 407,30), etapas 1 y 2**

La bóveda de la caverna se excava con barrenación horizontal en tres etapas: una sección central (de aproximadamente 10 m de ancho x 9 m de altura) que se lleva adelante como sección piloto, mientras la segunda y tercera secciones (ampliaciones de aproximadamente 22 m de ancho) se excavan con un desfase de 15 a 20 m de la sección piloto.

La barrenación se realiza con jumbo electrohidráulico. La carga de barrenos se efectúa manualmente en el caso del hidrogel, y mecánicamente en el caso del ANFO, para lo cual se utiliza un equipo neumático antiestático. Después de la voladura, el material se apila con un tractor D8 e inmediatamente es levantado con un cargador frontal tipo 90-C, el cual descarga a camiones fuera de carretera de 44 t de capacidad. La rezaga se transporta por el túnel de acceso hacia el exterior.

Las técnicas empleadas en la excavación de las ampliaciones son las mismas que para la sección central piloto, con excepción de que en las ampliaciones la cuña no existe, en virtud de que la voladura tiene dos caras libres; al frente y al lado. Los barrenos se cargan únicamente con explosivo tipo hidrogel, con densidad de carga en los barrenos del contorno de 0,22 kg/m. La siguiente fotografía muestra la bóveda de la casa de máquinas.



**Figura 9. Excavación de la bóveda de la caverna de casa de máquinas del PH Aguamilpa, las dimensiones y el proceso de excavación es muy similar al planteado en el PH La Yesca.**

Una vez excavada la bóveda, el siguiente nivel se excava en tres secciones. La primera; denominada sección central (6 m de altura x 14 m de ancho), se barrena y detona en primer lugar usando técnicas convencionales de voladura en banco, mientras que las ampliaciones (segunda y tercera secciones) de 4 m de ancho cada una, se barrenan y detonan con un desfase de 20 m, utilizando barrenación horizontal con jumbo mediante la técnica de postcorte. El material producto de la excavación de esta etapa es removido, cargado y trasladado mediante el uso de cargador frontal y camiones fuera de carretera, siguiendo la ruta a través del túnel de acceso definitivo hacia el exterior.



**Figura 10. Excavación de banquetes de la caverna de casa de máquinas Etapa 3.**

La etapa 4, incluyendo el complemento de la galería de transformadores, se excava con voladuras de dos líneas de barrenos a todo lo ancho de la caverna, utilizando perforadoras neumáticas tipo track-drill para la barrenación tanto de banqueo como de precorte. El precorte se realiza antes de la voladura del banco.

El precorte se realiza perforando una sola línea de barrenos cercanos entre sí, a lo largo del perímetro de la voladura principal. El diámetro de los barrenos de precorte es de 75 mm (3") y el espaciamiento entre ellos es de 70 cm.

Una vez ejecutado el precorte desde el banqueo anterior, la etapa 5 se ejecuta a todo lo ancho de la caverna usando el mismo equipo de barrenación y las mismas técnicas de voladura del banqueo de la etapa 4. El factor de carga para las voladuras de banqueo es de  $0,4 \text{ kg/m}^3$ , con dos líneas de barrenos por voladura.

Concluida la excavación de la etapa 5, a partir de su nivel inferior, también se realiza la excavación de la galería de buses, del nivel 395,30 al 391,30. Esta excavación, con una sección de 6,8 m de ancho x 5,7 m de altura, por ser tipo bóveda, se ejecuta de manera similar a la etapa 1 (sección piloto de la bóveda de la caverna). La rezaga producto de las voladuras es removida y trasladada por cargadores frontales y camiones fuera de carretera que viajan a través de una rampa dentro de la caverna hacia el túnel de acceso definitivo y hacia el exterior.

Para la excavación de las etapas 6 y 7 posiblemente se requiera la construcción de un túnel auxiliar y sección 9 m x 7 m que conecta el túnel de acceso al codo inferior de la tubería a presión No. 2 y al tímpano norte de la caverna.

El propósito de tener acceso al nivel intermedio de la caverna, conlleva también, para agilizar la excavación, adicionar un túnel de acceso en la parte inferior de la caverna, para lo cual se construye un túnel que cruza los pozos de oscilación en su parte baja y cuyo destino es cada uno de los fosos de la caverna.



**Figura 11. Excavación del túnel auxiliar a tuberías a presión y tímpano norte de casa de máquinas PH Aguamilpa, el proceso de excavación es muy similar al planteado en el PH La Yesca.**



**Figura 12. Excavación túnel piloto de aspiración. Al fondo se observa el foso de una de las unidades en casa de máquinas, proceso similar al planteado en el PH La Yesca.**



**Figura 13. Proceso de excavación de túneles de aspiración, proceso similar al planteado en el PH La Yesca.**

La excavación de los fosos para turbinas (etapa 8) se realiza también utilizando las técnicas de precorte y voladura abierta. El material producto de las voladuras en esta etapa se rezaga impulsándolo primeramente con tractor a través de una lumbrera previamente excavada que liga el foso con el túnel de aspiración; enseguida el material es levantado con cargador frontal y descargado en camiones fuera de carretera, cuyo ingreso es a través de cada uno de los túneles de aspiración.

La ejecución de la etapa 9 es bastante rápida, ya que el precorte se realiza desde la etapa anterior y sólo se ejecutan voladuras convencionales de banqueo. La rezaga del material se efectúa exactamente igual que en la etapa 8.

La figura respectiva presenta un plano isométrico de las estructuras subterráneas excavadas en roca, donde se aprecian la caverna de casa de máquinas y los pozos de oscilación, así como el complejo de túneles permanentes y auxiliares.



Figura 14. Excavación de los fosos de las unidades de casa de máquinas, proceso similar al planteado en el PH La Yesca.

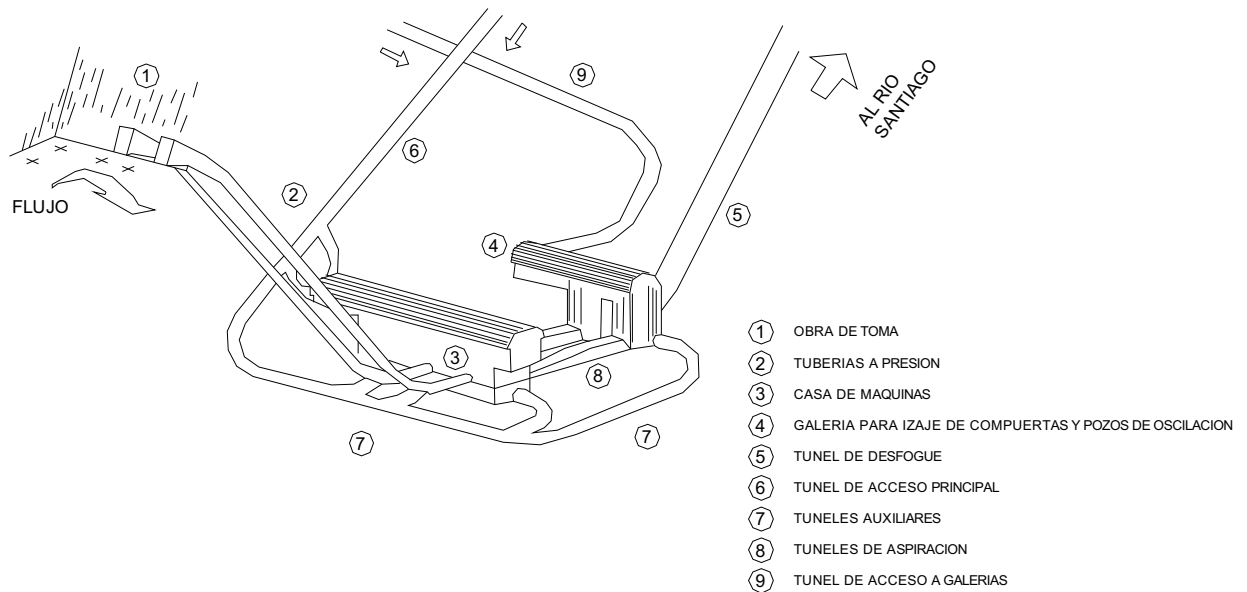


Figura 15. Croquis isométrico del complejo subterráneo.

### Estabilidad de taludes

### Soporte

Cualquier terreno al ser excavado sufre modificaciones estructurales, siendo sometido a esfuerzos distintos a los que estaba sujeto en su estado natural de reposo, y dependiendo del tipo de excavación, son las alteraciones que sufre en su estabilidad. Los tratamientos de la roca son métodos o sistemas que se utilizan para asegurar la estabilidad del terreno que se va excavando, mejorando las propiedades mecánicas de la roca.



Los tratamientos de la roca para la estabilización de taludes en las excavaciones (cortes) de las estructuras que conforman el PH La Yesca, consisten básicamente en: soporte a base de anclaje, drenaje y protección con concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada. A continuación se describe la metodología utilizada para la ejecución de estos tratamientos.

### **Anclaje en la bóveda de la caverna**

La bóveda se soporta con anclas de tensión de 12 m de longitud y 25 mm de diámetro, siendo el ancla una varilla corrugada de  $f_y=4\ 200\ \text{kg/cm}^2$  con ciertas adaptaciones que se describen más adelante. Las anclas se tensan a 5 t y se instalan en un patrón de

1,4 m x 1,4 m en tresbolillo. Para este anclaje se utiliza resina epóxica, lo cual acorta considerablemente el ciclo de trabajo (20 minutos por ancla instalada es el tiempo promedio).

Los barrenos para las anclas (47 mm de diámetro) se ejecutan con un jumbo electrohidráulico de tres perforadoras, con centralizadores en cada brazo para facilitar la barrenación hasta 12 m de profundidad. El lavado del barreno consiste en la eliminación de los residuos de la barrenación, y se logra simultáneamente con la perforación, debido al agua de enfriamiento utilizada por el propio jumbo. La colocación de anclas se realiza con track-drill o jumbo de barrenación.

Una vez que fragua la resina rápida, se dispone de 13 minutos más para tensar el ancla. Para este fin, se coloca previamente una placa y tuerca en el extremo roscado para aplicar la tensión de 5 t mediante una pistola de impacto calibrada. La figura 16 presenta el proceso de anclaje en la bóveda de la casa de máquinas.



**Figura 16. Colocación de anclas con track-drill en la bóveda de la caverna de casa de máquinas, proceso similar para el PH La Yesca.**

### **Anclaje en las paredes de la caverna**

El sistema de soporte de las paredes es a base de anclas de acero de  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ . En general, se especifican patrones sistemáticos de anclas de fricción inyectadas con lechada, con longitudes de 15 y 9 m y de 37 mm de diámetro en barrenos de 76 mm.

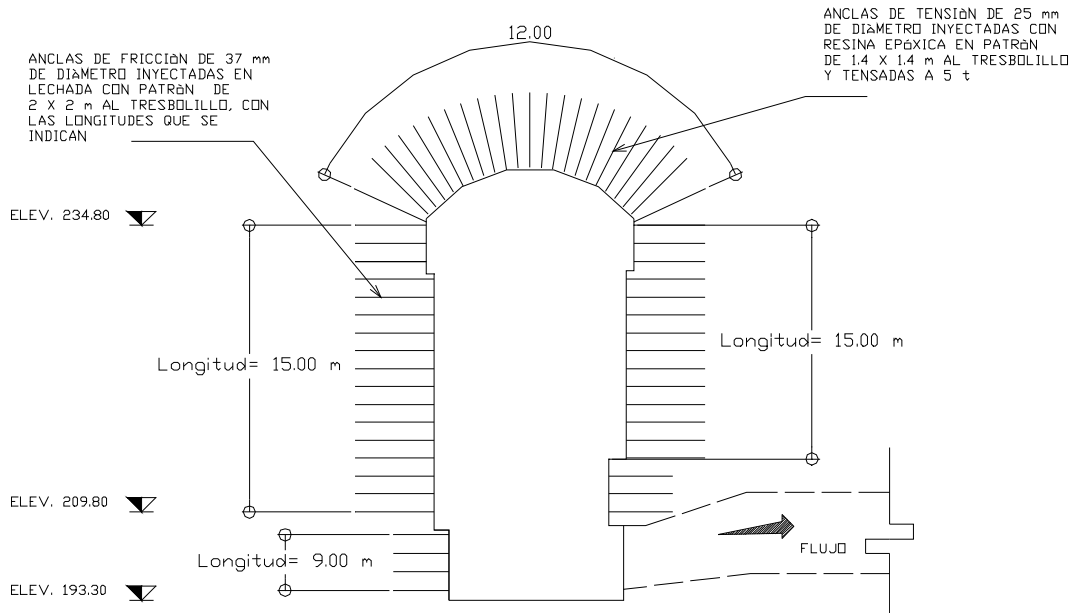
En las paredes altas verticales de la caverna, las anclas se instalan con una inclinación ligeramente ascendente con patrones sistemáticos especificados; sin embargo, en zonas localizadas de fallas y cuñas potencialmente inestables se especifican patrones adicionales de anclaje intermedios a los de proyecto.

La barrenación para las anclas se realiza utilizando perforadoras tipo track-drill y jumbo electrohidráulico de dos brazos ver siguiente figura. Durante y posteriormente a la barrenación, se lava con agua a presión toda la longitud del barreno hasta recuperar el agua limpia libre de residuos de perforación.



**Figura 17. Barrenación para anclaje en las paredes de la caverna. Al fondo se nota el túnel auxiliar al tímpano de la casa de máquinas, procedimiento similar al PH La Yesca.**

Las longitudes y especificaciones del anclaje en la caverna de casa de máquinas se muestran en la figura.



**Figura 18. Anclaje en la caverna de casa de máquinas.**

### Drenaje

Este tratamiento consiste en la perforación de barrenos de 9 m de longitud y 76 mm de diámetro, cuya función es drenar el agua producida por filtraciones y bolsas de agua, canalizando ésta hacia puntos bien definidos, reduciendo la carga hidrostática que soporta la roca. La ubicación de estos barrenos se realiza de manera selectiva en zonas de filtraciones importantes.

### Revestimiento con concreto hidráulico

### **Acero de refuerzo**

El acero de refuerzo que se utiliza en la casa de máquinas se habilita en un patio destinado a este fin, el cual se ubica afuera y en la proximidad de las obras subterráneas; en el interior de la caverna sólo se realiza la colocación de dicho acero, con la finalidad de lograr fluidez en los preparativos para los colados.

### **Concreto hidráulico**

Todo el concreto que se coloca en la casa de máquinas tiene un estricto control de calidad, y se clasifica en las siguientes fases:

#### **Suministro**

##### **Cemento.**

El cemento que se usa en la elaboración del concreto es del tipo I, colocado a granel por tolvas transportadoras en la planta dosificadora. La descarga del cemento de las tolvas a los silos de almacenamiento se realiza por medio de sopladores (aplicación de aire a presión). Se dispone de silos horizontales y verticales con capacidad de 120 y 70\_t respectivamente.

##### **Agregados.**

Los materiales pétreos que se emplean en la elaboración del concreto se extraen de diferentes bancos y se transportan a la planta clasificadora, en la cual se obtienen arena, grava 1 ( $\frac{3}{4}$ " ) y grava 2 (1  $\frac{1}{2}$ " ). Estos agregados se transportan y colocan en los bancos de almacenamiento de la planta dosificadora. Los bancos de almacenamiento se delimitan con muros de mampostería para evitar la contaminación entre los agregados y se acondicionan con una pendiente en el piso con el fin de drenar las captaciones de agua y evitar la saturación de los materiales almacenados.

##### **Agua.**

El abastecimiento de agua se realizará mediante la utilización de cárcamos y sistema de bombeo; de estas estructuras el agua se extraerá y distribuirá a los frentes aunque también pueden utilizarse camiones cisternas conocidos como pipas.

Al considerar que la temperatura del concreto al salir de la planta dosificadora debe ser de 20 °C, con el fin de colocarlo en las diferentes estructuras con una temperatura de 22 a 23 °C, se usa hielo tipo escarcha.

El hielo se fabrica en una planta montada junto a la dosificadora con una capacidad de producción de 2 t/h y 100 t de almacenamiento. Dado que la cantidad de hielo empleado en la elaboración del concreto depende de la temperatura ambiental y de la de los materiales, representa, generalmente, del 50 al 70% del volumen calculado para el agua en la dosificación.

### **Aditivos.**

En la producción de concretos se utiliza un aditivo reductor de agua en un 0,6% respecto al contenido de cemento (en peso), con el fin de aumentar su resistencia conservando su manejabilidad.

### **Fabricación**

Todos los concretos de la casa de máquinas se diseñan con una resistencia de 200 kg/cm<sup>2</sup>, con las proporciones indicadas en la siguiente tabla.

Proporción de materiales en el diseño de concretos

**Tabla 14. Proporción de materiales en el diseño de concretos.**

<b>Material</b>	<b>Proporción</b>
Cemento	275 kg
Arena	792 kg
Grava 1	630 kg
Grava 2	421 kg
Agua	176 l (50-70% de hielo)
Aditivo	165 litros

Los agregados procedentes de los bancos de almacenamiento se depositan en la tolva receptora por medio de cargadores sobre neumáticos. Por medio de una banda transportadora radial se distribuyen a las diferentes tolvas para ser pesados, de acuerdo a la dosificación empleada, y se descargan uniformemente en otra banda con destino a las ollas revolvedoras.

En forma similar, el cemento se pasa de los silos de almacenamiento a los silos pulmón, donde se pesa y se dosifica con los agregados, transportándose en conjunto al mezclado de los mismos por medio de la banda radial.

Las figuras 21 y 22 presentan los procesos de armados y colados en las unidades de la caverna de casa de máquinas.



**Figura 19. Revestimiento con concreto en paredes laterales de la casa de máquinas.**



**Figura 20. Proceso de colocación de acero de refuerzo en fosos de generadores.**



**Figura 21. Proceso de armado y colado en foso del generador.**



**Figura 22. Proceso de revestimiento con concreto Armado de la carcasa del generador.**

### **II.3.3.3.2 Obra de toma**

#### **Excavaciones y/o cortes**

La obra de toma se compone de un canal de llamada de 50 m de ancho y 80 m de longitud, ubicado en la margen izquierda del Río Santiago. Esta obra se construye mediante excavación a cielo abierto, en su mayoría con uso de explosivos.

La excavación tiene cortes de 86.m de altura máxima en el talud frontal del canal (zona de control y bocatomas de las tuberías a presión), de la elevación 580 a la 494 (piso de proyecto del canal), ver la figura 23.



**Figura 23. Excavación de la obra de toma.**

Las primeras actividades por ejecutar antes de iniciar la excavación propiamente dicha, son los trabajos de desmonte y despalme en las zonas donde se ubica la obra. Para la remoción se usa tractor D8N y se transporta el desperdicio al banco ubicado en el arroyo El Carrizalillo, cercano a la misma obra de toma.

La excavación se inicia en la parte más alta de la obra (elevación 580, talud frontal). Para ello es necesario unir el piso del canal de llamada de la obra de excedencias con la mencionada zona más alta mediante una brecha de penetración, y proceder a subir el equipo de barrenación y los tractores.

En general, la excavación se lleva a cabo por banqueos, ejecutándose los trabajos hasta terminar la excavación a piso de proyecto del canal de llamada en la elevación 494, realizando la barrenación entre éste y las bermas mencionadas.



**Figura 24. Excavación del canal de llamada de la obra de toma.**



## **Estabilidad de taludes**



**Figura 25. Tratamiento de taludes con mortero y malla electrosoldada.**



**Figura 26. Revestimiento de mortero lanzado y soporte por medio de anclaje.**

## **Revestimiento con concreto hidráulico**

### **Zona de compuertas y transición**

La zona de compuertas y transición de la obra de toma comprende de la elevación 495,5 a la 500,4, y se ubica entre la estructura de rejillas y el inicio del blindaje de las tuberías a presión. Se inicia a partir de los paramentos elípticos de las bocatomas, de aquí se mantiene con una sección rectangular en forma constante hasta su término, donde se alojan los espacios para las compuertas de servicio y de emergencia, y pasa a la transición de 18,54 m de longitud, de sección rectangular de 10,05x10,05 m a sección circular de 8,50 m de diámetro.

### **Torre de compuertas**

Esta estructura se construye a base de muros laterales de sección constante para las guías de compuertas; su desplante se ubica en la elevación 500,40 y finaliza en la 577 (piso de la cámara de mantenimiento).

El acero de refuerzo utilizado para esta estructura considera armados de 19 mm ( $\frac{3}{4}$ " ) en sentido vertical y 38,1 mm ( $1\frac{1}{2}$ " ) en sentido transversal. El proceso de secuencia del armado consiste en llevar el acero de refuerzo 15 a 20 m arriba del nivel del colado en ambas tomas, lo que permite darle celeridad a estas actividades. Asimismo, se colocan las placas y perfiles de la instalación de las guías de las compuertas para su embebido en los segundos colados.

La figura 28 muestra el proceso de revestimiento de la zona de compuertas.

### **Edificio de control**

La cimbra utilizada para la formación de esta estructura es habilitada a base de tableros de triplay de  $\frac{3}{4}$ " de diferentes dimensiones, y estructurada con bastidores de madera de 2"x4" y barrotes de la misma sección. El troquelamiento se realiza por medio de sheabolts.

En general, para la construcción de esta estructura se aplica el mismo procedimiento empleado para colar las pantallas y muros de las compuertas.

Finalmente, para concluir la obra de toma, se construyen las ménsulas o losas superiores donde se reciben los rieles para el tránsito de la grúa viajera, así como las casetas de operación de ambas unidades.

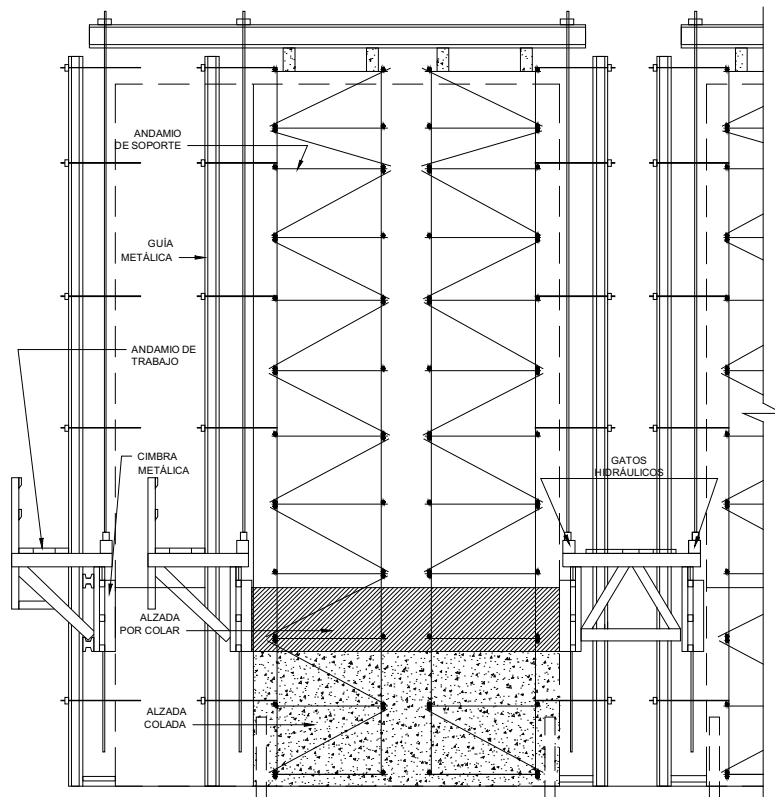


Figura 27. Zona de ubicación y disposición de la cimbra deslizante.



Figura 28. Revestimiento con concreto armado en bocatomas y torres de compuertas.

### **II.3.3.3.3 Tuberías a presión**

#### **Excavaciones y/o cortes**

Las dos tuberías a presión conectan la obra de toma con la casa de máquinas. La figura 29 presenta en un corte longitudinal y el arreglo general de las mismas.

Construido el túnel de acceso a la bóveda de la caverna de casa de máquinas y a los codos inferiores de las tuberías a presión, a partir de éste se excavan ramales de manera que permitan el acceso a la parte baja de las tuberías y hagan posible las excavaciones de los tramos horizontales, para independizarse totalmente de las excavaciones de casa de máquinas (figura 30).

Por otra parte, concluidas las excavaciones en el canal de llamada de la obra de toma a la elevación 494, se está en condiciones de excavar las tuberías a presión iniciando con el tramo bocatoma-transición-codo superior a partir del talud frontal de la obra de toma, tal como se muestra en la figura 31.

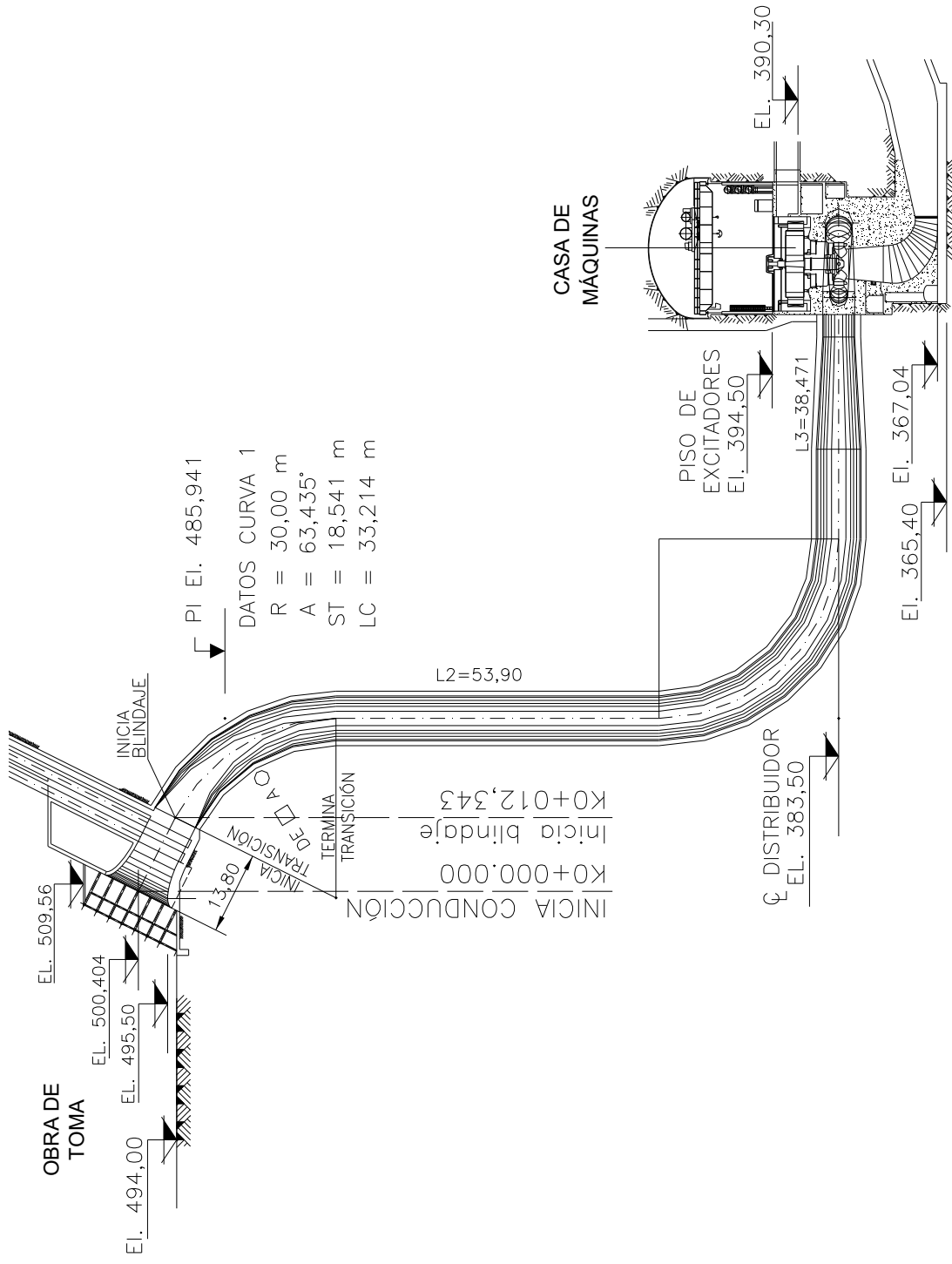


Figura 29. Corte longitudinal por el eje de la conducción de las tuberías a presión.



**Figura 30. Túnel de acceso auxiliar a tuberías a presión.**



**Figura 31. Proceso inicial de excavación de las bocatomas.**

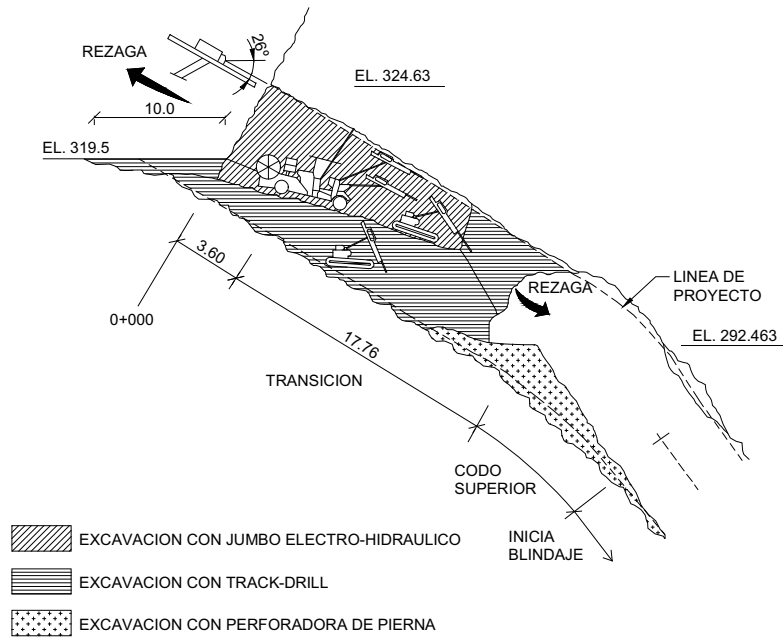
Los túneles inclinados a  $26,5^\circ$  de las tuberías a presión arrancan a partir del talud frontal de la obra de toma y terminan en los codos superiores; comprenden las zonas de sección rectangular, de transición y una parte del codo superior (figura 32).

La barrenación en este tramo se realiza con diámetros 38,1 mm, 47,6 mm y 76,2 mm, utilizando como equipos de perforación jumbo electrohidráulico de dos brazos, track-drill y perforadoras de piso. En el proceso de excavación únicamente se emplea explosivo hidrogel en bombillos de 1"  $\varnothing$  x 8" con peso de 0,118 kg, 1"  $\varnothing$  x 40" con peso de 0,4 kg (baja densidad) y de 1 ½"  $\varnothing$  x 16" con peso de 0,5 kg. Para lograr mayores avances, dadas las características de túnel inclinado, se utiliza al máximo posible el jumbo electrohidráulico como equipo de perforación. Lo anterior, permite excavaciones con el 18% de pendiente máxima para permitir el acceso o retiro del jumbo al frente de excavación. Cuando no es posible tener pendientes mayores del 18%, la excavación se realiza utilizando track-drill. Las perforadoras de piso se emplean cuando el acceso es imposible para el track-drill.



**Figura 32. Excavación del tramo bocatoma – transición – codo superior.**

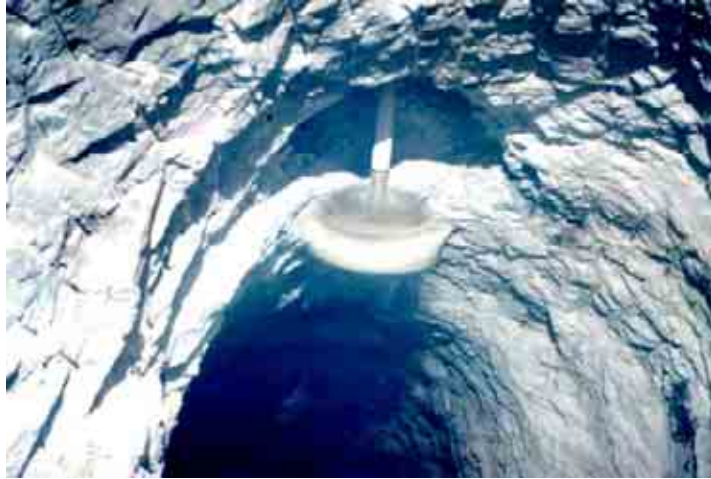
La figura 33 muestra las etapas de excavación de este tramo inclinado 90°.



**Figura 33. Etapas de excavación del tramo bocatoma – transición – codo superior.**

### Excavación del tramo vertical

Concluida la excavación del codo superior y el túnel de acceso a la parte baja de cada una de las tuberías a presión, se procede a la excavación del tramo vertical. Este tramo tiene una longitud de 53,90 m y comprende: una parte del codo superior, la zona de reducción, la rama inclinada y una parte del codo inferior.



**Figura 34. Excavación del pozo piloto de las tuberías a presión con uso de máquina contrapocera. Nótese la rotación de la rima.**

### **Etapa 2. Ampliación del pozo piloto**

Una vez concluido el rimado del pozo piloto, se realiza primero una ampliación a dicho pozo en toda su longitud, para posteriormente realizar la ampliación a sección completa. Este procedimiento tiene como propósito evitar que el pozo piloto se obstruya con la roca fragmentada producto de las excavaciones a sección completa y que consecuentemente, provoque trabajos extraordinarios para destapar el pozo, representando posibles atrasos en el programa de obra, pérdidas económicas y riesgos para el personal de trabajo.

El sentido de ataque de la excavación es de arriba hacia abajo; a partir de la parte superior del tramo inclinado hacia la clave del túnel horizontal en la parte baja de la tubería, aprovechándose de esta manera el pozo piloto para la rezaga del material producto de las excavaciones. En cada banqueo, la carga con explosivos se realiza únicamente con hidrogel. Una vez efectuada la detonación, y dada la ventilación adecuada en el área de trabajo, se procede a la rezaga del material producto de la voladura en forma manual y mediante sopleteo con aire a presión, arrojando dicho material a través del pozo piloto hacia la parte baja de la tubería a presión para su posterior retiro.

En la figura 35 se aprecia la ampliación del pozo piloto.





**Figura 35. Ampliación del pozo piloto de las tuberías a presión.**

### **Etapa 3. Ampliación a sección completa**

Las excavaciones en esta etapa se inician después de haberse concluido las excavaciones de los tramos bocatoma-transición-codo superior en cada unidad. De igual forma que en la segunda etapa, la ampliación a sección completa se realiza de arriba hacia abajo mediante el sistema de banqueos con uso de explosivos.

Para llevar a cabo estas excavaciones, se hace primero una barrenación profunda utilizando como equipo de perforación un tunnel-track neumático con martillo de fondo, y posteriormente para finalizar la excavación, se utilizan perforadoras de piso o pierna neumáticas.



**Figura 36. Excavación a sección completa en tuberías a presión.**

En las excavaciones restantes, la barrenación se realiza con perforadoras de piso o pierna neumáticas; consiste en perforaciones de 38,1 mm de diámetro y longitud promedio de 2,4 m.

### **Estabilidad. Tratamientos de la roca**

Los tratamientos que se realizan en estas estructuras consisten en: anclaje de fricción colocado con resina epóxica, drenaje selectivo y concreto lanzado selectivo (figura 37).



**Figura 37. Tratamientos de la roca en tuberías a presión, mediante uso de track-drill montado en plataforma.**

Como ya se mencionó en la descripción de las excavaciones de estas estructuras, a partir del arranque de las tuberías en el talud frontal de la obra de toma, se realiza la colocación y empaque de rieles en cada tubería a presión; necesarios, mediante el auxilio de malacates, para trasladar plataforma de trabajo para llevar equipos utilizados en los tratamientos de la roca (jumbo electrohidráulico y track-drill), así como para la transportación y colocación de los canutos o tubos que conforman el blindaje de las tuberías.

De manera general, estos tratamientos son similares a los que se ejecutan en los pozos de oscilación, por lo que para estos pozos se omite su descripción.

### **Montaje de tuberías**

Una vez concluidos los trabajos de fabricación, transporte y almacenamiento del blindaje (canutos) de las tuberías a presión, y habiéndose ejecutado los cortes, rolado, conformado, soldadura, pruebas y aplicación del recubrimiento anticorrosivo a dicho blindaje, se procede a realizar el montaje del mismo en las siguientes etapas:

Las tuberías se transportan a dos zonas: la primera, a zona de almacenamiento del canal de llamada de la obra de toma y bocatomas, para formar los ramales horizontal, superior y vertical; y la segunda, a la casa de máquinas para formar los ramales horizontales inferiores.

Finalmente, se efectúa el atraque de la tubería en el piso y paredes del túnel de la tubería a presión, para concluir con los trabajos de montaje de estas estructuras.



**Figura 38. Proceso de lanzamiento de tubos para conformar el blindaje de las tuberías a presión.**

### **Empaque de tuberías con concreto hidráulico**

El procedimiento de colocación de concreto hidráulico para el empaque de las ramas inclinadas en las dos tuberías a presión se realiza utilizando concreto bombeado, para lo cual se contará con dos bombas estacionarias para concreto, ubicadas; una en la zona de bocatomas, y otra en la plataforma del canal de llamada de la obra de toma.

El concreto elaborado en planta dosificadora es transportado y descargado en dichos centros de bombeo por caminos ollas revolventoras de 5 m<sup>3</sup> de capacidad.

El procedimiento que se emplea para el empaque del blindaje en los codos es como se muestra en la figura 39.



**Figura 39. Colocación de cimbra para el colado del codo de la tubería a presión.**

Los concretos son colocados en capas horizontales, asegurándose la distribución y colocación de concreto tierno sobre concreto aún no fraguado, acomodando y ligando las capas con vibradores de inmersión de 3" de diámetro accionados neumáticamente, evitando posibles huecos en la estructura y logrando una adecuada compactación.

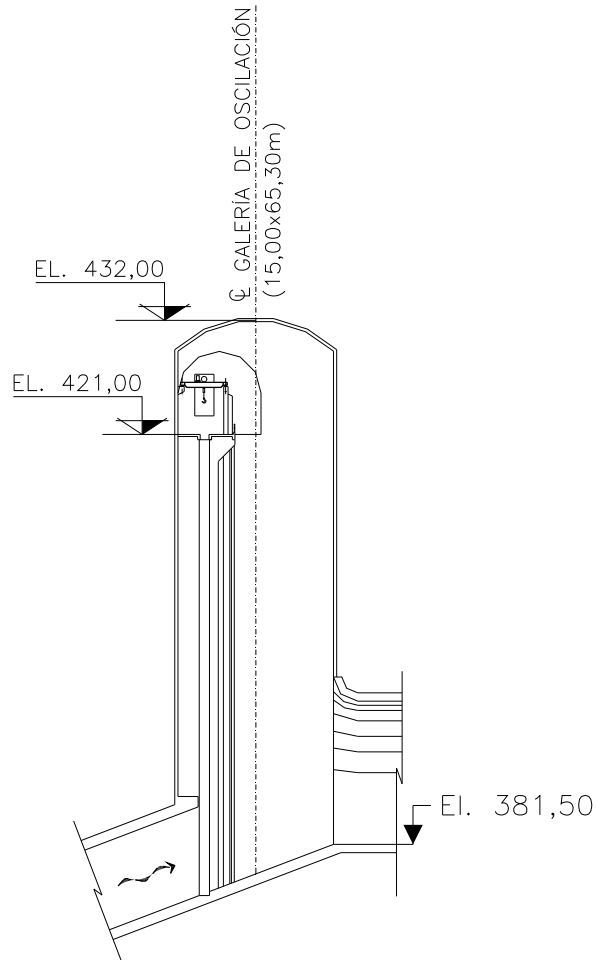
#### **II.3.3.3.4 Galería de oscilación**

Excavaciones y/o cortes

Debido a que estas estructuras consisten en dos pozos cuyos frentes de excavación son subterráneos en un macizo rocoso, se usa el método de excavación a base de explosivos.

La excavación de la galería se ataca en su primera fase a través de un túnel de acceso definitivo a galerías, de sección portal de 8 m x 8 m y 277 m de largo. Este túnel conduce al piso de la galería para izaje de compuertas (nivel 421 msnm).

La figura 40 muestra un resumen de las etapas de excavación de la galería para izaje de compuertas y de los pozos de oscilación.



**Figura 40. Corte longitudinal de la galería para izaje de compuertas y pozos de oscilación.**

### **Excavación de la galería para izaje de compuertas**

Esta estructura, con dimensiones 73 m de largo en sección portal de 10,6 m por 9,6 m, comunica a la galería de oscilación. Las técnicas empleadas en la excavación de esta galería, relacionadas con la barrenación, plantillas de voladuras, cargas con explosivos y tipo de explosivos utilizados, son similares a las que se emplean para la excavación de la bóveda de casa de máquinas, descritas anteriormente. En la figura 41 se observa la conclusión de la excavación de esta estructura.



**Figura 41. Excavación de la galería para izaje de compuertas.**

### **Galería de oscilación**

La galería de oscilación tiene una altura de 50,50 m y un ancho de 15 m. La excavación se realiza en forma similar a la de casa de máquinas.

### **Revestimiento con concreto hidráulico**

El revestimiento con concreto de estas estructuras se realiza utilizando el sistema de cimbra deslizante, para lo cual es necesario tener armadas las parrillas de acero de refuerzo, tanto longitudinal como transversalmente, en una altura promedio de 40 m arriba de los niveles de colado, ya que la misma estructura de los pozos dificulta esta actividad mientras se efectúa el deslizado.

El procedimiento utilizado para el revestimiento de estas estructuras es similar al que se emplea en la construcción de las torres de compuertas de la obra de toma, descrito anteriormente. La colocación del concreto se realiza con dos bombas estacionarias; una de ellas ubicada en parte baja de los pozos (elevación 381,50), cuya excavación se deriva de la construcción del túnel de acceso a la parte inferior del tímpano norte de la caverna de casa de máquinas; la otra bomba se instala en el piso de la galería para izaje de compuertas de los pozos. El concreto se conduce mediante tubería de 6" extendida desde los frentes de bombeo señalados.



**Figura 42. Colocación de acero de refuerzo y colado en las guías de compuertas en pozos. Nótese el proceso de deslizado.**

#### **II.3.3.3.5 Túnel de desfogue**

##### **Excavaciones y/o cortes**

Dadas las dimensiones de este túnel (275,40 m de largo en sección portal de 13,8x13,8 m), la excavación se realiza básicamente en tres etapas (figura 43): etapa 1: piloto bóveda, etapa 2: ampliación bóveda, y etapa 3: banqueo.

El procedimiento inicial para la excavación consiste en atacar el canal de salida y al concluir este paso, entrar al túnel con un cuarto de sección por medio de voladuras cortas y controladas, excavando sólo ½ sección izquierda de la bóveda hacia aguas arriba (etapa 1). Posteriormente se ejecuta la excavación de la ½ sección derecha de la bóveda (etapa 2), con un desfase entre éstas de 30 m, tal como se muestra en la figura 44. La excavación en bóveda se continúa de esta manera hacia aguas arriba hasta llegar a los pozos de oscilación. Concluida esta excavación se procede a ejecutar los banqueos a sección completa.

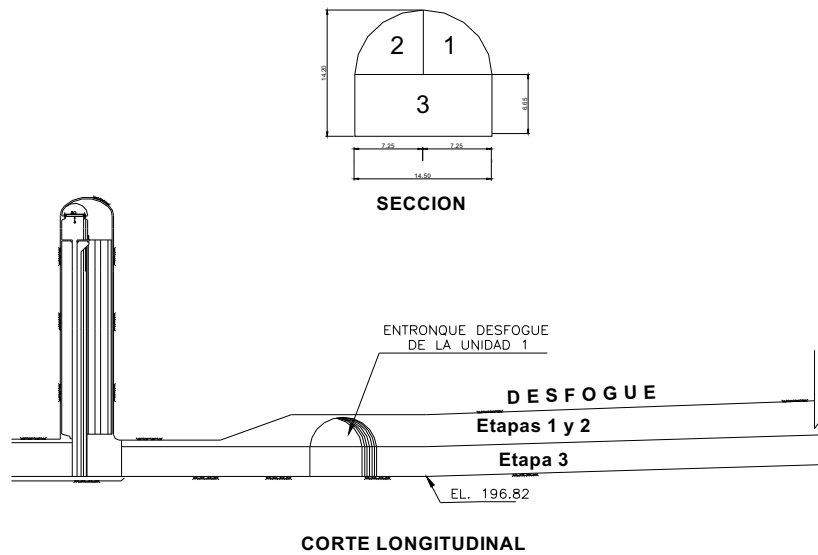


Figura 43. Etapas de excavación del túnel de desfogue.



Figura 44. Excavación de la bóveda del túnel de desfogue.

Toda la excavación (bóveda y banqueros) del túnel de desfogue se ejecuta por medio de voladuras controladas. La barrenación del frente de excavación en su totalidad es horizontal y se realiza utilizando jumbo electrohidráulico de tres brazos.

Toda la excavación de este túnel se realiza de manera alternada con los tratamientos de la roca, siendo éstos condicionantes, en situaciones específicas, para poder continuar la excavación en sus distintos ciclos, tal como se observa en la figura 45.





**Figura 45. Inyección de anclaje en muros y carga de explosivos en banqueos del túnel de desfogue.**

### **Revestimiento con concreto hidráulico**

Antes de iniciar los trabajos del revestimiento de muros y bóveda, se realiza el colado de las losas de piso en dos partes (por mitad del túnel) en el sentido longitudinal, dejando expreso una guarnición de 70 cm de altura para el apoyo y apañamiento de la cimbra deslizable “jumbo”, obligando a un claro efectivo entre ambos muros de 16 m.

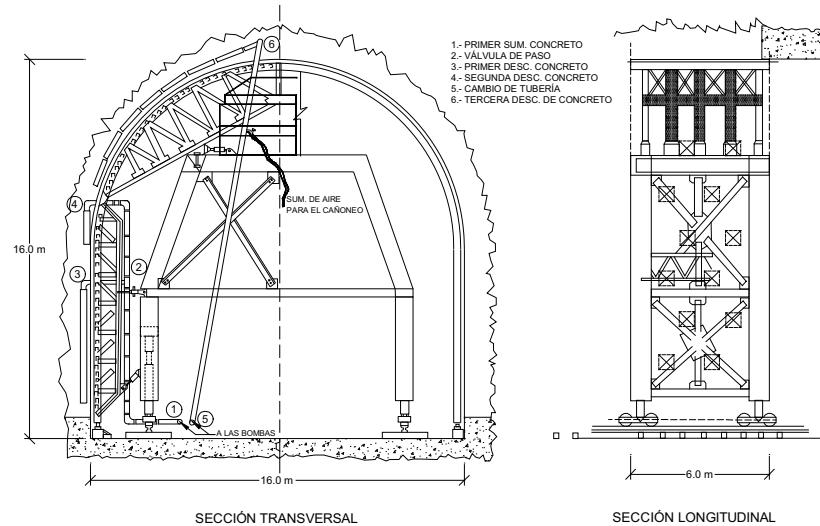
### **Muros y bóveda del túnel**

La cimbra metálica deslizable utilizada recibe el nombre de “jumbo”; se compone principalmente de una estructura o esqueleto que soporta la lámina dando así la forma de muros y bóveda en tres partes: una vertical para el muro, otra en transición y la última que da a la mitad o centro de la clave (figura 46).



**Figura 46. Montaje de piezas centrales para colado de la clave del túnel.**

La figura 47 muestra este proceso de revestimiento.



**Figura 47. Proceso de colado de muros y bóveda.**

Toda la estructura se apoya en ruedas de acero y éstas sobre rieles, un cargador frontal lo jala con un estrobo de acero, ubicando la cimbra donde previamente se marca topográficamente, quedando apoyada aproximadamente 15 cm en el colado anterior. Los tramos colados comprenden 6 m de longitud.

#### II.3.3.3.6 Lumbreras

##### Revestimiento con concreto hidráulico

La cimbra utilizada es duela machimbrada, con dimensiones de 1,2 m de altura y diámetro de proyecto. En la parte inferior se dispone de una plataforma de acabado y reparación, comunicada con otra plataforma de trabajo por medio de escalera marina. El armado con acero de refuerzo se coloca tal como se muestra en la figura 48.



**Figura 48. Colocación de acero de refuerzo para el revestimiento con concreto en lumbreras.**

#### **II.3.3.3.7 Subestación elevadora**

##### **Construcción**

La subestación se conforma de un edificio que comprende a la subestación de 400 kV y servicios auxiliares con dimensiones de 64.10 m de longitud, 15 m de ancho y 11.5 m de altura.

El edificio se construye a base de estructura metálica, con columnas y trabes de perfiles IR e IPR, y contraventeos de perfiles LI unidos por medio de soldadura con electrodos de la serie E-70, fijándose por medio de la tornillería a los apoyos establecidos según proyecto (figura 49).



**Figura 49. Estructura metálica en edificio de 400 kV de la subestación.**

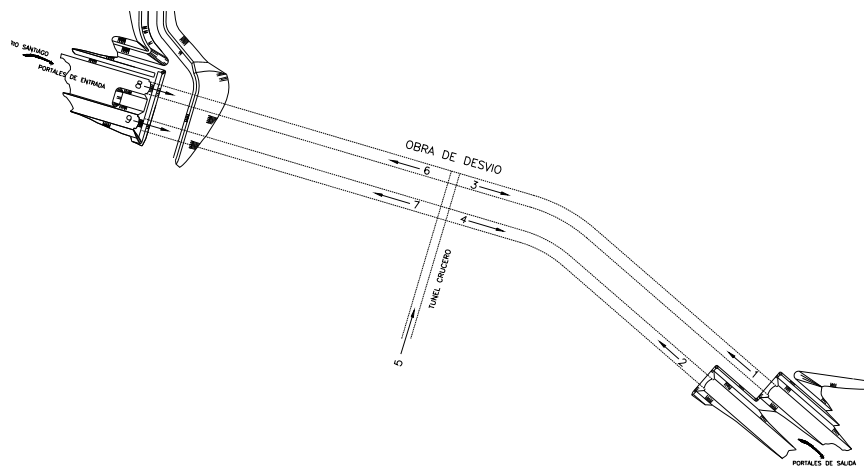
### II.3.3.4 Obras de desvío

#### II.3.3.4.1 Túneles de desvío

##### Excavaciones y/o cortes

Las obras de desvío, además de las ataguías, están constituidas por dos túneles subterráneos en un macizo rocoso, por lo cual el método de excavación usado es a base de explosivos.

De acuerdo con el programa general de construcción, los túneles de desvío deben excavarse en 10 meses, lo que implica efectuar su excavación a través de 9 frentes de manera simultánea, tal como se muestra en la figura 54.



**Figura 54. Frentes de ataque para la excavación de los túneles de desvío.**

La barrenación para excavación se realiza con jumbos electrohidráulicos de tres perforadoras, distribuidos de la siguiente manera: dos atacando por los dos frentes de acceso, tres distribuidos en el túnel crucero y ramificaciones de éste hacia los extremos (entrada y salida), y dos jumbos atacando por la salida de los túneles. La figura 55 muestra la intersección de uno de los túneles de desvío con el túnel crucero.

Debido a las condiciones de fracturamiento de la roca del macizo rocoso y a la dimensión de los túneles, estos se excavan en tres etapas: 1) excavación de una sección piloto de la bóveda por la mitad izquierda o derecha de cada uno de los túneles; 2) excavación de la sección ampliación de dicha bóveda (estas dos secciones se ejecutan de manera alternada con un desfase entre una etapa y otra de 30-35 m); 3) y excavación de banqueo.



**Figura 50. Media sección superior del túnel de desvío y bifurcación hacia el túnel crucero.**

#### **II.3.3.4.2 Ataguías**

##### Construcción

Como parte de las obras de desvío se construyen las ataguías aguas arriba y aguas abajo. Son terraplenes formados con materiales graduados con un corazón o núcleo impermeable (figura 51). La ataguía de aguas abajo se conforma, además, de una pantalla flexoimpermeable de 60 cm de ancho para ligar dicho núcleo con la roca bajo el material permeable existente en el lecho del río. La construcción de ambas ataguías permite el encauzamiento del río por los túneles de desvío; el espacio entre ambas estructuras queda aislado, permitiendo la construcción de la cortina.



**Figura 51. Ataguía de aguas arriba en proceso de construcción, formada con materiales graduados y corazón impermeable de arcilla.**

Previamente a la colocación de los materiales, se efectúa la limpieza de las laderas retirando la vegetación y el material suelto hasta encontrar la roca sana, que sirve de apoyo para el confinamiento de los materiales. En el cauce del río sólo se retira una capa de material superficial, ya que el manto aluvial existente sirve para el desplante de los materiales que conforman el cuerpo de las ataguías. Paralelamente a estas actividades se construyen los caminos de acceso a las diferentes elevaciones hasta el coronamiento, partiendo de un camino principal.

Con suficiente anticipación a la colocación de los materiales, se cuenta con ciertos volúmenes de los distintos materiales almacenados y tratados; quiere decir que para esto ya fueron acondicionados los bancos de préstamo y que están en condiciones de producción continua. Se inicia la colocación de los materiales de acuerdo a la zonificación marcada en el proyecto, controladas y verificadas mediante trazos topográficos.

Los materiales son cargados y transportados de los almacenes o bancos de préstamos.

Para la construcción de la ataguía de aguas arriba se tienen consideradas dos etapas, la primera a la elevación 395 y la final hasta la elevación 412; la ataguía de aguas abajo se construirá en una sola etapa hasta la elevación 407 msnm.

En las figuras 52 y 53 se presentan esquemáticamente las ataguías de aguas arriba y aguas abajo. Asimismo, en las tablas 15 y 16 se presentan las características, origen, tipo y volúmenes de materiales para la formación de las ataguías.

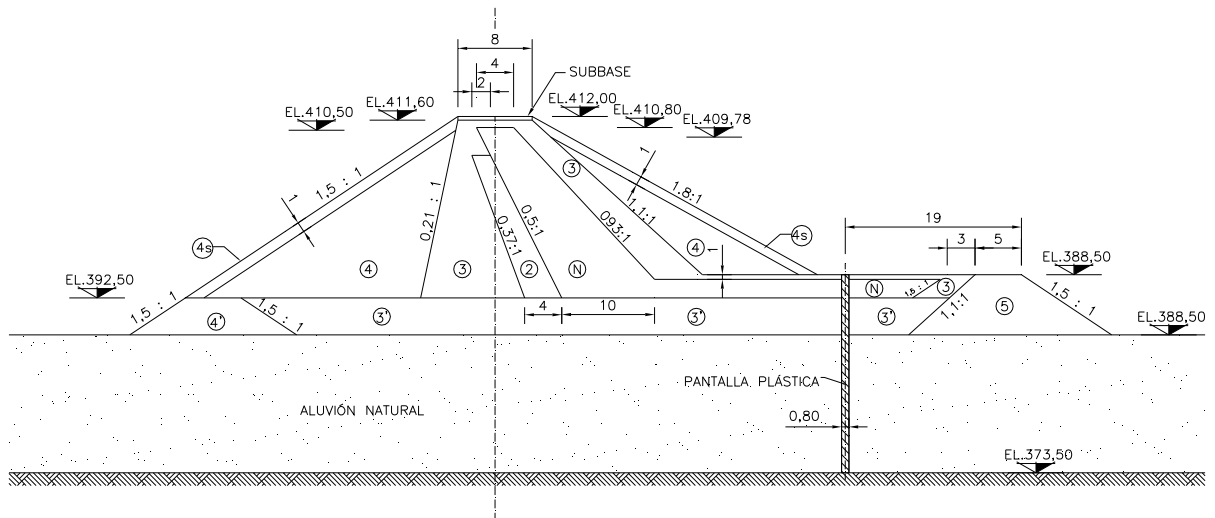


Figura 52. Sección tipo de la ataguía aguas arriba.

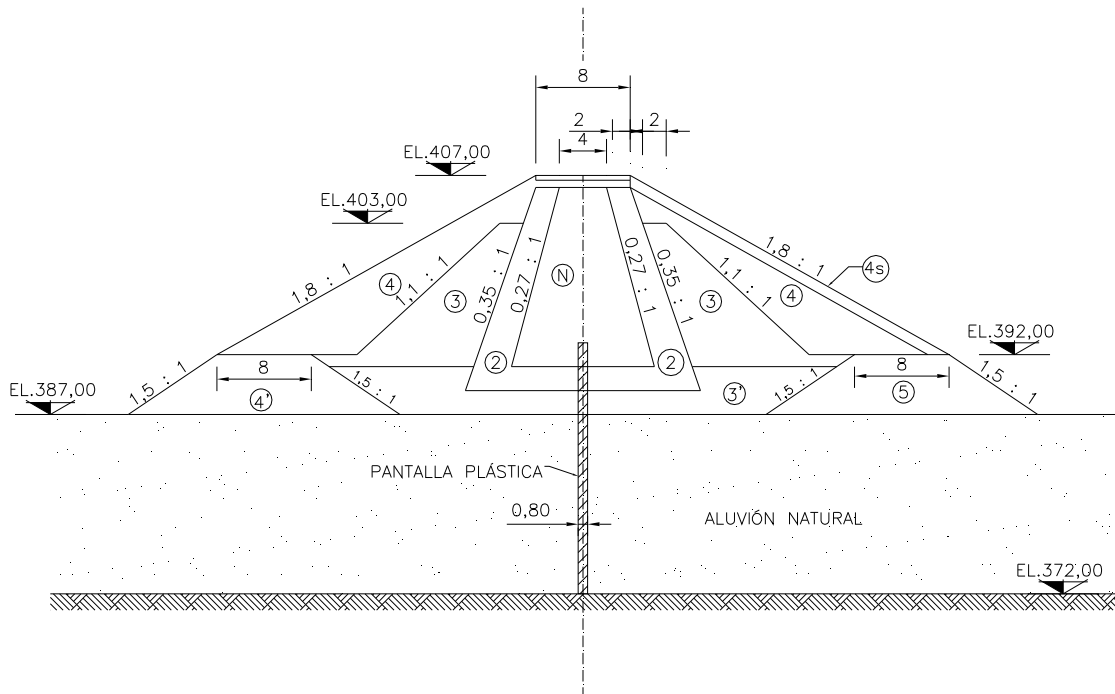


Figura 53. Sección tipo de la ataguía aguas abajo.

**Tabla 15. Materiales de las ataguías.**

Mat.	Zona	Origen	Características	Observaciones
N	Núcleo impermeable	Bancos de arcilla La Haciendita	Arena arcillosa con fracción fina de alta plasticidad	Colocado y compactado en capas de 25 cm de espesor con RVA tipo DYNAMAC
2	Filtros	Bancos de aluvión	Aluvión cribado de diám. <3" (ver granulometrías)	Colocado y compactado en capas de 30 cm con 2 pasadas de RLV de 5 t
3B	Preataguías	Excavaciones del desvío	Granulometría variada con grandes bloques para el cierre de las preataguías	Colocado a fondo perdido los taludes exteriores se cubren con rezaga sucia colocada a volteo y con más de 20% de finos
3C	Contra ataguías	Excavaciones del desvío	Granulometría variada con grandes bloques para el cierre de las contra ataguías	Colocado a fondo perdido hasta el nivel del agua o a volteo
3D	Relleno entre preataguías y contra ataguías	Bancos de aluvión	Aluvión en greña diám. ≤15" (ver granulometría)	Colocado a fondo perdido hasta el nivel del agua y tendido en capas de 30 cm
3F	Respaldos	Excavaciones del desvío	Enrocamiento bien graduado diám < 40 cm	Colocado y compactado con 4 pasadas de RLV de 10 t en capas de 80 cm.
4	Enrocamiento de protección	Excavaciones y banco de roca	Fragmentos de diám. >40 cm	Colocado y bandeado en capas de 1.2 m con tractor D-8 o similar

RLV: rodillo liso vibratorio

**Tabla 16. Volumen de materiales en ataguías.**

Material	Características	Volumen (m <sup>3</sup> )		
		Ataguía		Total
		Aguas arriba	Aguas abajo	
N	Núcleo impermeable	16 172	9 306	25 478
2	Filtro	15 190	9 147	24 337
3B	Enrocamiento	15 960	7 628	23 588
3C	Enrocamiento	17 580	8 612	26 192
3D	Relleno	25 083	20 924	46 007
3F	Respaldos	40 884	28 868	69 752
4	Protección de taludes	16 460	4 094	20 554
	Total	147 329	88 579	235 908

### **Pantallas impermeables en las ataguías**

La pantalla impermeable de la ataguía de aguas abajo, tiene como finalidad construir una barrera que evite las filtraciones procedentes del río Santiago a través del aluvión localizado bajo el cuerpo de la ataguía durante la operación de los túneles de desvío.



La pantalla debe ser impermeable, continua y empotrada en la roca. Para reducir las filtraciones a través de la misma se aplicará un tratamiento mediante inyecciones en la roca bajo la pantalla de concreto.

### **Alineación de la pantalla**

Se trabaja a partir de una plataforma localizada en la elevación 395 msnm, nivelada para lograr el alineamiento de la pantalla durante su construcción, y garantizar la continuidad y uniformidad de la misma.

Se construyen brocales de concreto armado a todo lo largo de la pantalla, que sirven de guía al equipo de excavación. Los brocales se colocan hasta una profundidad de 1,0 m con la separación adecuada para introducir el equipo de excavación. Sobre los brocales de concreto se marca topográficamente la posición geométrica de los paneles de la pantalla, barrenos de inyección, barrenos adicionales, etc.

Concluyendo con la construcción de la pantalla se remueven los brocales de concreto.

La figura 54 muestra el proceso de construcción de la pantalla flexoimpermeable.



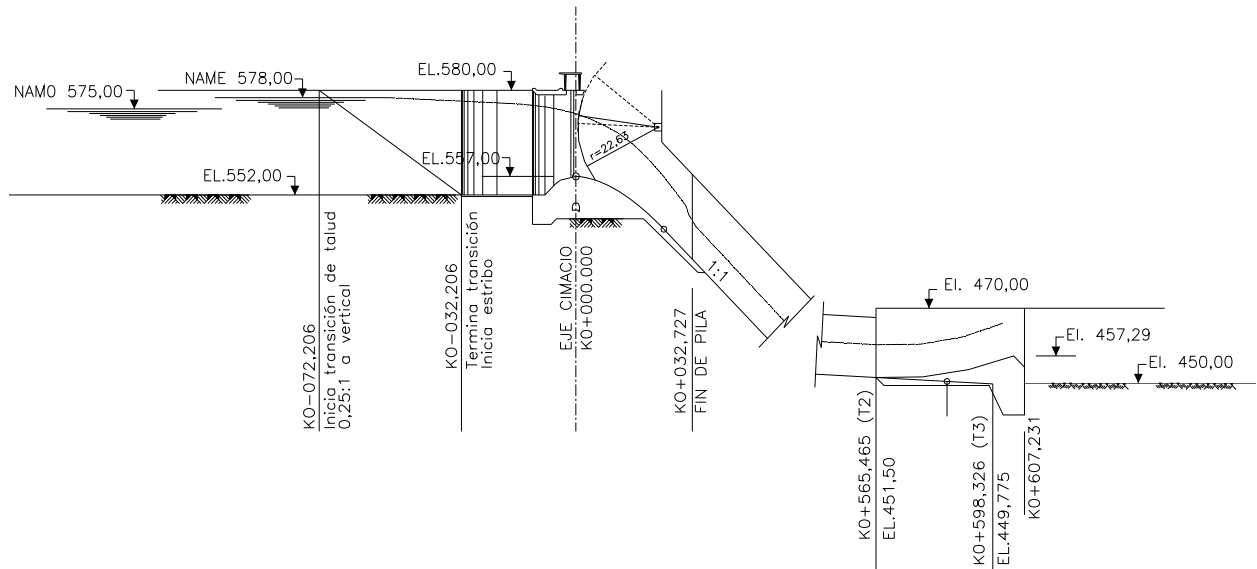
**Figura 54. Construcción de la pantalla flexoimpermeable en la ataguía de aguas abajo con grúa y almeja guiada.**

### **II.3.3.5 Obras de excedencias**

Excavaciones y/o cortes

La obra de excedencias, ubicada en la margen izquierda del río Santiago, la constituyen tres túneles que en su sección normal tienen 13 por 15 m la construcción es similar a la de los túneles de desvío. (figura 55): está constituida por las siguientes estructuras:

- Canal de llamada
- Zona de control
- Túneles de descarga de descarga
- Cubeta deflectora



**Figura 55. Estructuras que conforman las obras de excedencias.**

La excavación se realiza teniendo como prioridad llegar hasta el nivel de desplante de las estructuras de concreto en la zona de control, con avances en la excavación de los banquetes en forma de pirámide invertida, con rampas de acceso a las diferentes banquetas o plataformas para el acarreo del material a los sitios destinados. El material aprovechable (rezaga y sobretamaño) producto de la excavación es enviado para su colocación a la cortina, y el no aprovechable se envía al banco de desperdicio ubicado aproximadamente a 500 m aguas arriba en la margen izquierda.



**Figura 56. Excavación a cielo abierto de las obras de excedencias.**

### **Revestimiento con concreto hidráulico**

El revestimiento de la obras de excedencias se inicia cuando las excavaciones lo permitan, se encuentren en los niveles de proyecto y a una distancia suficiente que permita trabajar sin riesgos.

Para tal efecto, se plantea instalar una planta de producción de concreto, con una capacidad de 100 m<sup>3</sup>/h, para los colados en la zona de control y contar con el área necesaria para almacenamiento de los agregados, mismos que son sometidos a proceso de trituración, cribado y lavado, de tal forma que cumplan con los requerimientos especificados.

#### **II.3.3.5.1 Estructura de control**

Se inicia el revestimiento de la estructura de control con la construcción de la losa del cadenamamiento km 0-011 en la elevación 552, cuyo colado se realiza en secciones, utilizando cimbra de madera del tipo convencional provista con llaves de cortante para las juntas de construcción, mismas que son tratadas con el aditivo especificado.

La colocación del concreto se efectúa a tiro directo desde las ollas revolventoras y/o con equipo de bombeo; ya sea una bomba sobre camión o una bomba estacionaria.

En las estructuras de control se construyen primeramente las pilas intermedias, utilizando cimbra deslizante de caras paralelas a partir del eje del cimacio y cimbra convencional en el eje del cimacio, en la zona de cambio de sección de las pilas.

La figura 57 presenta una vista de esta estructura en proceso de construcción



**Figura 57. Proceso de revestimiento con concreto en estructura de control.**

#### **II.3.3.5.2 Túneles de descarga y zona de transición**

Las zonas de transición de los túneles se cuelan empleando cimbra de triplay tanto en muros como en la bóveda asegurando esta con “sheabolts” la cual se coloca posterior al armado del acero de refuerzo. Previamente se lleva a cabo el colado de la cubeta o losa de piso del túnel de igual forma que en los túneles de desvío. En la zona de sección normal se emplea cimbra deslizando para el colado de muros y bóveda tal como ya se ha descrito anteriormente en casa de máquinas..



**Figura 58. Cimbra deslizando en los concretos en zona del canal de descarga.**

### II.3.3.5.3 **Cubeta deflectora**

Por último se realiza el colado de la estructura deflectora, en la cual después de colocado el acero de refuerzo, se emplea cimbra convencional en el número de secciones que se determinen en el campo, con el fin de manejar los volúmenes de concreto en forma ordenada. La colocación del concreto es a tiro directo y bombeado.

### II.3.3.6 **Obras de contención**

Las obras de contención tienen la función de contener y embalsar el agua de la presa para la generación de energía eléctrica. Sus principales componentes son: presa y pantalla de inyecciones. Para facilitar la descripción de la construcción, a continuación se dividen las obras en: cortina, plinto y cara de concreto.

#### II.3.3.6.1 **Cortina**

Esta estructura es la que proporciona la estabilidad necesaria para contener y embalsar el agua, consta de un pedraplén de materiales graduados provenientes de los bancos de aluviones de la tabla 2 (material 3B), de las excavaciones de las obras (material T) y de la trituración de roca de los bancos de la tabla 4 (material 4C), con las cantidades descritas en la tabla 17.

**Tabla 17. Materiales para la construcción de la cortina.**

<b>Material</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
1B Material sobre cara de concreto	406 812
2 Apoyo de la cara de concreto	336 019
2F Filtro de protección de junta perimetral	4 923
3B Aluvión en cuerpo de cortina	3 746 121
T Transición	4 010 827
3C Enrocamiento compactado	3 498 725
4 Enrocamiento de protección	166 236
Relleno en cajón de corona	8 280
<b>Total</b>	<b>12 177 943</b>

La corona de la cortina está diseñada a la elevación 579 msnm, con una longitud de corona de 571 m y una altura de 210 m. La figura 59 muestra en planta la disposición de esta estructura.

La distribución de estos materiales se muestra en la figura 60.

Antes de colocar los materiales primeramente se limpia el cauce del río en esa zona. En la colocación se debe de observar lo que marca el proyecto en cuanto a las características de los materiales, tales como granulometría y

contenido de finos. En la compactación se debe cumplir con el procedimiento especificado en lo referente al tipo de equipo de compactación, número de pasadas, secuencia de colocación de materiales en la frontera de ellos, desnivel máximo autorizado entre un material y el adyacente, taludes de colocación, taludes definitivos, y en general con la geometría indicada en el proyecto.

El terraplén se construye en varias etapas con la finalidad de dar condiciones para el colado de la cara de concreto.

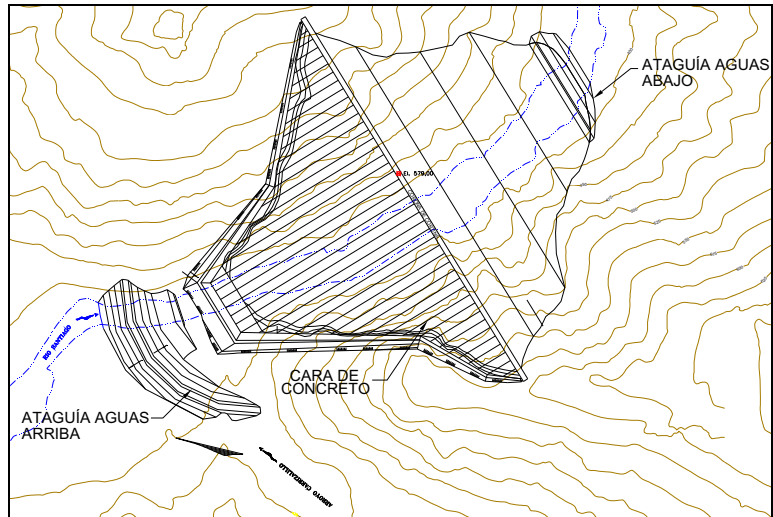


Figura 59. Planta de la cortina de enrocamiento con cara de concreto.

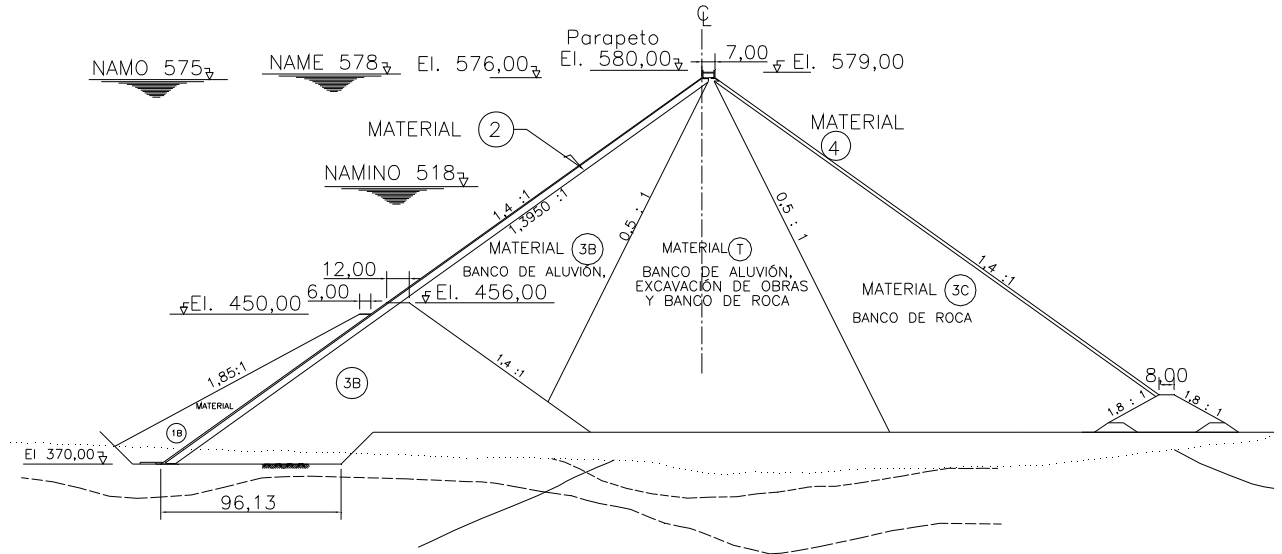


Figura 60. Sección transversal de la cortina.

### II.3.3.6.2 Plinto

Es una estructura de concreto armado, anclada a la roca con una longitud de 1 000 m, y tiene como finalidad dar apoyo a la cara de concreto y servir como plataforma para la inyección de la masa de roca subyacente y así formar la continuación del plano de estanqueidad en esa zona.

La unión plinto-cara de concreto se logra con una junta perimetral de cobre.

En la figura 61 se muestra el arreglo que tiene esta estructura.

#### Cara de concreto

Es una estructura de concreto armado, de espesor variable, apoyada en el plinto y en la cortina, tiene un área aproximada de 110 000 m<sup>2</sup> y un volumen de concreto de 63 030 m<sup>3</sup>. Por su magnitud se cuela por etapas, en tramos de 15 m de ancho, la continuidad se logra por medio de juntas de construcción de cobre y PVC.

La figura 61, también presenta el arreglo de esta estructura.

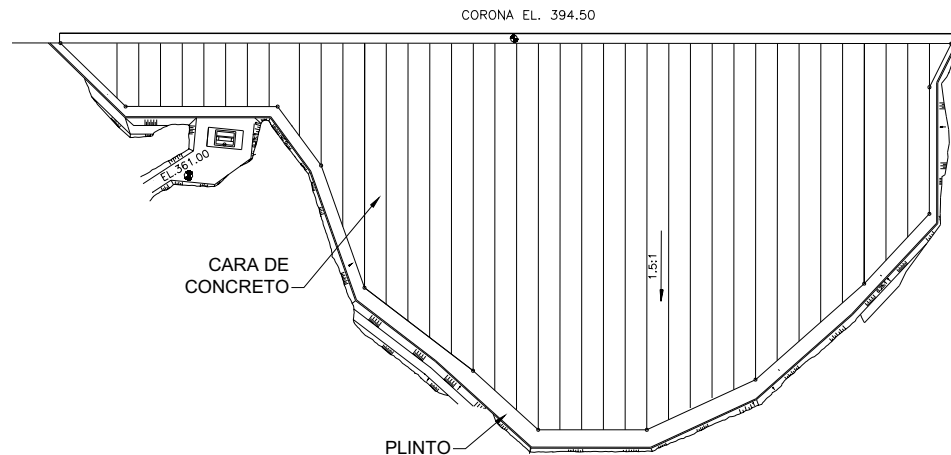


Figura 61. Vista frontal del plinto y de la cara de concreto de la cortina de un proyecto similar.

#### Construcción

Una vez desviado el Río Santiago de la zona de desplantes de la presa (recinto) por medio de las ataguías y los túneles, se procede a efectuar las siguientes actividades principales:



**Figura 62. Proceso de construcción del cárcamo de bombeo y limpieza del recinto de la cortina con retroexcavadoras.**

### **Colocación de materiales en la cortina**

Una vez extraídos y procesados los materiales de enrocamiento necesarios para la construcción de la cortina, se acarrean al sitio de su colocación, extendiéndose y compactándose en las capas, espesores y número de pasadas. El proceso de construcción de la cortina se observa en la figura 69.



**Figura 63. Formación de terraplenes en la cortina. Nótese el proceso de construcción de la cara de concreto de forma simultánea.**



### **II.3.3.6.3 Construcción de la cara de concreto**

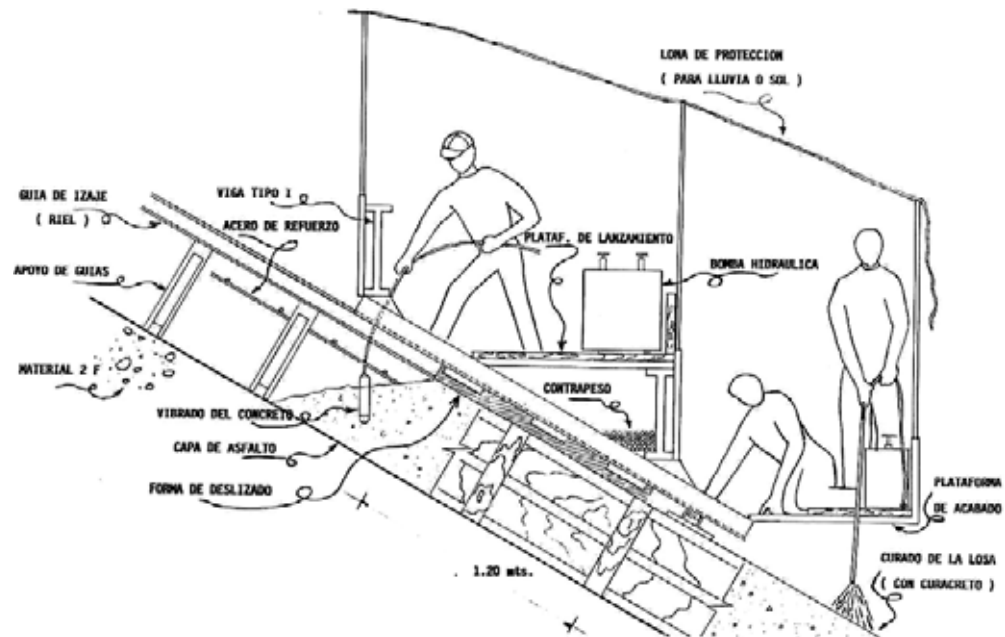
El colado de la cara de concreto se realiza utilizando una cimbra deslizante en secciones de 15 m de ancho. La velocidad de la cimbra es del orden de 3 m por hora. Esta cimbra va montada sobre rieles y funciona utilizando gatos hidráulicos y castañas, las cuales permiten el movimiento de la cimbra con los gatos hidráulicos y sujetan la cimbra cuando se retraen dichos gatos. Las figuras 65 y 66 ilustran el proceso de construcción de esta estructura.



**Figura 64. Proceso de construcción de la losa perimetral del plinto. Nótese la colocación del acero de refuerzo en ambas márgenes.**



**Figura 65. Proceso de construcción de la cara de concreto con uso de cimbras deslizantes, ollas revolvedoras para el suministro del concreto y canales para el llenado de la cimbra.**



**Figura 66. Cimbra deslizante utilizada en la construcción de la cara de concreto.**

Junta perimetral tipo 1.- Se localiza entre el plinto y la cara de concreto (figura 67). El diseño de la junta es el resultado del análisis del comportamiento de estructuras similares y de ensayos efectuados en laboratorio, la componen: un sello de cobre, una banda de PVC, un sello PVC y un material fino que puede ser ceniza volante (producto de la combustión de carbón).

Juntas verticales.- Se localizan en cada una de las losas de 15 m de ancho. Las juntas tipo 2 y 3 son las centrales o de compresión (figura 68), localizadas en la parte media de la losa, con un sello de cobre inferior. La junta tipo 4 se denomina lateral o de tensión (figura 69), se localiza próxima a los estribos, con un sello de cobre y PVC con ceniza volante.

La junta tipo 5 o de transición se localiza entre las laterales y las centrales, contiene un sello de cobre y ceniza volante. La junta tipo 6 es para absorber las dilataciones térmicas de la cara de concreto durante el período previo al llenado del embalse y tiene una pequeña separación rellena con madera entre las losas. Las juntas tipo 7 y 10 se denominan horizontales o de conexión (figura 76).



**Figura 67. Junta perimetral tipo 1 entre el plinto y la cara de concreto, constituida por madera de encino y roble, y banda de PVC de 0,30 m.**



**Figura 68. Junta vertical tipo 3 central en la cara de concreto de la cortina. Nótese la plantilla para el asiento de los sellos de cobre y PVC.**



**Figura 69. Junta vertical tipo 4 lateral de la cara de concreto de la cortina. Nótese la protección con PVC moldeados al sello de cobre para proteger la junta durante el tráfico de armados y cimbrado de la losa adyacente.**



**Figura 70. Junta tipo 10 en la cara de concreto. Se aprecia el dispositivo de unión del cobre y PVC.**

El equipo que se emplea para la construcción de la cara de concreto es el siguiente: planta de concreto, ollas revolventoras, motobombas de concreto, cimbra deslizante y equipo complementario, como vibradores, canalones, máquinas soldadoras, equipo de oxicorte, y otros.

#### **II.3.3.6.4 Montaje del equipo electromecánico**

A continuación se describen en forma breve las actividades del montaje de los equipos electromecánicos del PH La Yesca, los cuales se listan enseguida:

- Compuertas de cierre provisional y cierre final para los túneles de desvío
- Compuertas radiales para la obra de excedencias
- Compuerta tipo vagón para la obra de toma
- Compuertas tipo tablero para la galería de oscilación
- Grúas viajeras de casa de máquinas
- Turbogeneradores
- Subestación encapsulada aislada en SF6

#### **Compuertas de cierre provisional y cierre final para los túneles de desvío**

En el portal de entrada de los túneles de desvío se instalan obturadores tipo tablero de dimensiones 14,00 x 14,00 m, para una carga hidráulica de 65 m. La finalidad de instalar estos obturadores es la de tener condiciones de control para un cierre provisional y poder efectuar revisiones y mantenimientos en cualquiera de los túneles. Asimismo, una vez terminada la construcción de las diferentes estructuras de control, estar en condiciones de obturar cada uno de los túneles y construir los tapones del concreto de cierre definitivo.

En el túnel N° 2 del desvío se construye una lumbrera ubicada aproximadamente a un tercio de la longitud del túnel, con el objeto de instalar en ella una compuerta denominada de cierre final de 7,00 x 13,00 m (figura 71). Tanto esta compuerta como un obturador H=38, fueron utilizados en la CH Aguamilpa y se encuentran actualmente en los almacenes de CFE.



**Figura 71. Proceso de armado en sitio de la compuerta de cierre final.**

El montaje consiste en instalar la estructura de maniobras con sus mecanismos y polipastos de izaje perfectamente anclados al piso y alineados al eje de la ranura de la lumbrera, actividad que se realiza con apoyo de grúas autopropulsadas. Cada sección del obturador o de la compuerta se posiciona sobre vigas denominadas “camellos” con el objeto de ensamblar el inmediato superior a través de tornillería de acero inoxidable y verificar que el sello tipo “nota musical” quede debidamente colocado sobre la superficie de sello.

La figura 72 muestra el proceso de deslizamiento de la compuerta de cierre final.



**Figura 72. Deslizamiento de la compuerta de cierre final.**

### **Compuertas radiales para la obra de excedencias**

La obra de excedencia es del tipo cresta, controlada con seis compuertas radiales de 12,50 m de ancho y 20 m de altura.

Las compuertas son suministradas en secciones previamente presentadas en fábrica para facilitar el ensamble en obra. Estas compuertas, con apoyo de grúas autopropulsadas, se montan una a una dentro de su vano correspondiente (figura 73). El montaje consiste en presentar cada una de las secciones, alineándolas con respecto a las guías radiales y haciendo coincidir los cartabones entre secciones y aplicar soldadura en la unión de cada sección usando máquinas soldadoras tipo SAF 600 de 480 VCA.



**Figura 73. Montaje de las compuertas radiales.**

El sistema de izaje se hace a través de los servomotores hidráulicos acoplados a las compuertas, y accionados por medio de centrales oleodinámicas desde una caseta local ubicada en el sitio del vertedor (figura 74).



**Figura 74. Proceso de montaje de los servomotores.**



### **Compuertas tipo vagón para la obra de toma**

La toma se inicia en un canal excavado a cielo abierto. El ingreso del flujo a la conducción forzada se realiza a través de dos bocatomas protegidas por rejillas metálicas y controladas con dos compuertas tipo vagón, de sección rectangular.

Las estructuras de rejillas se colocan sobre una rampa inclinada 26,5° con respecto a la horizontal, rematada en una estructura de apoyo para el puente de maniobras. La conducción a presión la forman dos tuberías de acero de 7,50 m de diámetro y 194,00 m de longitud cada una.

La estructura de obra de toma consiste en una rampa inclinada 26,5°, con dos ranuras por vano, una donde se alojan las compuertas de servicio y una más para la compuerta auxiliar o de mantenimiento. En cada ranura se instalan elementos metálicos denominados partes fijas de primeros y segundos colados; estos últimos son pistas de deslizamiento fabricadas con acero inoxidable y sirven como guía y apoyo para las compuertas (figura 75).

Sobre el puente de maniobras se instalan dos servomotores hidráulicos, los cuales se conectan a través de vástagos a las compuertas de servicio. Estos servomotores son accionados por centrales oleodinámicas de operación remota y local. Asimismo, se instala una grúa pórtico de traslación sobre rieles a todo lo largo del puente de maniobras, con la finalidad de poder accionar la compuerta auxiliar desde la cámara de mantenimiento hasta los vanos auxiliares, y a su vez la compuerta de servicio y vástagos a la cámara de mantenimiento (figura 76).



**Figura 75. Proceso de montaje de compuerta de servicio sobre viguetas móviles.**



**Figura 76. Izaje de compuerta auxiliar con apoyo de grúa pórtico.**

### **Compuertas tipo tablero para los pozos de oscilación**

Se instalan rieles a todo lo largo del puente de maniobras de la galería de oscilación para posicionar sobre ellos una grúa pórtico para el manejo de las compuertas (figura 83), las cuales normalmente están en posición abierta durante la operación y paro de los turbogeneradores, quedando apoyadas sobre vigas tipo camello sobre el puente de maniobras.



**Figura 77. Montaje del carro de la grúa pórtico sobre travesaños.**

La función de estas compuertas (figura 78) es obturar los vanos de descarga del tubo de aspiración cuando sea necesario vaciar el agua contenida en la tubería a presión, carcasa espiral y el propio tubo de aspiración durante un mantenimiento o revisión de la turbina.



**Figura 78. Compuertas en galería de oscilación.**

### **Grúas viajeras de la casa de máquinas**

Las grúas viajeras de casa de máquinas son equipos de instalación permanente en un proyecto hidroeléctrico y sirven para el montaje, retiro y mantenimiento de los turbogeneradores y equipo electromecánico. Las grúas se montan una vez que la obra civil permita el acceso a la casa de máquinas, se tenga regularizado y colado el piso de la playa de montaje y se hayan concluido los colados de las traveses de carril, por lo menos en esa zona.

La figura 85 muestra el proceso de la grúa viajera para el montaje del equipo electromecánico en la casa de máquinas.



**Figura 79. Montaje de flecha en una unidad de casa de máquinas, con apoyo de la grúa viajera.**

### **Turbogeneradores**

Los turbogeneradores se instalan en la casa de máquinas. Los componentes principales de un turbogenerador son:

- Tubo de aspiración y conos
- Antedistribuidor y carcasa espiral
- Turbina
- Generador
- Sistema de agua de enfriamiento
- Sistema contra incendio
- Tableros de control, protección, medición y fuerza
- Banco de baterías y cargadores

El montaje de esta estructura consiste en actividades de pailería para conformar una serie de placas soldadas entre sí y formar un codo abocinado por donde se descarga el agua que pasa por la turbina. Una vez terminado el montaje del tubo de aspiración y se hayan realizado pruebas de ensayos no destructivos a las soldaduras para confirmar el buen estado de ésta, se realiza el embebido en concreto del componente (figuras 80 y 81).



**Figura 80. Vista superior del tubo de aspiración.**



**Figura 81. Vista de los conos superior e inferior del tubo de aspiración.**

El montaje del antedistribuidor consiste en acoplar las dos secciones mecánicamente a través de tornillería de acero inoxidable y soldadura de sello en la parte de acoplamiento, posicionar el elemento sobre sus bases a la elevación de diseño, alinearlos y centrarlos al eje de la turbina y atornillarlos firmemente a las anclas (figura 82).



**Figura 82. Montaje del antedistribuidor en su sitio en una de las unidades de casa de máquinas.**

La carcasa espiral está compuesta de una serie de virolas o secciones de placa rolada, por lo que la actividad consiste en la pailería para conformarlas al antedistribuidor, debiendo aplicar un procedimiento de soldadura para unir entre sí las virolas. Una vez terminado este proceso se confirma el estado de la soldadura a través de ensayos no destructivos, tales como rayos X, ultrasonido, u otros (figura 83).



**Figura 83. Vista general de casa de máquinas, obsérvese el tubo de aspiración en una unidad.**

Se realiza una prueba hidrostática a la carcasa espiral; 1,5 veces a la presión de diseño, para lo cual se instalan un tapón cónico soldado a la entrada de la carcasa y uno cilíndrico atornillado dentro del antedistribuidor.

Las turbinas son dos; tipo Francis de eje vertical, de 375 MW cada una, con un gasto de diseño de 230 m<sup>3</sup>/s. Operarán con un factor de planta de 0,19 y una generación media anual de 1 210 GWh (figura 84).



**Figura 84. Colocación de la tapa de la turbina, la flecha de la turbina y la colocación de los cojinetes superiores de los álabes móviles.**

Los componentes principales de las turbinas son:

- Escudo inferior
- Álabes móviles
- Rodete
- Flecha
- Escudo superior
- Servomotores y mecanismos de regulación
- Chumacera de carga y guía
- Regulador de velocidad
- Sistema oleodinámico
- Sistemas de aire comprimido
- Tuberías
- Instrumentación

El montaje consiste en realizar un mantenimiento (limpieza) a las caras maquinadas de los componentes de la turbina, cuidando que queden libres de grasa protectora, polvo y golpes.

Las figuras 85, 86 y 87 muestran algunos aspectos generales del proceso de montaje de los generadores en casa de máquinas.



**Figura 85. Colocación del segundo sector del estator dentro del foso.**



**Figura 86. Colocación del rotor dentro del foso.**





**Figura 87. Vista panorámica de casa de máquinas donde se muestran las posiciones de los generadores de potencia.**

### **Armado del rotor**

Previo al armado del rotor deben instalarse placas ancladas y niveladas durante los colados masivos y de regulación de playa de montaje, de acuerdo a la disposición para posicionar el cubo y brazos del rotor.

El armado consiste en posicionar y nivelar el cubo del rotor sobre las bases previamente colocadas para este fin, colocar los brazos sobre el cubo haciendo coincidir las marcas de fábrica y en forma alternada, es decir, uno opuesto al otro para equilibrar los pesos, fijándolos al cubo a través de tornillería con el torque especificado.

### **Armado del estator**

Previo al armado del estator se debe tener definido el lugar en playa de montaje, marcado sobre el piso el diámetro exterior y la posición aguas arriba y aguas abajo de la carcasa, que las bases para recibir las secciones de la carcasa estén posicionadas de acuerdo con la superficie de apoyo de las mismas.

El armado del estator consiste en posicionar las secciones de la carcasa sobre sus bases previamente dispuestas para ello, deben quedar perfectamente niveladas y que las marcas de fábrica coincidan. Se verifica la horizontalidad de la carcasa y se determina el centro de los orificios para los barrotes guía.

### **Montaje**

El montaje del generador de potencia consiste en trasladar los componentes armados en la playa de montaje al foso del generador, para lo cual se usan los dispositivos de maniobra proporcionados por el fabricante.

Para el montaje del rotor se deben cumplir con algunas condiciones: haber montado sobre el cubo la flecha corta del generador, verificar el funcionamiento de las grúas viajeras acopladas, principalmente la sincronización de los ganchos principales, acoplar éstos al dispositivo de maniobra y tener todas las condiciones de seguridad dadas.

Terminado el montaje, debe realizarse una limpieza exhaustiva sobre y dentro del generador, dado que los riesgos que se corren durante las pruebas preoperativas y durante la primera excitación son muy grandes. De no cumplir con esto, se expone al generador a una falla por corto circuito.

La figura 88 muestra la conclusión del montaje de las unidades turbogeneradoras en el piso principal.



**Figura 88. Vista general de casa de máquinas.**

### **II.3.3.7 Subestación encapsulada aislada en SF6**

La subestación de 400 kV aislada en hexafluoruro de azufre (SF6) tiene gran importancia, ya que la energía eléctrica generada y transformada requiere de un arreglo de switcheo eléctrico para conectarla al Sistema Eléctrico Nacional.

La subestación de 400 kV es una serie de instalaciones de maniobra las cuales constan de componentes aislados por gas hexafluoruro de azufre y con blindaje metálico, diseñadas para operar con tensión de 400 kV. Estas instalaciones son de tipo interior, de construcción compacta monopolar, lo cual permite su montaje en espacios reducidos.

- Transformadores de tensión tipo inductivo
- Trampas de onda
- Estructura del marco de 400 kV

Las figuras 89 y 90 muestran las disposiciones generales de la subestación de 400 kV en SF6.



**Figura 89. Subestación de 400 kV en SF6, una vez concluido el montaje.**



**Figura 90. Disposición de los equipos exteriores de la subestación de 400 kV en SF6.**

<b>II</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.</b>	<b>2</b>
II.1	INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	2
II.1.1	NATURALEZA DEL PROYECTO	3
II.1.2	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	4
II.1.3	INVERSIÓN REQUERIDA	6
II.2	CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO	6
II.2.1	DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PRINCIPALES	7
II.2.2	DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES Y ASOCIADAS	12
II.2.3	UBICACIÓN DEL PROYECTO	17
II.3	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO POR CADA FASE CONSIDERADA DE DESARROLLO GENERAL	21
II.3.1	PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO	21
II.3.2	SELECCIÓN DEL SITIO	26

## II DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.

### II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La Yesca es del grupo de proyectos que para fines de generación hidroeléctrica, pretenden aprovechar en forma íntegra la cuenca del Río Santiago, entre ellos se encuentran, Santa Rosa, El Cajón y Aguamilpa, el segundo actualmente en construcción y el último ya construido, figura 1.

El proyecto contempla la construcción de una presa de 210 m de altura para regular los escurrimientos del Río Santiago y Bolaños mediante la formación de un vaso de almacenamiento que permitirá la generación hidroeléctrica en La Yesca, El Cajón y Aguamilpa. Este efecto conocido como generación en cascada en vasos ya construidos logra algunas ganancias de energía con respecto al trabajo como hidroeléctrica aislada.

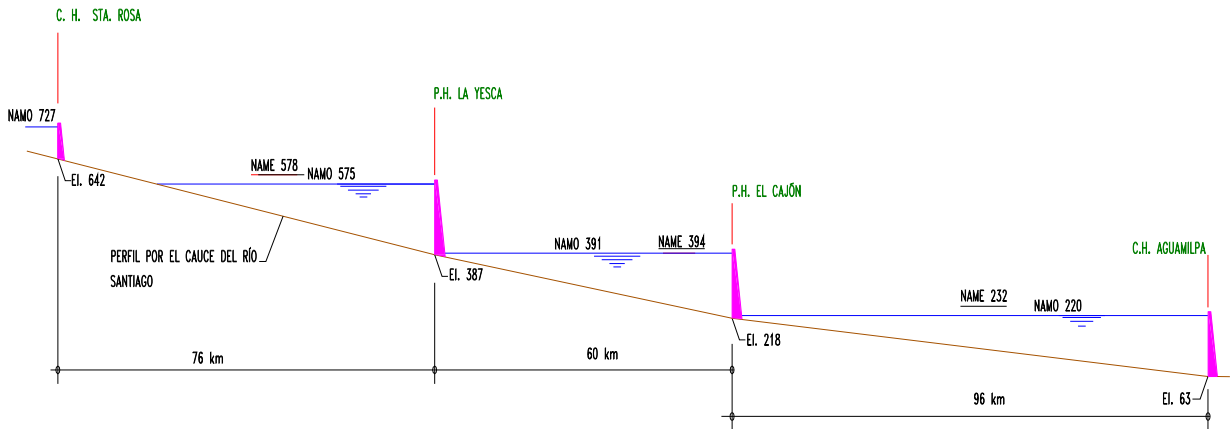


Figura 1. Perfil del Río Santiago entre Santa Rosa y Aguamilpa

Otra de las bondades de La Yesca, es que al tener similares características hidrológicas que El Cajón, los proyectos serían también muy similares. Situación que permite aprovechar la experiencia y la Ingeniería desarrollada en este último.

A pesar de la altura de la cortina, en su tipo la más alta del mundo, el PH La Yesca involucra mínimas afectaciones, la superficie inundable (área de embalse) asciende a 3 492 ha y los habitantes afectables suman 64. En el siguiente listado podemos observar la potencia instalada, superficie de embalse y habitantes afectados de algunas centrales hidroeléctricas comparativamente al PH La Yesca.

**Tabla 1. Potencia instalada, superficie de embalse y habitantes afectados de algunas centrales hidroeléctricas comparativamente al PH La Yesca.**

Proyecto o Central generadora	Potencia instalada (MW)	Superficie de Embalse (ha)	Población involucrada
Malpaso	1 080	30 000	3 500
Infiernillo	1 000	40 000	6 000
Aguamilpa	960	12 800	870
La Angostura	900	62 925	15 480
El Caracol	594	3 960	5 500
Peñitas	426	6 930	2 420
Huites	422	9 457	1 350
Temascal	354	64 250	22 000
Zimapán	292	2 290	2 500
El Novillo	135	11 400	10 000
El Cajón	750	4 100	210
La Yesca	750	3 492	64

Respecto a las políticas de crecimiento a futuro, esta obra se pretende instalar la totalidad de la capacidad proyectada para la central hidroeléctrica, por lo que no se contempla ningún plan de ampliación. La obra se proyectó de acuerdo con la disponibilidad de agua aprovechable del Río Santiago, considerando una disminución a futuro de su gasto previsto, debido a que parte del caudal de los Ríos Verde y Juchipila, afluentes del Río Santiago, se destinará para el abastecimiento de agua a las ciudades de León, Aguascalientes y Guadalajara, según planes de la Comisión Nacional del Agua.

### **II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO**

Consiste de un aprovechamiento hidroeléctrico convencional, donde la obra de contención o cortina permite almacenar agua y su energía potencial durante la temporada de lluvias para producir electricidad todo el año, mediante el paso de agua y su ahora energía cinética por la obra de generación. Se requieren superficies para la instalación de infraestructura, estructuras principales, reacomodo de rancherías y formación del embalse, por lo que paralelamente al estudio de impacto ambiental, se realizan actividades para obtener autorizaciones de cambio de uso de suelo de áreas forestales, uso del agua, aprovechamiento de materiales pétreos y ocupación y expropiación de tierras.

El PH La Yesca forma parte del sistema hidrológico del Río Santiago que comprende una serie de proyectos con un potencial hidroeléctrico de 4 300 MW, La Yesca ocupa el tercer lugar en potencia y generación dentro del sistema y está conceptualizado como planta de generación para picos de consumo de energía eléctrica, con una potencia total instalada de 750 MW con dos unidades generadoras para una generación total anual de 1 210 GWh.

Su embalse contribuirá a regular los escurrimientos de su cuenca y beneficiará a la central Aguamilpa y al proyecto El Cajón, que actualmente se construye, ya que al recibir su vaso las aportaciones reguladas del río, incrementará su generación firme y se reducirán las probabilidades de derrama por el vertedor.

## **II.1.2 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

### **II.1.2.1 Justificación**

En México, la planeación, diseño, construcción y operación de sistemas de generación de energía eléctrica, así como su transmisión y distribución, son atribuidas a la CFE, como organismo público descentralizado del Gobierno Federal. Esto con el objeto de producir energía eléctrica en cantidad suficiente para satisfacer la demanda de los usuarios y evitar que un déficit en la producción limite los planes nacionales de desarrollo. Tomando en cuenta lo anterior, CFE ha desarrollado un análisis profundo de diversas alternativas para satisfacer la demanda futura de energía eléctrica en el país. Una de estas alternativas es la construcción de una serie de plantas hidroeléctricas en el Río Santiago.

Es un hecho que la hidroelectricidad ha disminuido su participación en los años recientes como fuente de energía en nuestro país, aportando para el 2001 tan sólo el 26 % al funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional, lo que en 1981 correspondía al 37,6%. Algunas de las ventajas que presentan este tipo de centrales generadoras como el PH La Yesca son:

- Contribuir eficientemente para satisfacer la demanda de electricidad en las horas de mayor demanda (cuatro horas al día en promedio), dada su facilidad de entrar y salir de operación en tan solo unos pocos minutos, además, cubren eficientemente las fallas de centrales termoeléctricas, evitando interrupciones de energía en el sistema, lo cual provocaría grandes pérdidas económicas al país.
- Disminuyen sustancialmente los costos de operación del sistema eléctrico ya que no consumen combustibles fósiles, los cuales son la base para la operación de centrales térmicas.
- Tienen una participación muy destacada en la regulación del sistema eléctrico ya que pueden utilizarse como condensadores síncronos, regulando los efectos desfavorables del flujo de energía en las líneas de transmisión.
- Conceptualmente, representan grandes acumuladores al almacenar la energía potencial del agua mediante sus embalses; así se puede adecuar su operación a las necesidades diarias, semanales o mensuales para satisfacer las demandas de los diferentes usuarios.
- Evita que el sistema eléctrico dependa excesivamente de los hidrocarburos, utilizados por la mayoría de las centrales térmicas.
- La incorporación de la energía generada en esta central a las líneas de transmisión existentes en la zona requiere una baja inversión.
- Al regular las avenidas de los Ríos Bolaños y Santiago, su embalse beneficiará a la central Aguamilpa y al proyecto El Cajón que actualmente se construye, lo que incrementará su generación firme y se reducirán las probabilidades de derrama por el vertedor.



- La formación del embalse no requerirá grandes relocalizaciones de habitantes pues la población afectable sólo alcanza los 64 individuos, de los cuales 23 se encuentran dentro del área inundable y el resto cercanos al área propuesta para campamentos. Adicionalmente, en las 3 492 ha de superficie afectable (inundable y de ocupación de obras) no existen condiciones únicas o excepcionales y el ecosistema está representado dentro y fuera del embalse.

Respecto a la demanda actual e histórica de energía eléctrica, se observa que entre 1970 y 1996 la potencia instalada en nuestro país se incrementó en un 58,3%, correspondiendo este crecimiento a una tasa media anual de 6,2%, el incremento fue importante principalmente en la década de los años 70, cuando el crecimiento anual era por arriba de los 10 puntos, llegando inclusive a alcanzar tasas anuales de 15% o más.

Las expectativas de crecimiento del Sector Eléctrico continúan basadas en el desarrollo de plantas térmicas e hidroeléctricas, tratando de conservar la actual participación relativa entre ambas, En otros países del mundo, principalmente los grandes poseedores de recursos hidráulicos, como Suecia, Islandia, Brasil y Noruega, la hidroelectricidad constituye el principal componente del suministro eléctrico (Noruega 99,6%, Islandia 95%). En algunos países inclusive se ha aprovechado casi el total del potencial existente (Francia 85%, Alemania 68% e Italia 65%). En México este desarrollo ha sido mucho más reducido, solo se ha aprovechado del orden del 20% del potencial hidroeléctrico nacional.

En 1993 las hidroeléctricas representaban el 28% de la potencia instalada. Las centrales térmicas contribuían con el 72%, siendo las centrales que trabajaban a partir de hidrocarburos las más importantes, en 2004 la generación hidroeléctrica representó alrededor del 22%.

El proyecto aportará al sistema eléctrico nacional 750 MW de potencia y se producirán 1 210 millones de kWh anuales, en ese sentido es muy importante considerar las fuentes de generación del Sector Eléctrico Nacional, pues es imprescindible diversificarlas, ya que actualmente el 74% de la potencia instalada para la generación eléctrica del país es con base a derivados del petróleo, en este caso, sustituir la generación hidroeléctrica de los 1 210 millones de kWh del PH La Yesca, mediante otra fuente de generación de energía eléctrica como una central térmica, representaría el consumo de 2 063 000 barriles anuales de combustóleo.

Otros beneficios que acarreará el proyecto son entre los de mayor importancia la creación de más de 5 100 empleos directos e indirectos con la importante derrama económica en la región; el embalse podrá utilizarse como vía fluvial; el camino de acceso al proyecto sobre el Río Santiago permitirá la comunicación con la zona serrana del estado de Nayarit; además el embalse se adicionará a la regulación y control del Río Santiago, aumentando la generación firme en las centrales hidroeléctricas Aguamilpa y El Cajón.

### II.1.2.2 **Objetivos**

El desarrollo del PH La Yesca permitirá cumplir con:

- Atender la directriz en materia de energía establecida en el Plan Nacional de Desarrollo, que señala un aumento en las inversiones para generar electricidad a fin de satisfacer la demanda nacional, de manera que las actividades económica y social no se vean afectadas por limitaciones en la oferta.
- Apoyar la expansión del sector conforme se expresa en el Programa de Obras del Sector Eléctrico.
- Contribuir a la diversificación de las fuentes de generación de energía eléctrica en el país.
- Continuar con el aprovechamiento del potencial hidroeléctrico del Río Santiago desarrollando proyectos en forma de cascada que permitan regular el escurrimiento del río y la transformación de la energía potencial del agua almacenada en energía eléctrica.
- Obtener los beneficios del aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago con el menor impacto ambiental.
- Suministrar energía eléctrica al Sistema Eléctrico Nacional Interconectado para coadyuvar a satisfacer las crecientes demandas regional y nacional.
- Apoyar los planes y programas de desarrollo municipales y estatales.

### II.1.3 **INVERSIÓN REQUERIDA**

Inversión requerida para la construcción del PH La Yesca, Nay. (Precios a febrero de 2005).

**Tabla 2. Costos en millones de pesos.**

CONCEPTO	OBRA CIVIL	OBRA ELECTROMECAÁNICA	TOTAL
Infraestructura	547,55	- - -	547,55
Obra de desvío	453,39	107,30	560,69
Obra de contención	2 125,42	- - -	2 125,42
Obra de generación	883,55	1 632,60	2 516,15
Obra de excedencias	1 537,00	129,78	1 666,79
Afectaciones	144,09	- - -	144,09
Imprevistos (incluye administración)			595,30
Total del proyecto (millones de \$)			8 156,02

### II.2 **CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO**

Se trata de un proyecto conformado por distintas obras para generar electricidad. Las obras principales son: obras de infraestructura (camino, campamentos), obras de desvío del río (túneles y ataguías), obra de contención para contener el embalse (cortina), obras de excedencias para la derrama de agua en caso de avenidas extraordinarias (vertedor) y obras de generación de energía (obra de toma, casa de máquinas, desfogue y subestación eléctrica). Las obras principales están relacionadas entre sí tanto en la construcción como en la operación, durante la construcción se desarrollan vialidades o

caminos provisionales, así como la vialidad definitiva para la operación de la central hidroeléctrica.

### II.2.1 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PRINCIPALES

Al PH La Yesca lo integran las obras principales que se indican en la tabla siguiente; los planos de éstas obras principales y de la infraestructura se encuentran en el Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II.

**Tabla 3. Obras y actividades para la construcción del PH La Yesca.**

Nº	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
a)	Número de unidades	2 Turbinas tipo Francis vertical
b)	Capacidad por unidad	375 MW cada una
c)	Superficie de embalse	3 492 ha
d)	Capacidad del embalse	
	NAME	2 393 Mm <sup>3</sup>
	NAMO	2 293 Mm <sup>3</sup>
	NAMINO	901 Mm <sup>3</sup>
e)	Tipo de cortina	Enrocamiento con cara de concreto (ECC)
f)	Superficie para estructuras	
	Contención	18,0 ha
	Generación	3,5 ha
	Excedencias	7,5 ha
	Desvíos	3,5 ha
g)	Obra de generación	
	Obra de toma	En rampa y canal a cielo abierto con 0,353 Mm <sup>3</sup> de excavación.
	Tuberías a presión	2 de de 7,50 m de Ø con camisa metálica, longitud de 193,3 m y carga bruta de diseño de 180 m.
	Casa de máquinas	Subterránea de 22,2 x 48,3 x 95,0 m
	Subestación de potencia	Blindada con dispositivos SF <sub>6</sub> .
	Galería de oscilación	Subterránea de 15 m de ancho, 51 m de altura y 60 de longitud
h)	Obra de excedencias	3 túneles de sección arco recortado de 13x15 m y longitud total de 1 740 m; capacidad de descarga de 14 264 m <sup>3</sup> /s con 6 compuertas radiales de 13,50 x 20 m.
i)	Obra de desvío	
	Túneles de desvío	2 túneles de sección portal de 14 x 14 m y longitud total de 1 547 m; capacidad de descarga de 4 828 m <sup>3</sup> /s.
	Ataguías	De materiales graduados ambas, aguas arriba y aguas abajo.
j)	Desfogue	Túnel de sección portal de 13,8 x 13,8 m y 271 m de longitud.
k)	Nuevos poblados	Se tiene previsto un sitio para reacomodos, localizado en la misma superficie habitacional del plano de ocupación de obras.

La descripción detallada de estas obras es la que se indica a continuación. También en el plano 2 (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II), se muestra el arreglo de las estructuras principales que las integran.

### **II.2.1.1 Obra de desvío**

Consiste en la construcción de 2 túneles excavados en roca en la margen izquierda del río, la longitud aproximada de ambos túneles será de 1 547 m, con una sección portal de 14 m de ancho y 14 m de alto, se han diseñado con una capacidad para descargar un caudal de agua de 5 932 m<sup>3</sup> /s, cuando exista una avenida de 8 653 m<sup>3</sup> /s, avenida del río que corresponde a un periodo de retorno de 50 años.

Cada túnel debe contar en su portal de entrada con una compuerta deslizante para el control del flujo de agua, accionada por malacates estacionarios. La plantilla de entrada al túnel 1 debe ser inferior al del túnel 2, para realizar por el túnel 1 el cierre final del desvío e iniciar con éste, el llenado del embalse de la presa. Por esta razón también se debe instalar en el túnel 1 una compuerta para cierre final. La compuerta de cierre final se deslizará por medio de un malacate a través de una lumbrera vertical revestida de concreto. Dicho malacate será instalado en la superficie junto al marco que soportará la compuerta durante el cierre final.

Las obras de desvío se complementan con dos ataguías, que se deben diseñar y construir con materiales graduados. El núcleo impermeable de ambas ataguías (una a cada lado de la cortina) debe estar ligado a una pantalla impermeable construida sobre aluvión, hasta la roca sana del fondo del cauce del río para evitar filtraciones hacia la zona de construcción de la cortina.

Se debe garantizar la correcta construcción del núcleo impermeable y la pantalla impermeable, para tener las condiciones necesarias para el desplante de la cortina. Dichas condiciones consisten básicamente en tener seca la zona de desplante de la cortina, por lo que se deben construir las ataguías antes del periodo de lluvias para poder iniciar la construcción de la cortina y los tratamientos de la roca en su desplante. Ver planos 2 y 4 de 8 (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II)

### **II.2.1.2 Obra de contención**

Recibe este nombre porque es la obra que contiene el embalse (cortina), está integrada principalmente por la cortina, galerías de inspección, inyección y drenaje, y por una pantalla impermeable construida sobre el macizo rocoso donde se desplanta la cortina, basada en perforaciones e inyecciones de cemento - agua.

La cortina será de enrocamiento compactado con cara de concreto en el frente aguas arriba, tendrá una altura máxima de 210 m y un volumen aproximado de 12 650 000 Mm<sup>3</sup>.

La parte impermeable de la cortina se forma con una gran losa de concreto reforzado de 60 000 m<sup>3</sup> en su cara de aguas arriba. La cara de concreto se apoya sobre los materiales de la cortina y tiene su cimentación en las laderas de

desplante de la misma, mediante una losa de concreto construida sobre terreno firme a lo largo del perímetro de la cara de concreto. A esta losa de cimentación se le denomina plinto. Para la construcción de las losas de la cara de concreto de la cortina y el plinto, se aprovechará la experiencia obtenida en la construcción de las presas de la CH Aguamilpa y del PH El Cajón, ya que los diseños son muy similares.

En el diseño de la cortina se debe incluir la instalación de materiales y aparatos para instrumentación que permitan conocer el comportamiento de la estructura durante su construcción, durante el primer llenado del embalse y durante su vida útil. La instrumentación debe estar diseñada para conocer: niveles hidráulicos, puntos de presión, asentamientos, deformaciones, desplazamientos y filtraciones.

Para la cara de concreto de la cortina, cobra especial importancia el sistema de sellos y juntas de cobre que se deben colocar en todas las juntas de construcción, tanto de la cara de concreto como del plinto, debido a que estos dispositivos deben evitar filtraciones de agua sobre la presa. Para medir cualquier filtración que pudiera presentarse, se debe construir una galería filtrante al pie de la cortina en la zona aguas abajo, de tal manera diseñada, que por ella se capten todas las filtraciones que ocurran por el cuerpo de la presa, y medir el gasto de filtración en cualquier época del año.

Los niveles de control y capacidades del embalse se indican a continuación:

**Tabla 4. Elevación y capacidades del embalse del PH El Cajón.**

<b>Cota</b>	<b>Descripción</b>	<b>Elevación msnm</b>	<b>Capacidad m<sup>3</sup></b>
	Corona de la cortina	580	
NAME	Nivel de aguas máximas extraordinarias	578	2 393 000
NAMO	Nivel de aguas máximas de operación	575	2 293 000
NAMINO	Nivel de aguas mínimas de operación	518	901 000

El embalse tendrá una capacidad para regulación de avenidas de 100 000 m<sup>3</sup>. El volumen útil para generación será de 1 392 000 m<sup>3</sup>.

### **II.2.1.3 Obra de excedencias**

Consiste en tres túneles excavados en roca en la margen izquierda del río, diseñado para un gasto máximo de 15 915 m<sup>3</sup>/s, esta avenida está asociada a un periodo de retorno de 10 000 años y representa un volumen total de 5 238 000 m<sup>3</sup>. El vertedor tendrá una zona de control con 6 compuertas radiales de servicio 13,50 x 20 m para alcanzar el gasto de diseño. Las compuertas estarán accionadas por servomotores.

La zona de control tendrá además una compuerta deslizante compuesta por módulos iguales para formar un tablero que debe funcionar como compuerta auxiliar para efectuar trabajos de mantenimiento de las compuertas radiales. La compuerta auxiliar se deslizará sobre guías verticales y será accionada por una grúa tipo pórtico colocada sobre rieles a lo largo de la zona de control.

Dadas las características de operación del vertedor para casos de emergencia, en la zona de estructuras se va a incluir una planta generadora de energía eléctrica de emergencia de combustión interna cuya capacidad esta por determinarse. Por las velocidades altas que alcanza el agua en los túneles de descarga, éstos deben implementarse de aireadores en su piso, con el fin de evitar la presencia del fenómeno de cavitación por la inclusión de aire en el flujo.

Debido a la altura de desplante del vertedor en su punto de salida, el flujo de agua debe ser alejado de la ladera por medio de una estructura deflectora de concreto reforzado. Ver planos 2 y 5 de 8 (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II).

#### **II.2.1.4      *Obra de generación***

Es un conjunto de obras subterráneas y a cielo abierto para la generación de energía eléctrica, se ubican en la margen derecha del río. Descritas en el sentido del flujo de agua, son las siguientes:

**Obra de toma.** Consiste en un canal a cielo abierto excavado en roca en la margen derecha del río, el volumen de excavación de este canal se estima en 340 200 m<sup>3</sup>. Para la estabilización de las paredes del canal que tendrán alturas de 86 m, se va a colocar anclaje y concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada. Por la obra de toma se suministra agua a las dos turbinas mediante sus respectivas tuberías de presión, por lo cual, también la estructura de control incluye dos compuertas deslizantes de servicio; estas compuertas deben ser accionadas por servomotores. Adicionalmente se debe instalar una compuerta auxiliar, accionada con una grúa pórtico que le permita colocarse en cualquiera de las dos unidades, para efectuar las operaciones de mantenimiento a las compuertas de servicio.

En la toma de agua se deben colocar rejillas metálicas para impedir el paso de cuerpos extraños que puedan afectar el buen funcionamiento de las unidades tubogeneradoras. La obra de toma está diseñada para un gasto total de 460,8 m<sup>3</sup>/s, siendo 230,4 m<sup>3</sup>/s para cada turbina.

**Tuberías a presión.** A continuación de la obra de toma, se localizan las tuberías a presión, las cuales consisten en conductos circulares inclinados, excavados en roca, blindados con una camisa metálica, empacados con concreto y tratados mediante inyecciones de consolidación para mejorar las condiciones mecánicas de la roca alrededor de los mismos. También está previsto efectuar inyecciones de contacto concreto roca y concreto lámina, respectivamente. Las tuberías tienen un diámetro interior de 7,50 m para conducir el gasto indicado de 230,4 m<sup>3</sup>/s para cada unidad.

La construcción de las tuberías a presión implica los problemas más difíciles de la construcción del proyecto por tratarse de túneles verticales. En su procedimiento de excavación está previsto construir un túnel auxiliar de 300 m de largo, que comunicará la parte baja de las tuberías a presión, para extraer por este túnel el material producto de la excavación.

El túnel auxiliar parte del túnel de acceso a la casa de máquinas y comunica además la parte baja de la casa de máquinas, la parte baja de la galería de oscilación y el túnel de desfogue. Para todas estas estructuras, el túnel auxiliar representa una gran ayuda para evitar interferencias, extraer material de

excavaciones y como una vialidad indispensable para realizar las diversas actividades que demanda cada frente de trabajo.

**Casa de máquinas.** Se localiza a continuación de las 2 tuberías a presión, consiste en una caverna excavada en roca con dimensiones de 22,2 m de ancho, 95 m de largo y 48,3 m de alto. En ella se deben instalar dos turbogeneradores con una carga bruta de diseño de 180 m, para dar una potencia de 375 MW cada uno. Las turbinas deben ser tipo Francis de eje vertical. Se requiere su diseño para una generación total anual de 1 210 GWh, con un factor de operación de planta de 0,19.

A la casa de máquinas se ingresa desde el exterior mediante un túnel de acceso vehicular de 8 m de ancho por 8 m de altura, estas dimensiones están de acuerdo con las partes más grandes de los equipos que se van a instalar. La casa de máquinas debe contar con un sistema forzado de ventilación por medio de cuatro lumbreras verticales., adicionalmente se debe construir una lumbrera más para contener todos los cables de control, fuerza y medición.

En la casa de máquinas deben instalarse dos grúas viajeras con la capacidad conjunta para realizar el montaje y los servicios de mantenimiento de todos los equipos y sistemas auxiliares de los turbogeneradores. También se debe instalar una turbina auxiliar tipo Francis de eje horizontal, para suministro de energía eléctrica para los servicios propios de la planta en caso de emergencia.

**Subestaciones.** De la casa de máquinas, la energía se conduce a través de lumbreras verticales hasta la superficie, por medio de barras de cobre o buses de potencia a los transformadores que van a elevar el voltaje a 400 kV. La subestación debe ser del tipo blindado, con dispositivos en atmósfera de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y se alojará en un edificio construido en una plataforma donde se ubican los transformadores, casetas de ventilación y las subestaciones de servicios propios de la planta. A esta subestación que entrega la energía a una línea de transmisión en 400 kV, se le denomina "Subestación de potencia".

Además de la subestación de potencia, existe otra subestación en la misma plataforma ubicada a elevación 580 msnm, en esta subestación se transforma la energía de 115 a 13,8 kV para los servicios propios de la planta una vez que se pone en servicio.

**Galería de oscilación.** Las obras de generación se complementan además con una galería de oscilación excavada en roca. Esta galería de oscilación en planta es de forma rectangular, tiene 15 m de ancho, 60 m de largo y una altura de 51 m. El agua una vez turbinada, se conduce por medio de túneles de aspiración a la galería de oscilación donde pierde toda su energía. En la galería de oscilación se alojarán compuertas deslizantes movidas con una grúa viajera para poder aislar cualquiera de las unidades, cuando la otra esté en servicio. Con el uso de estas compuertas se pueden realizar los trabajos de inspección y mantenimiento de las partes bajas de las turbinas.

**Desfogue.** De la galería de oscilación, el agua se descarga al cauce natural del río mediante un túnel de desfogue de 271 m de largo y 13,8 m de sección portal. Ver planos 2 y 5 de 8 (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II).

## **II.2.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES Y ASOCIADAS**

### **II.2.2.1 Obras de infraestructura**

La infraestructura es indispensable para la operación de las obras del proyecto. Estas obras se refieren a las vialidades que comunican las obras principales del proyecto y a todas las edificaciones que se van a requerir para la operación comercial de la planta. Para integrar esta información se desarrolló el plano Superficies para Obras e Infraestructura (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II) en donde se pueden observar los polígonos, usos del suelo y superficies necesarias, que corresponden a los siguientes datos:

**Tabla 5. Polígonos en la superficie para obras e infraestructura.**

<b>Polígono No.</b>	<b>Uso del suelo</b>	<b>Superficie en ha</b>
1	Habitacional	45
2	Industrial	150
3	Almacén de desperdicios	3
4	Caminos	2

**Polígono 1 Habitacional.** Se localizarán casetas de vigilancia y de control para paso vehicular, almacén, campamento para la partida militar que realiza la vigilancia de este tipo de obras, oficinas, comedores y campamento. Dependiendo de la decisión de los habitantes afectados, esto es si deciden se realice su reacomodo en lugar de indemnización, las superficies requeridas para su relocalización será también en esta zona. Dicha superficie corresponde a la única zona plana cercana al proyecto, donde no se requiere la realización de terrazas, movimiento de tierra, maquinaria o desmonte, por otro lado en el área se han desarrollado actividades productivas y ha sido ocupada por viviendas, por lo que es notorio el deterioro de los recursos naturales.

**Polígono 2 Industrial.** Se ubicarán las obras para desarrollar el proyecto: obra de desvío, cortina, vertedor, casa de máquinas y subestación que será tipo encapsulada aislada en hexafluoruro de azufre (SF6). El resto de la superficie es requerida para caminos internos temporales y definitivos, así como talleres y subestación de servicios propios, estas últimas obras serán temporales.

**Polígono 3 Almacén de desperdicios.** Se requerirán 3 ha para almacenar material de rezaga y escombros, esta superficie será sometida a restauración ambiental.

Ocupación de superficies en Área de embalse. Superficies adicionales para obras de carácter temporal serán estratégicamente ubicadas dentro del área de embalse, talleres de montaje, almacenes de desperdicio, caminos temporales plantas procesadoras de materiales. Con este criterio se reducirán áreas de desmonte y restauración.

Se instalará una cerca perimetral con malla y sistemas de seguridad bordeando la superficie de obras e infraestructuras con objeto de dar protección tanto al proyecto como a pobladores y sus animales domésticos.



### **II.2.2.2 Vialidades internas**

Una adecuada vialidad para la construcción de un proyecto hidroeléctrico es fundamental para el eficaz desarrollo de las actividades de construcción, las cuales se llevan a cabo en varios frentes a la vez, de esto depende en gran parte el éxito en el cumplimiento del programa de construcción

En el caso del PH La Yesca, la vialidad para la construcción representa una gran importancia para la obra debido a lo accidentado del terreno donde se ubican las estructuras y la infraestructura necesaria para el desarrollo del proyecto, por lo cual se requiere de una adecuada planeación de la logística para contar con accesos oportunos a los diferentes frentes de trabajo que de acuerdo al programa deban atacarse.

Además de las especificaciones de construcción del proyecto, la CFE contará con planos de vialidades que serán aplicados por el contratista para que la construcción de caminos siga un plan bien trazado y se aprovechen al máximo los accesos como vialidades definitivas de la planta una vez que entre en operación.

Los planos de vialidades internas formarán parte de las especificaciones de construcción, su objetivo es precisar las rutas necesarias y adecuadas que, a la vez que se utilizarán durante la construcción, podrán ser aprovechadas parcialmente al final como vialidades definitivas, cuando la planta esté en operación. Los caminos provisionales entrarán en los polígonos de ocupación del suelo ya mencionados, así como dentro del embalse y tendrán las siguientes características:

- Longitud total: ..... 20 km
- Ancho de la corona: ..... 10 m
- Pendiente máxima: ..... 12,5%
- Grado máximo de curvatura: ..... 30°
- Velocidad de proyecto: ..... 35 km/h
- Bombeo en la calzada: ..... 2%
- Revestimiento: ..... terracería

La vialidad interna definitiva tendrá las siguientes características:

- Longitud total: ..... 23 km.
- Ancho de corona: ..... 9 m
- Pendiente máxima: ..... 8%
- Grado máximo de curvatura: ..... 30°
- Velocidad de proyecto: ..... 60 km/h
- Bombeo de la calzada: ..... 2%
- Revestimiento: ..... Asfalto

En los planos 2 y 7 de 8 (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II). se muestran los planos del camino de acceso actual a la zona de las obras y del camino que la CFE restituirá a los pobladores de La Yesca, y que servirán de base para que el contratista planee el trazo de las vialidades internas provisionales y definitivas.

### **II.2.2.3 Almacenes, bodegas, plantas procesadoras de materiales y talleres**

Estas instalaciones se localizarán principalmente en la margen izquierda y corresponden a la zona industrial y patio de almacenamiento de materiales. Las instalaciones provisionales se van a construir con perfiles metálicos estructurales techados y forrados algunos con lámina metálica galvanizada.

La disposición de las instalaciones provisionales se indica a continuación.

- La zona industrial que tiene un área de 13 ha, y en ella se van a instalar:
- 4 silos para cemento a granel. Cada uno con dimensiones de 15 m de altura y 10 m de diámetro y capacidad de 700 t.
- Una bodega para cemento en sacos, aditivos y bentonita con dimensiones de 15 x 35 m.
- 4 bodegas para materiales diversos con dimensiones de 15 x 70 m.
- 2 talleres techados para maquinaria pesada con dimensiones de 15 x 70 m.
- 1 taller para máquinas y herramientas y 1 taller para equipo de transporte, ambos en una nave con dimensiones de 15 x 70 m.
- 1 patio de maquinaria de 30 x 70 m.
- 2 plantas trituradoras y clasificadoras de roca con capacidad de 240 ton/h cada una.
- 1 planta dosificadora para fabricación de concreto con capacidad de 100 m<sup>3</sup>/h.
- 3 patios para almacenamiento de arena, grava 1 (< 1,9 cm) y grava 2 (< 5 cm), con dimensiones de 60 x 60 m cada uno.
- 1 planta productora de hielo.
- 1 planta productora de asfalto.
- 1 patio de almacén de residuos orgánicos
- El patio de almacenamiento que tiene un área de 17 ha, se van a instalar:
- 2 plantas trituradoras y clasificadoras de roca con capacidad de 240 ton/h cada una.
- 4 patios para almacenamiento de material 2 (< 7,62 cm), material 3B (< 40 cm), material 3C (< 80 cm) y material 4 (> 1 m), con dimensiones de 60 x 60 m cada uno.

### **II.2.2.4 Campamentos, dormitorios y comedores**

De acuerdo con el análisis de personal para la construcción del proyecto, se contempló un máximo de trabajadores de 5 100, de los cuales 4 910 corresponden a personal operativo y 190 a supervisión; de este personal se estima que el 70% estará acampamentado, lo cual da un aproximado de 3 600 personas; para esta cantidad se prevén instalaciones recuperables de multipanel construidas sobre losas de concreto simple. Estas instalaciones son:

- 30 casas móviles para ejecutivos con capacidad de 90 personas en total.
- 5 naves de dormitorios para personal técnico con capacidad para 250 personas en total.
- 40 naves para obreros, con capacidad para 80 personas cada nave.
- 2 comedores para ejecutivos y personal técnico con capacidad para 350 personas en total.
- 3 comedores para obreros con capacidad para 3 000 personas en total.

#### **II.2.2.5      *Instalaciones sanitarias***

De acuerdo con el ordenamiento territorial se prevén 3 sistemas de tratamiento de aguas residuales, por la ubicación de las instalaciones, un sistema se ubicará en la zona industrial, otro sistema se va a instalar en la zona de campamentos y comedores y uno más en la zona de oficinas. Para estos 3 sistemas de tratamiento, el Contratista ganador de la licitación debe presentar el proyecto ejecutivo, incluyendo ubicación de edificios, red de drenaje, sistema de colectores y colector principal, también debe incluir el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **II.2.2.6      *Como Proyectos Asociados se incluyen los Bancos de material***

Los bancos de materiales que se explotarán y son motivo de estudios ambientales específicos se indican a continuación:

**Tabla 6. Bancos de préstamo y desperdicio requeridos para la construcción.**

No	MATERIAL	NOMBRE	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	EXTRACCIÓN
1	Roca	El Carrizal Las Garzas El Manguito Excavaciones en zona de obras	4,19 5,02 5,03	1 055 652 1 226 923 2 189 987 4 000 000	Explosivos, tractor y cargador
2	Arcilla	La Haciendita	6,5	25 500	Tractor y cargador
3	Limo	Agua caliente 1 Agua caliente 2 La parcela	4,5 8,93 1,48	415 000	Tractor y cargador
4	Aluvión	1.Agua Caliente 2.El Tajo 3.El Volantín 4.Paso La Yesca 1 5.Paso La Yesca 2 6.La Canastilla 2 7.La Canastilla 1 8.El Charco la manta 9.El Toril 10.Paso La Yesca 3 11.Juanepanta 12.El Pango 13.Agua Caliente 2 16.La Haciendita 17.La Araña 18.La Lagunita 23.Arroyo La Higuera	2,02 0,84 4,83 2,18 1,77 2,00 7,04 5,78 2,14 3,76 1,38 2,77 3,19 14,47 0,95 3,45 0,91	141 400 58 800 338 100 152 600 123 900 140 000 492 800 404 600 149 800 263 200 96 600 193 900 223 300 1 012 900 66 500 241 500 63 700	Retroexcavadora, draga y cargador.  Se aprovechará todo el potencial de los bancos a no más de 8 km de distancia y con un espesor máximo de extracción de 7 m. En total suman 59.48 ha de superficie aprovechable localizadas dentro del embalse Vol. total estimado = 4'163 600 m <sup>3</sup> .
5	Desperdicio	Cañada del arroyo Carrizalillo en MD del Río Santiago	8,8	2,5 2,5 millones	Cargador. Se ubican en la zona del embalse, por debajo de la cota de inundación

### II.2.2.7 **Planta de tratamiento de aguas residuales**

Las aguas residuales de tipo municipal serán tratadas antes de descargarse a cuerpos superficiales y se solicitará a la Comisión Nacional del Agua que establezca las condiciones particulares de descarga. Para el tratamiento de este tipo de agua se construirá un conjunto de sistemas de tratamiento, los cuales se desarrollarán considerando las expectativas de crecimiento de la población.

Los sistemas consistirán de un tanque de sedimentación calculado para un tiempo mínimo de retención de 8 h. De éste el agua pasará a través de un lecho de raíces para oxidar la materia orgánica; las dimensiones del lecho serán calculadas de acuerdo con la metodología propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Para el diseño también se considerará que existirán dos tipos de drenajes en las instalaciones: uno captará el agua de las precipitaciones y la encauzará a los drenes naturales y otro recogerá el agua residual doméstica para conducirla a los sistemas de tratamiento.

Cabe señalar que las características generales que se anotan, corresponden a una propuesta de tratamiento al que, dada la modalidad de contratación, el licitante ganador definirá el sistema que finalmente adoptará y se le aceptará una vez que asegure el cumplimiento de la normativa NOM-001-SEMARNAT-1996.

### **II.2.2.8 Sitios para la disposición de residuos**

En las proximidades del proyecto no existen sitios para confinar desechos sólidos municipales. Por lo anterior, se tiene considerado construir un relleno sanitario para el confinamiento de los desechos sólidos municipales generados en el área de la obra y sus instalaciones. La selección del sitio, diseño, construcción y operación del relleno sanitario (proyecto asociado) se realizará conforme a lo estipulado en los proyectos de Normas Oficiales Mexicanas 083 y 084-SEMARNAT/94. La cantidad de residuos estimada para todo el período de la obra será de en 27 650 m<sup>3</sup> para una población pico de 5 000 trabajadores (ver inciso II.5.3.4).

## **II.2.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO**

### **II.2.3.1 Localización**

El sitio previsto para la construcción de las obras del proyecto se encuentra sobre el cauce principal del Río Santiago, a 6 km aguas abajo de la confluencia con el río Bolaños y a 62 km aguas arriba de la presa El Cajón, en los estados de Jalisco y Nayarit, ambos divididos por el Río Santiago, al noroeste de la ciudad de Guadalajara y de los poblados de Tequila y Magdalena, Jal. (ver plano de localización (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II).

El sitio de las obras se localiza en los municipios de Hostotipaquillo, Jalisco; y La Yesca, Nayarit; ambos divididos por el Río Santiago, en terrenos de particulares.

El proyecto se localiza a 109,5 km de la ciudad de Guadalajara; de ésta distancia, 60 km corresponden a la maxipista Guadalajara-Tepic, 15 km al tramo de la carretera federal No. 15 entre Magdalena y el entronque al poblado de Hostotipaquillo, 8 km al camino pavimentado que llega a ésta última población, 20 km a la terracería entre Hostotipaquillo y el caserío Mesa de Flores, los otros 6,5 km corresponden a una brecha que baja hasta el río.

Las localidades más cercanas al proyecto son los caseríos Mesa de Flores y Paso de La Yesca, a 6 y 8 km, respectivamente, así como el poblado de Hostotipaquillo a 27 km.

Las coordenadas geográficas del sitio del proyecto son 21° 11' 49" de latitud norte y 104° 06' 21" de longitud oeste.

En la figura 2 se muestra el croquis de localización del proyecto.

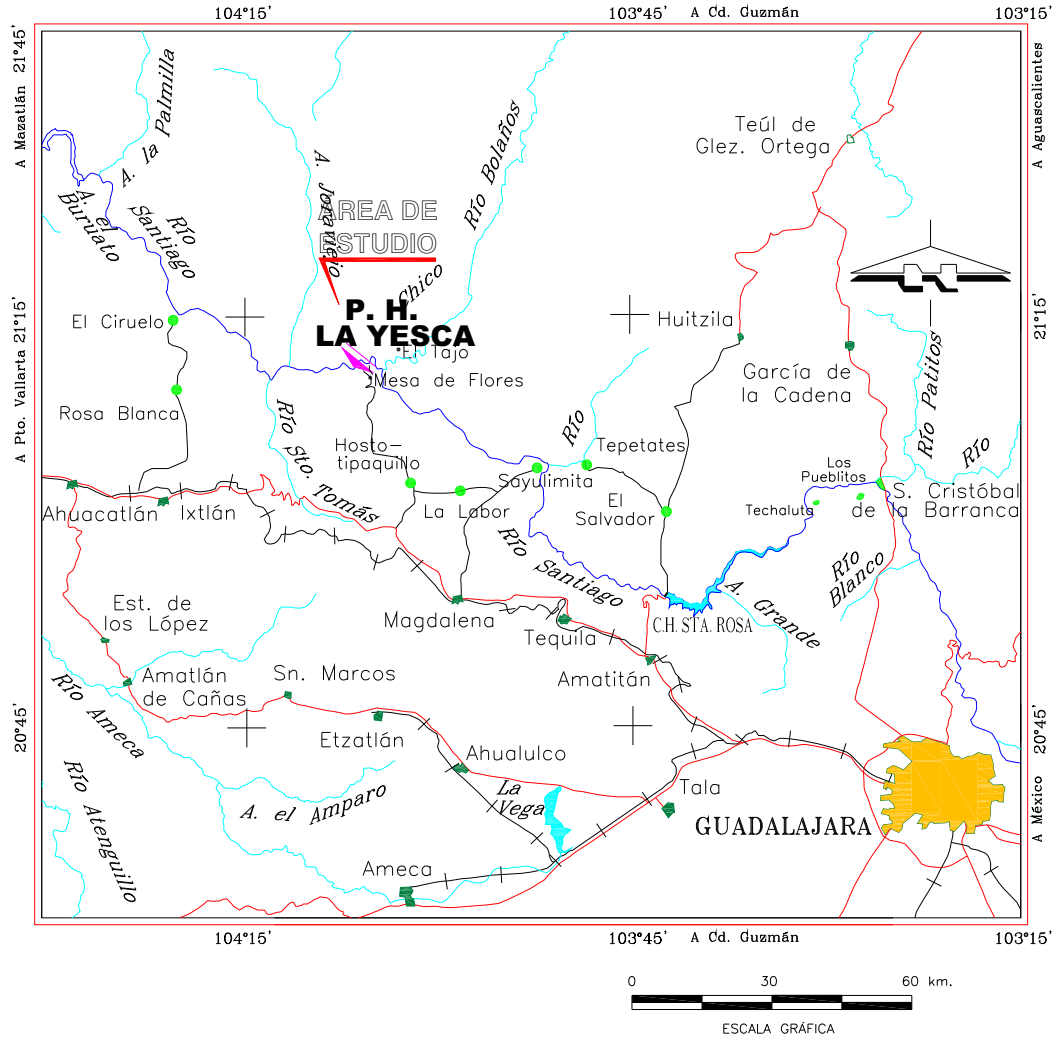


Figura 2. Croquis de localización del proyecto.

### II.2.3.2 Superficie total requerida

Para regular el desarrollo de la infraestructura se ha diseñado un plano con las superficies a ocupar por las obras e infraestructura temporal y definitiva. Este plano se estableció también con la finalidad de optimizar la utilización de los sistemas para el tratamiento de los residuos que se generen durante la obra y facilitar las acciones de rehabilitación ambiental que se desarrollarán al terminar la construcción. La superficie total requerida es la que se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Superficie total requerida.**

<b>Polígono No.</b>	<b>Uso del suelo</b>	<b>Superficie en ha</b>
1	Habitacional	45
2	Industrial	150
3	Almacén de desperdicios	3
4	Camino de acceso	2
Embalse	Zona del inundación	3 492
<b>Total</b>		<b>3 692</b>

En la siguiente tabla se muestra la superficie correspondiente a las áreas arboladas, no arboladas y libres de vegetación, requerida del total de la superficie a intervenir por el proyecto.

**Tabla 7. Superficie correspondiente a las áreas arboladas, no arboladas y libres de vegetación.**

	ha	%
Áreas sin vegetación	359,38	9,78
Cuerpos de agua	321,11	8,69
Áreas no arboladas	1 037,32	28,09
Áreas arboladas	1 974,19	53,41
<b>Total</b>	<b>3 692,00</b>	<b>100,00</b>

### **II.2.3.3 Vías de acceso al área donde se desarrollará la obra o actividad**

El acceso actual al sitio de las obras a partir del anillo periférico de la ciudad de Guadalajara, se logra mediante un recorrido total de 109,5 km, éste inicia por la carretera federal No. 15 o por la autopista Guadalajara - Tepic con un desarrollo de 60 km hasta la población de Magdalena y de ahí se recorre un tramo de 15 km por la misma carretera federal hasta el entronque con el camino pavimentado de 8 km que llega al poblado de Hostotipaquillo, Jal.; de este lugar se sigue por un camino rural de 20 km de terracerías hasta el caserío Mesa de Flores. Para bajar al río y llegar a la boquilla por la margen izquierda, se recorren otros 6,5 km de un camino tipo brecha de terracerías en malas condiciones de rodamiento.

Es importante mencionar que la terracería de Hostotipaquillo a La Yesca no tiene obras de drenaje, requiere de la construcción de puentes y corrección de por lo menos 3 tramos de brecha de difícil acceso con fuertes pendientes y cerradas curvas. El último tramo, Mesa de Flores – sitio de boquilla, presenta derrumbes y erosión, problemas que se incrementan en el períodos de lluvia y por la falta de mantenimiento de la brecha. Aunado a lo anterior, la brecha en general, no permite el tránsito de vehículos grandes o pesados por lo fuerte de sus pendientes, lo cerrado de sus curvas y lo angosto de su calzada.

#### II.2.3.4 Camino de acceso definitivo al sitio del proyecto

El trazo de camino definitivo será muy similar al de la actual terracería con una longitud de 23 km y se puede describir en tramos como sigue:

**Tabla 8. Tramos de caminos al sitio del proyecto.**

Del km	Al km	Descripción
0+000	20+000	Tramo: Hostotipaquillo – Mesa de Flores.  Consiste en la ampliación y pavimentación de la actual terracería que comunica a estos poblados con los de la parte alta del municipio de La Yesca. El acondicionamiento de éste tramo será mediante cortes, ampliaciones, obras de arte, puentes y construcción de terraplenes en un terreno con lomerío fuerte y montañoso.
20+000	23+100	Tramo: Mesa de Flores – vertedor del PH La Yesca.  Tramo de camino nuevo que baja con una pendiente más suave, que en sus primeros 2 km corre en forma paralela al existente y el último tramo se dirige a la elevación. 580 de la berma izquierda del piso de maniobras del vertedor.

Del camino de acceso definitivo hasta el sitio de la cortina del proyecto, existirá una derivación del mismo de 1 km hacia el empotramiento izquierdo de la cortina, pasando por una berma de la misma hacia la otra margen, por el talud y más abajo de la corona. El camino continuará por la margen derecha del río por la parte alta del cañón y rodeando la cota del embalse hasta conectarse con el camino existente que comunica al poblado de La Yesca, en un desarrollo de 15 km aproximadamente.

#### II.2.3.5 Descripción de servicios requeridos y ofrecidos

Para la construcción del proyecto es necesaria la construcción de 4 obras importantes de infraestructura:

**Línea de transmisión.** Esta línea se construirá para satisfacer la demanda de energía eléctrica que se requerirá durante la etapa de construcción del proyecto y para alimentar los servicios auxiliares de la central durante la etapa de operación. Está diseñada para transmitir la energía en 115 kV, en dos circuitos, con una longitud de 32 km, cable conductor 477 CSR y montada sobre torres de acero. Esta línea se identifica con el nombre de “L.T. La Yesca – TAP – Ahuacatlán – Tepic 1”, por su conexión a la línea existente que conduce la energía a las subestaciones ubicadas en las poblaciones del mismo nombre.

**Subestación de transformación.** Esta subestación se construirá para el abastecimiento de electricidad durante la etapa de construcción. Consiste en el montaje de 2 transformadores de 19 MVA, para transformar la corriente eléctrica de 115 kV a 13,8 kV.



**Camino de acceso.** Fundamental para la construcción del proyecto, su descripción se hace en el inciso **II.2.3.2** de este documento.

**Telecomunicaciones.** Como parte de la infraestructura y dotación de servicios básicos para el adecuado desempeño del proyecto, en sus etapas de construcción y operación, se va a instalar la infraestructura necesaria para comunicación al sitio del proyecto por radio vía VHF. También se va a contar con comunicación vía microondas para telefonía, telemática e Internet.

Para la operación de la central hidroeléctrica una vez construido el proyecto, está previsto construir una línea de transmisión de 400 kV para conducir la energía eléctrica y conectarla a la actual línea de transmisión en servicio denominada Tepic II – Tesistán, su gestión presupuestal, social y ambiental se realizará previamente a la puesta en servicio de la central, la cual está programada preliminarmente para el año 2011.

En el sitio del proyecto se van a construir obras de apoyo que requieren de servicios tales como: agua potable, energía eléctrica, drenaje, manejo de residuos y accesos. Estas obras son de carácter temporal y se describen en el inciso **II.2.2.** de este documento.

### **II.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO POR CADA FASE CONSIDERADA DE DESARROLLO GENERAL**

#### **II.3.1 PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO**

En la figura 3 se presenta el programa general de construcción. En el programa se consideran las actividades previas a la construcción del proyecto y se incluyen las actividades principales del mismo. Para la construcción de las obras principales se consideran 52 meses, a partir de enero del 2007<sup>1</sup>.

Las fechas claves del programa son las siguientes:

---

<sup>1</sup> En el primer semestre del 2006 se pretende iniciar la construcción de la primera etapa del camino de acceso y algunas obras de infraestructura del proyecto principal.  
*Manifestación de Impacto Ambiental P. H. La Yesca*

- Inicio de las obras. 01 enero 2007.
- Desvío del río. 28 noviembre 2007.
- Inicio del montaje electromecánico. 01 octubre 2008.
- Cierre final de la presa. 01 julio 2010.
- Operación comercial de la unidad 1. 01 noviembre 2010.
- Operación comercial de la unidad 2. 01 febrero 2011.

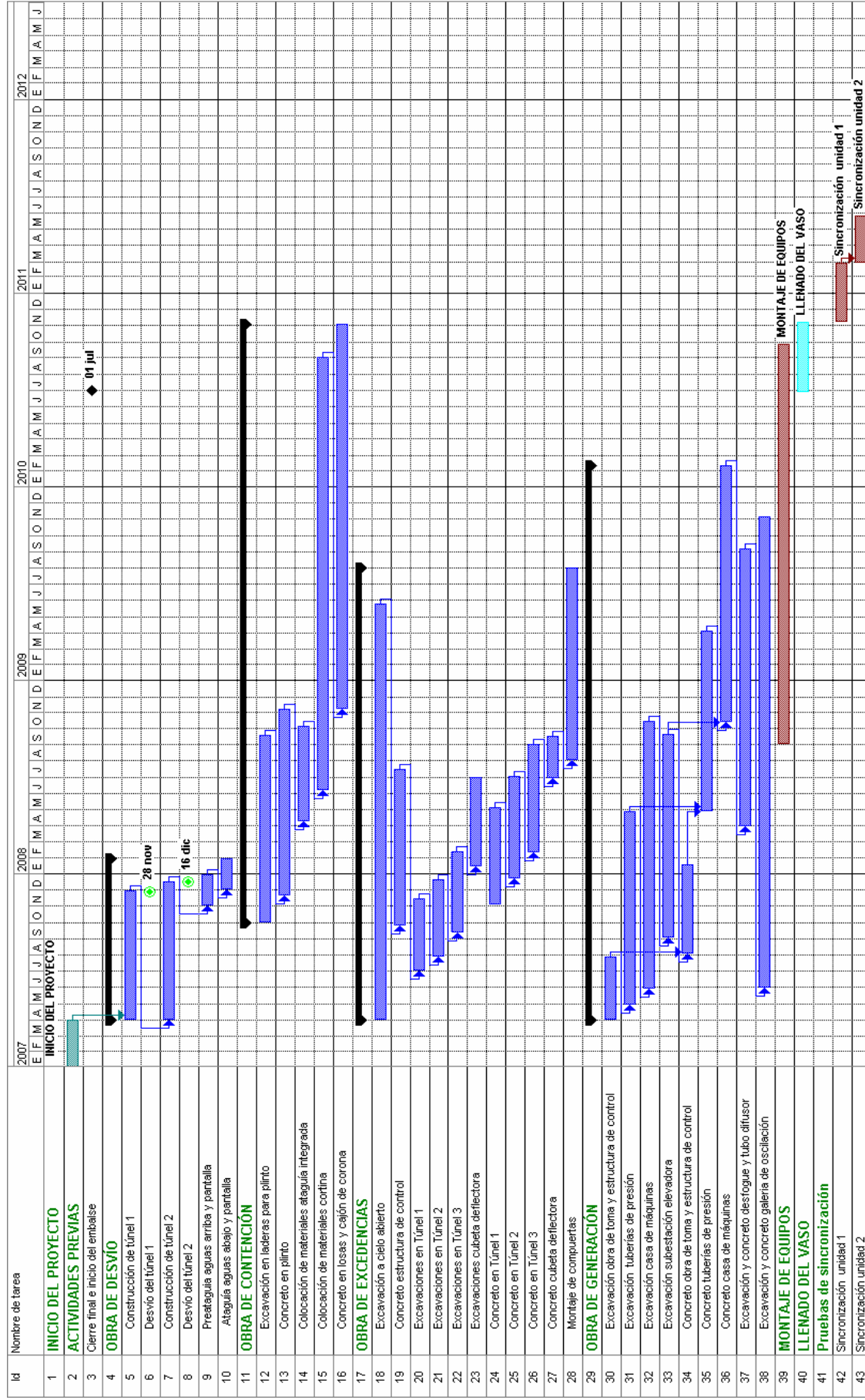


Figura 3. Programa general de construcción.

A continuación se hace una breve descripción de cada actividad del programa general de construcción.

### **Actividades previas.**

Son las actividades que se realizan antes del inicio de la construcción del proyecto, incluye los estudios iniciados desde 1961 como estudios de prefactibilidad, factibilidad y de preconstrucción, los cuales se realizaron en diferentes campañas y se describen en el inciso **II.3.2.1** de este documento. Los estudios sociales y ambientales consisten en realizar todos los estudios que demanda la elaboración de la manifestación de impacto ambiental, el estudio técnico justificativo para cambio de utilización de terrenos forestales, los estudios para utilización de bancos de materiales y la integración de expedientes para indemnización de bienes afectados por la construcción de las obras del proyecto. Estos estudios se realizarán en dos etapas, la primera durante el 2004 y la segunda de 2005 a 2006.

Para la realización de los estudios antes mencionados se tuvieron que efectuar en algunas ocasiones la rehabilitación de brechas previamente construida para el acceso al sitio del proyecto.

### **Indemnizaciones y reacomodo de poblados.**

Una vez iniciada la construcción del proyecto y contando con presupuesto para inversión debidamente autorizado, se procederá con los trámites para indemnización de los bienes afectados, tomando en cuenta que previamente se han hecho los censos e integrado los expedientes respectivos. En paralelo se llevarán a cabo los estudios, proyectos, convenios y acciones para el reacomodo de habitantes afectados. El período de ejecución de estas actividades está programado del inicio de las obras hasta el cierre final de la presa.

### **Obras de Infraestructura.**

Incluye la construcción del camino de acceso, las obras temporales que el contratista requiere para la construcción del proyecto y las edificaciones para la operación de la planta una vez que ésta se ponga en servicio. El período para ejecución de estas obras corresponde a los 2 primeros años del programa de construcción, con excepción de las edificaciones para la operación de la planta, las cuales se deben ejecutar a más tardar un año antes del inicio de las pruebas de los turbogeneradores.

### **Obras de desvío del río.**

Es fundamental para cumplir con el programa de construcción del proyecto, que las obras de desvío del río se construyan en los 2 primeros años del programa y que el desvío se realice en el mes de noviembre del primer año, para dar tiempo a la construcción de las ataguías en el período entre noviembre y enero antes del período anual de lluvias. Por esta razón las obras de desvío forman parte de la ruta crítica principal del proyecto, ya que con el desvío del río se da inicio a las actividades de la cortina. Las obras de desvío consisten en la excavación de 2 túneles de 14x14 m de sección portal, revestidos interiormente con concreto lanzado, anclado a la roca y drenados de acuerdo con indicaciones del personal de mecánica de rocas que supervisará los trabajos, una vez que el terreno demande dichos tratamientos. Para el control del río se van a colocar compuertas en la zona de entrada de los túneles.

### **Obras de contención.**

Su estructura principal es la cortina, constituye la ruta crítica principal del proyecto, su construcción consiste en la colocación de 11 800 000 m<sup>3</sup> de materiales obtenidos de las excavaciones de las estructuras del proyecto, de los bancos de aluvión en las márgenes del río y de la explotación de un banco de roca. Para construir la cortina primero se deben excavar las laderas para retirar el material vegetal alterado o contaminado por materiales no permitidos, como arcillas expansivas. La excavación de laderas se estima en 1 111 000 m<sup>3</sup> de material. Una vez retirado este material en la zona de cimentación del plinto y de los materiales que dan respaldo a la losa de la cara de concreto, se debe aplicar un tratamiento de concreto lanzado o concreto dental para sellar fisuras, fallas u oquedades en la roca e impedir filtraciones de agua del embalse.

La colocación de materiales se llevará a cabo en 29 meses con rendimientos promedio de 406 900 m<sup>3</sup> de material por mes. Al igual que la cara de concreto, la colocación de materiales en la cortina debe concluir el día del cierre final de la presa, como condición obligada para que dicho cierre se realice.

Para garantizar que no existan filtraciones de agua del embalse por las laderas de la cortina, se va a construir una pantalla profunda con inyección de mezclas de cemento y agua a través de perforaciones en la roca, con una profundidad promedio de 40 m a partir de la superficie del plinto.

### **Obras de excedencias.**

Consiste en la construcción de tres túneles vertedores en la margen izquierda del río, su ejecución inicia en el mes 4 y debe terminar justo en la fecha del final de la presa, como otra de las condiciones obligadas para efectuar dicho cierre. Las cantidades de obra principales de esta estructura son las siguientes: excavación 2 823 270 m<sup>3</sup>, concretos 145 740 m<sup>3</sup>, concreto lanzado 12 290 m<sup>3</sup>, anclaje 46 060 m y drenaje 19 200 m.

### **Obras de generación.**

El complejo de obras de generación de energía eléctrica se ubica en la margen derecha y consiste en obras a cielo abierto y obras subterráneas. Estas obras también constituyen otra ruta crítica en el programa general de construcción, esta ruta crítica inicia con el diseño ejecutivo de todos los equipos electromecánicos, fabricación y suministro, simultáneamente con la excavación del túnel de acceso a casa de máquinas, túnel de desfogue, la excavación de la plataforma de subestaciones y la excavación de la obra de toma; continúa con la excavación de la caverna de casa de máquinas simultáneamente con la excavación de las tuberías a presión y la excavación de la galería de oscilación.

La ruta crítica de obras de generación continúa con el inicio del montaje de las turbinas en casa de máquinas, programado en 25 meses, termina 3 meses después de que se realizó el cierre final de la presa, tiempo estimado para tener el nivel del embalse en la cota 518 msnm que corresponde al nivel mínimo de operación (NAMINO), para de esta forma poder efectuar las pruebas con agua de los turbogeneradores.

Se estiman 3 meses para pruebas, sincronización y puesta en servicio de cada turbogenerador, por lo cual la operación comercial de la planta está prevista para marzo y junio del año 2011.

A 10 meses de concluir las obras del proyecto, el contratista debe iniciar el retiro de todas las instalaciones provisionales del proyecto y restaurar todos los sitios ocupados temporalmente, de acuerdo con las especificaciones en la materia y que están incluidas en los documentos del contrato.

### **Operación de la planta y monitoreo.**

Una vez puesta en servicio la planta, ésta es recibida por el área de operación de CFE para su operación comercial y se realiza el monitoreo del comportamiento de la central en operación, y de todos aquellos elementos sociales y ambientales que estén previstos y programados.

## **II.3.2 SELECCIÓN DEL SITIO**

La selección del sitio para un proyecto hidroeléctrico, consiste en el estudio de diferentes factores y elementos por demás diversos, para determinar donde se puede localizar la boquilla para construir una presa que permitirá con la formación de su embalse, la generación de energía eléctrica. Para determinar el sitio de construcción de un proyecto hidroeléctrico, se deben estudiar diferentes aspectos del sitio, como son: topográfico, hidrológico, geológico, geotécnico, ecológicos y sociales. El análisis del costo-beneficio del proyecto es determinante para establecer la factibilidad de su construcción.

**Topografía.** La generación de hidroelectricidad de un proyecto, está en función de la potencia generadora que se puede instalar en cada sitio. La potencia generadora depende del gasto o caudal de agua aprovechable, de la capacidad de almacenamiento de su embalse y de la carga hidráulica o desnivel que se puede tener en el embalse de la presa. En este contexto, la selección del sitio radica en encontrar un sitio a lo largo del cauce de una corriente de agua, donde exista un desnivel topográfico, adecuado para la generación de energía eléctrica. Adicionalmente, se procura que el sitio se ubique en una zona de estrechamiento del río donde exista suficiente altura en las laderas rocosas de ambas márgenes para que la corona de la futura cortina sea de la menor longitud posible. La topografía del terreno finalmente determina las dimensiones del embalse, de la presa y determina los niveles de operación del embalse.

La ubicación del PH La Yesca también fue determinada por los posibles sitios de construcción de presas entre el embalse de la presa El Cajón y el desfogue de la CH Santa Rosa en el estado de Jalisco. La Yesca se ubica exactamente en el punto final o cola del embalse de la presa de El Cajón.

**Geología.** La selección de un sitio para construir un proyecto hidroeléctrico también considera las características geológicas y geotécnicas existentes. La masa rocosa del sitio que se seleccionó presenta características de impermeabilidad, resistencia y deformabilidad acordes con las cargas impuestas por el embalse y las estructuras civiles del proyecto. No todos los sitios cumplen con estas características y algunas veces se desechan sitios alternativos porque las condiciones pueden hacer no viable un proyecto o porque se requiere de una inversión muy elevada para mejorar las

propiedades mecánicas de la cimentación. Para el PH La Yesca se van a requerir intensos tratamientos para estabilizar los cortes de roca en las excavaciones subterráneas y a cielo abierto, así como para mejorar las condiciones mecánicas de la cimentación; sin embargo, éstas están dentro del costo-beneficio del proyecto.

El PH La Yesca estará enclavado en una masa rocosa compuesta por una dacita pseudoestratificada y masiva, basculada hacia el NW. Este macizo está afectado por fracturamiento de origen tectónico con orientaciones NW y en menor proporción E-W y NE. En el área de la boquilla, existe una estructura geológica importante denominada Murciélagos, continua y abierta.

La participación de los diversos grupos de CFE encargados del análisis de estos aspectos, así como la participación de diversos consultores nacionales y extranjeros que prestan sus servicios técnicos a la institución, han permitido identificar las particularidades geotécnicas más significativas de las estructuras geológicas de la zona y se han propuesto los diseños que garantizan un comportamiento de la presa y sus obras anexas.

Las obras civiles quedarán alojadas en ambas márgenes; por lo que respecta a las desplantadas en la margen derecha, estas estarán en dos unidades litológicas: la parte media superior corresponde a la ignimbrita dacítica, afectada por un intenso fracturamiento parcialmente abierto y relleno por calcita y arcilla. La parte media inferior corresponde a un derrame dacítico con moderado fracturamiento, poco abierto y cerrado a profundidad. El espesor de la zona decomprimida es de 5 a 20 m y corresponde a una roca muy fracturada y ocasionalmente alterada.

Por lo que respecta a la margen izquierda las obras quedarán sobre emplazadas sobre un derrame dacítico muy silicificado, compacto de dureza media a alta, de regular calidad y fracturado. La zona decomprimida tiene un espesor de 5 a 12 m, que corresponde a roca alterada y fracturada.

El cauce del río tiene un espesor promedio de acarreo de 15 m. Debajo existe una roca alterada, fracturada y fragmentada, de 15 m de espesor.

**Hidrológico.** Desde el punto de vista hidrológico se busca aprovechar al máximo los escurrimientos que drenan por la cuenca para maximizar la capacidad útil del embalse. Para ello, son necesarios los registros hidrológicos recopilados durante varios años, en un conjunto de estaciones de control distribuidas en la cuenca, y realizar análisis estadísticos para predecir los volúmenes mensuales de agua que se espera que ocurran durante la vida útil de la central hidroeléctrica.

Para el PH La Yesca se empleó la información disponible de las estaciones hidrométricas La Yesca y El Caimán, ubicadas la primera sobre el cauce del Río Santiago, a 7 km aguas arriba del eje de boquilla y la segunda sobre el Río Bolaños, afluente importante del caudal del Río Santiago. Los períodos de medición comprenden los años 1949 a 2002. En la deducción del escurrimiento disponible hasta el sitio y ya afectado por usos futuros aguas arriba del proyecto, se utilizó la información de otras estaciones como Corona y El Salto, localizadas ambas sobre el cauce del Río Santiago, aunque en sitios más distantes respecto a La Yesca pero que miden la escasa aportación del Lago de Chapala hacia el Río Santiago.

Como resultado del análisis de los registros, se identificó que el escurrimiento medio anual (1949-2002) es de 3 765 hm<sup>3</sup>, no obstante, se prevé una disminución del caudal por los planes existentes de abastecimiento de agua a las ciudades de Guadalajara, León y Aguascalientes, por lo cual se calculó en 3 088,20 Mm<sup>3</sup> el volumen medio anual de escurrimientos en La Yesca. De este volumen, el aprovechable por la central hidroeléctrica es de 2 955,50 Mm<sup>3</sup>, equivalente a un gasto medio anual de 93,70 m<sup>3</sup>/s.

La capacidad del embalse al NAME es de 2 392 Mm<sup>3</sup> (a la elevación 578 msnm), por lo cual es muy probable que el embalse se llene en menos de un año. La capacidad útil para generación de electricidad es de 1 392 Mm<sup>3</sup> que, de acuerdo con las simulaciones del comportamiento del embalse en operación, es recuperable durante la temporada de lluvias (julio a octubre), periodo en el cual se presenta del orden del 75% del volumen medio anual escurrido en la cuenca.

**Geotecnia.** Se cuenta con estudios de bancos de materiales para construir la cortina y fabricar los agregados para concreto, con estudios de geofísica para determinar la calidad de la roca y depósitos naturales de materiales, también se cuenta con resultados obtenidos por perforación para conocer la permeabilidad del terreno y la piezometría del mismo. Con la excavación de socavones de exploración, obtención de núcleos de roca obtenidos con perforación, se ha determinado valores y propiedades mecánicas de la roca en el sitio de construcción del proyecto. Con la información geológica del sitio y estudios de mecánica de rocas en el sitio, ha sido posible prever posibles tratamientos a la roca para garantizar su estabilidad durante los procesos de construcción y durante la operación de la planta.

**Sociales y ambientales.** Los criterios a considerar para la selección del sitio La Yesca fueron los siguientes:

- Superficie de embalse baja con relación a la altura de la cortina.
- Baja densidad poblacional involucrada por el embalse.
- Existencia de grupos étnicos.
- Mínima infraestructura afectable
- Fuera de Áreas Naturales Protegidas en la superficie inundable y zona de influencia.
- Mínima afectación a actividades productivas.

Algunos otros factores que contribuyeron a definir la viabilidad del proyecto fueron:

No constituye un ecosistema acuático único o cuando menos de características adecuadas en cuanto a su conservación ambiental, de hecho el Río Santiago ha sido impactado significativamente con la descarga de aguas residuales, principalmente de la ciudad de Guadalajara, lo cual continuará, en tanto no se construyan las obras de saneamiento del agua en la zona conurbada de Guadalajara (programadas para el año 2005).

Aprovechamiento integral del Río Santiago. Las aguas del Río Santiago son aprovechadas en la generación de energía por las Centrales Hidroeléctricas Santa Rosa (aguas arriba del proyecto), Aguamilpa (aguas abajo) y próximamente por el aprovechamiento actualmente en construcción de El Cajón, así entonces, el agua turbinada por el primer proyecto es aprovechada en cascada por los siguientes de aguas abajo.



Camino de acceso existente prácticamente hasta el sitio, debido a que se localiza el camino de terracería hacia Paso La Yesca, su utilización y acondicionamiento representará mínimas afectaciones a la vegetación y movimientos de tierra adicionales.

### **II.3.2.1 Estudios de campo**

CFE tiene establecido un procedimiento para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos. En el nivel de planeación se consideran las etapas de identificación, evaluación, prefactibilidad y factibilidad. En la primera, los estudios se basan en análisis cartográficos y en investigaciones bibliográficas de la región. En la segunda etapa se realizan reconocimientos de campo y se continúa la recopilación de la información documental existente para cada sitio en particular. En las dos etapas finales se profundizan los estudios del sitio, especialmente en los aspectos geológicos y geotécnicos se realizan campañas intensas de campo tendientes a conocer por medio de geofísica, perforaciones, levantamientos a detalle, excavaciones de trincheras y socavones y realización de ensayos de laboratorio con muestras representativas de suelos y rocas, las propiedades mecánicas (permeabilidad, resistencia y deformabilidad) del macizo rocoso y de los posibles materiales utilizables para la construcción.

La institución ha invertido muchos recursos económicos desde 1961 en estudiar 5 sitios, alternativos (ver figura 4) para posibles proyectos en el río Santiago. Se han realizado estudios topográficos, hidrológicos, geológicos, geotécnicos, sociales, ambientales y de arreglo de obras; sus resultados indican que el proyecto La Yesca representa actualmente la mejor opción hidroeléctrica en la región.

Los primeros reconocimientos geológicos consistieron básicamente en una fotogeología con verificación de campo, se iniciaron en 1962 cuando CFE empezó la construcción de la presa Santa Rosa. Se llevó a cabo el reconocimiento de los sitios denominados Las Garzas, Juanepanta y La Yesca, como conclusión de esta actividad, se estimó que el sitio La Yesca representaba buenas posibilidades topográficas y geológicas para desarrollar un aprovechamiento hidroeléctrico, considerando que a lo largo del Río Santiago podría plantearse una serie de proyectos “en cascada” para aprovechar prácticamente el total del desnivel existente desde el Lago de Chapala (elevación 1 500 msnm) hasta la planicie costera.

### **II.3.2.2 Estado que guarda la obra**

En el área de la obra se están realizando las actividades necesarias, que han sido mencionadas en el apartado de selección del sitio, para complementar y justificar la factibilidad constructiva del proyecto, que han sido realizadas desde hace 45 años.

Las actividades realizadas durante los últimos dos años (2003 y 2004) fueron llevadas a cabo en las áreas donde ya se habían realizado aprovechamientos en los estudios anteriores (1963, 1980 y 1990), que son las siguientes:

- Rehabilitación de las vialidades que fueron abiertas durante los estudios 1963, 1980 y 1990, aproximadamente 6 km.

- Exploración de los socavones que fueron excavados durante los estudios de 1980 y 1990.
- Rehabilitación de la zona de campamentos, los cuales se establecieron por primera vez durante 1980 y rehabilitados durante los estudios posteriores (1990).
- Habilitación del polvorín para exploraciones.

### **II.3.2.3 Sitios alternativos**

En años posteriores, ante una demanda creciente de energía eléctrica, se volvió a considerar el potencial hidroeléctrico del Río Santiago. Así, a principios de 1980 se inició la etapa de evaluación de los sitios La Múcura, La Yesca y El Cajón, lo cual como ya se indicó es otra etapa en el procedimiento que sigue CFE para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos.

Fue desde el año de 1980 cuando se intensificaron los estudios geológicos y de anteproyecto en la zona aledaña a la confluencia de los Ríos Santiago y Bolaños, concluyendo en la determinación de 5 ejes alternativos, de los cuales los más factibles resultaron 3: La Yesca, Juanepanta y Las Garzas, figura 4. En esa campaña se descartaron los dos últimos por presentar problemas geológico-estructurales, bloques inestables y grandes espesores de roca de mala calidad, por lo que los trabajos se encaminaron al eje de La Yesca. Las últimas exploraciones han reportado que existen condiciones litológicas apropiadas para continuar con la ingeniería básica y de detalle del proyecto.



**Figura 4. Localización de los 5 sitios alternativos de La Yesca.**

Con respecto a los aspectos de los medios socioeconómicos y natural, en las etapas anteriores se desarrolló un análisis ambiental general, como resultado se concluyó que el PH La Yesca presenta menos complicaciones con relación a otros proyectos de la misma cuenca y otras regiones, por ejemplo: la población e infraestructura afectables es poca, la producción agropecuaria es baja, el embalse que se formará tiene relativamente poca extensión y las comunidades bióticas son similares a las que se distribuyen en la región, por lo tanto al proyecto le fue

asignada la prioridad social y ambiental que internamente realiza CFE con su cartera de proyectos hidroeléctricos.

**II.3.2.4      *Situación legal del o los sitios del proyecto y tipo de propiedad***

Se presenta un plano de Tenencia de la Tierra conteniendo la delimitación municipal, superficies de los predios a afectarse. El plano que se presenta es obtenido en el Registro Agrario Nacional en el año de 2005 (ver Plano Informativo Tenencia de la Tierra (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II).

**II.3.2.5      *Uso actual del suelo en el sitio del proyecto y sus colindancias***

El uso actual de suelo esta referido y explicado en el capítulo IV, en la descripción del Medio Social, en donde se muestran las clases resultantes del estudio, en un mapa base que se utilizará en el Sistema de Información Geográfico (SIG), contiene la tabla de datos y sus metadatos para la utilización en la descripción y situación actual del medio ambiente, ver Plano Uso Actual del Suelo (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo IV).

<b>III</b>	<b>VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES.....</b>	<b>2</b>
III.1	INFORMACIÓN SECTORIAL .....	2
III.1.1	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.....	2
III.1.2	PROGRAMA SECTORIAL DE ENERGÍA .....	2
III.1.3	COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE).....	4
III.2	VINCULACIÓN CON LAS POLÍTICAS E INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN DEL DESARROLLO EN LA REGIÓN .....	5
III.2.1	PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE JALISCO .....	5
III.2.2	PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE NAYARIT .....	5
III.2.3	PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE AMATITAN, JALISCO.....	6
III.2.4	PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE HOSTOTIPAQUILLO, JALISCO .....	7
III.2.5	PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE MAGDALENA, JALISCO.....	8
III.2.6	PLANIFICACIÓN MUNICIPAL DE TEQUILA, JALISCO .....	10
III.2.7	PLANIFICACIÓN MUNICIPAL DE LA YESCA, NAYARIT .....	11
III.2.8	CONCLUSIONES GENERALES DEL ANÁLISIS DE TODOS LOS PLANES MUNICIPALES SUJETOS A ESTUDIO .....	11
III.3	ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS .....	11
III.3.1	LISTADO DE INSTRUMENTOS NORMATIVOS.....	11
III.3.2	CUADRO DE VINCULACIÓN CON LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS NORMATIVOS CON EL PROYECTO.....	12
III.3.3	NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE INGERENCIA DIRECTA AL PROYECTO. ....	17
III.3.4	NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE APLICACIÓN CONCURRENTE. ....	19
III.3.5	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....	23
III.4	OTRAS DISPOSICIONES U ORDENAMIENTOS.....	24
III.4.1	REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS .....	24
III.4.2	REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS .....	25
III.5	AUTORIZACIONES Y GESTIONES PARA EL DESARROLLO Y EJECUCION DEL PH LA YESCA.....	26
III.5.1	RÉGIMEN DE PROPIEDAD Y ANUENCIAS PARA EJECUCIÓN DE LABORES.....	27
III.5.2	PERMISO GENERAL DE REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGA Y CONTROL DE EXPLOSIVOS .....	28

### **III VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES**

El capítulo III, se refiere a las características del proyecto y su interacción con los instrumentos de planeación que ordenan la zona en donde se proyecta la ubicación del mismo, por lo que es recomendable identificar y analizar cada una de las peculiaridades legales de aplicación en la zona y por la materia, a fin de sujetar el mismo a cada uno de éstos.

#### **III.1 INFORMACIÓN SECTORIAL**

##### **III.1.1 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO**

El Plan Nacional de Desarrollo 2001 – 2006 es el documento en el cual se incluyen las prioridades, objetivos y estrategias de la Administración Pública Federal para dicho período. En su capítulo 6 (Área de Crecimiento con Calidad), se menciona que *“...los servicios públicos administrados por el Ejecutivo Federal requieren inversiones considerables para enfrentar los retos del desarrollo. En particular, el marco normativo y regulatorio de la industria eléctrica, requiere una revisión profunda a fin de responder al crecimiento previsible de la demanda...”*. Posteriormente, se establece que *“...en materia de energía, el objetivo para 2006 es contar con empresas energéticas de alto nivel con capacidad de abasto suficiente, estándares de calidad y precios competitivos. En términos de energía eléctrica, se deben generar flujos de electricidad eficaces y suficientes ante la creciente demanda...”*.

El PH La Yesca es plenamente compatible con los aspectos enunciados en el Plan por lo que, en un primer término, la ejecución de la obra participaría con el cumplimiento de los objetivos proyectados por el Gobierno Federal como estrategia de crecimiento y respuesta a las nuevas demandas.

##### **III.1.2 PROGRAMA SECTORIAL DE ENERGÍA**

Con base en las políticas marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo se elaboró el Programa Sectorial de Energía 2001 – 2006 (PSE), el cual menciona que *“...el sector eléctrico nacional debe tender hacia una modernización que le permita ofrecer un suministro acorde con las especificaciones técnicas más estrictas, aparejado de una gama de servicios integrales diseñados para satisfacer las necesidades de los distintos tipos de usuarios...”*. Respecto a la cobertura nacional, se menciona en el PSE que *“...el acceso al servicio público de electricidad ha crecido significativamente durante las últimas dos décadas, a tal grado que a fines del año 2000 alcanzó el 94,7 por ciento de la población nacional conectada a la red eléctrica, siendo éste uno de los niveles de cobertura más altos en Latinoamérica. Sin embargo, en términos absolutos, alrededor de cinco millones de mexicanos aún no cuentan con acceso al servicio eléctrico. De éstos, la mayoría habitan en comunidades rurales aisladas a la red eléctrica, lo que incrementa la dificultad de acceder a dichas poblaciones. Esa cantidad puede llegar a ser casi 12 millones de personas en el*

*año 2006 simplemente considerando el índice de crecimiento poblacional...”. Con relación a la demanda de energía eléctrica, el PSE señala que “...las ventas de energía del Subsector Eléctrico en el 2000 ascendieron a 155 348 GWh, de las cuales el 60,3 por ciento fueron destinadas al sector industrial, 23,3 por ciento al residencial, 7,5 por ciento al comercial, 5,1 por ciento al agrícola y 3,8 por ciento al de servicios. El total de usuarios atendidos en el servicio público de energía eléctrica alcanzó casi los 24,0 millones, dentro de los que el sector industrial representó únicamente 0,5 por ciento, aunque su demanda participó con 60,3 por ciento...”*

*Respecto a la capacidad actual instalada, el PSE indica que “...en Diciembre del 2000, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) contaba con 36 697 MW de capacidad instalada de generación, donde la fuente de energía primaria que tiene mayor participación es la de hidrocarburos (60,6 por ciento), seguida de la hidroeléctrica (26,2 por ciento)...”. Más adelante, se establece que “...con objeto de aprovechar el amplio potencial hidroeléctrico con el que cuenta el país, sobretodo en lo que se refiere a proyectos pequeños y medianos, será necesario realizar una promoción efectiva para que los sectores social y privado participen en la generación hidroeléctrica, con apego al marco jurídico vigente. De esta manera habrán de coordinarse los esfuerzos de las distintas autoridades involucradas, así como de los organismos paraestatales, para dar a conocer las principales alternativas de proyectos, dar agilidad a los procesos de otorgamiento de las concesiones, licencias y permisos que se requieran y facilitar el desarrollo de los propios proyectos...”. El PSE menciona que la modernización del sector eléctrico contempla, entre otros aspectos, la “...diversificación de fuentes de energía, mediante el apoyo a plantas hidroeléctricas y carboeléctricas, con lo que se atenúa el riesgo de exponer la generación a la volatilidad del precio del gas natural, ...”. Para garantizar la seguridad en el abasto de energía eléctrica a nivel nacional, “...se requiere incorporar 32 219 MW adicionales al sistema eléctrico nacional durante el periodo 2001-2010, lo cual incluye a la capacidad actualmente comprometida, que representan 10 854 MW, con lo cual se espera poder garantizar el abasto suficiente de electricidad. Debido a los tiempos de maduración de las inversiones necesarias y los años de construcción que se requieren para que las plantas inicien su operación como tal, es necesario que los 21 365 MW restantes se adjudiquen entre los años 2004 – 2010, y de este modo cumplir con los requerimientos del sector eléctrico...”*

En atención a lo anterior, es posible asegurar que la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, es favorable y plenamente compatible con las políticas marcadas tanto en el Plan Nacional de Desarrollo como en el Programa Sectorial de Energía.

### **III.1.3 COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)**

Con relación a los objetivos por (CFE), es de establecer que las necesidades de suministro de energía eléctrica y la política de diversificación de fuentes generadoras de electricidad en el país, hacen imprescindible la construcción de aprovechamientos hidroeléctricos.

Actualmente la visión de la CFE para desarrollar aprovechamientos hidroeléctricos de grandes dimensiones e importancia energética, como podría significar el PH La Yesca, y las consecuentes que en conjunto forman parte integral de este estudio, se consideran proyectos de desarrollo nacional plenamente compatibles y coherentes con las políticas marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa Sectorial de Energía, en cuya ejecución debe planearse de manera intersectorial, empatando metas comunes con las dependencias federales, estatales y municipales, ya que tanto los posibles efectos desfavorables como los beneficios de estos proyectos trascienden más allá del ámbito exclusivamente energético.

La CFE ha identificado el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca como una alternativa viable para contribuir a satisfacer la demanda de energía eléctrica en el área occidental del país. Por lo cual, en caso de concretarse en definitiva la proyección de dicha obra, el Programa de Obras de Inversión del Sector Eléctrico (POISE) considera la fecha de su entrada en operación.

Con la construcción de este proyecto hidroeléctrico se aportaría al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) 750 MW y una producción media anual de 1 228 GWh aproximadamente, considerando las Centrales Hidroeléctricas de las presas hidroeléctricas Aguamilpa, Santa Rosa y El Cajón, ésta última que aún se encuentra en su fase de construcción, conjuntamente con el PH La Yesca, se convertirían en una de las redes hidroeléctrica más grandes de todo el país.

En cuanto a las fuentes de generación del Sector Eléctrico Nacional, tal como lo establece el Programa Sectorial de Energía 2001 – 2006, se tiene como objetivo diversificar éstas, ya que actualmente el 74% de la potencia instalada para la generación eléctrica del país es con base a derivados del petróleo; en este sentido, la posible ejecución del proyecto PH La Yesca, pretende contribuir en el equilibrio sobre la diversificación de fuentes de generación de energía eléctrica.

## **III.2 VINCULACIÓN CON LAS POLÍTICAS E INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN DEL DESARROLLO EN LA REGIÓN**

### **III.2.1 PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE JALISCO**

El objetivo general del Gobierno de Jalisco para el período 2001-2007, consiste en “...mejorar sustancialmente las condiciones de vida y el bienestar de las y los jaliscienses mediante la promoción de un desarrollo económico, social, político y cultural, de manera sostenida, sustentable e incluyente...”. Para cumplir con el objetivo general, el Gobierno Estatal presenta como estrategia social “...ampliar la infraestructura urbana y rural, para mejorar la cobertura de servicios de agua potable, drenaje y energía eléctrica, así como de caminos rurales y pavimentación, entre otros...”. Respecto al desarrollo económico e industrial en el Estado, se propone como estrategia “...promover la inversión en proyectos generadores de empleos y alto impacto regional y en proyectos de infraestructura básica que detonen el desarrollo y diversifiquen el sector industrial...”. Finalmente, en el ámbito del desarrollo social y urbano, la estrategia es “...contribuir al mejoramiento y la ampliación de los servicios municipales de limpia, transporte, alumbrado público, alcantarillado público, áreas verdes, el encauzamiento de ríos, tratamiento de aguas negras y confinamiento y tratamiento de residuos sólidos...”. Del análisis anterior, aún cuando en el Plan no se señalan las actividades específicas o líneas de acción para el cumplimiento de las políticas mencionadas, se considera que el desarrollo de las labores y trabajos tendientes a la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca es compatible con las políticas de desarrollo económico, industrial, social y urbano que establece el Plan Estatal de Desarrollo de Jalisco.

### **III.2.2 PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE NAYARIT**

El objetivo general del Gobierno de Nayarit, para el período 2000-2005 consiste en “...la implementación de un marco para el desarrollo económico y social que involucre la acción conjunta Estado con los diversos Grupos Sociales y que implica conjugar intereses políticos, sociales, económicos y culturales, para definir un rumbo de crecimiento en todos los reclamos sociales, mediante la promoción de un desarrollo económico, social, político y cultural, de manera sostenida, sustentable e incluyente...”. Para cumplir con el objetivo general, el Gobierno Estatal presenta como estrategia social “...Elevar el bienestar social de los nayaritas a partir de un equitativo y ordenado uso, distribución, aprovechamiento y planificación de los recursos naturales, humanos, infraestructura, servicios y equipamiento en el Estado ...”. Respecto al desarrollo económico e industrial en el Estado, se propone como estrategia “...la imprescindible reorientación del esfuerzo de los nayaritas buscando un modelo de desarrollo más acorde con las tendencias mundiales y los cambios en la dinámica productiva, buscando insertar a la entidad en su verdadera vocación productiva, con el propósito de impulsar la inversión, que eleve el bienestar económico de la población...”. Finalmente, en el ámbito del desarrollo social y urbano, la estrategia es “...Adecuar el marco legal para promover la



*formulación, revisión, actualización, aplicación y evaluación de los planes y programas de desarrollo urbano y de ordenamiento territorial estatales...". De la misma manera en su planeamiento de desarrollo menciona "...que por las características topográficas es necesario vencer las dificultades para ampliar la cobertura de energía eléctrica considerando factores como costo y beneficio..."* Del análisis anterior, aún cuando en el Plan no se marcan las actividades o líneas de acción específicas para el cumplimiento de las políticas mencionadas, se establece que todos los trabajos tendientes a la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, son plenamente compatibles con las políticas de desarrollo económico, industrial, social y urbano que establece el Plan Estatal de Desarrollo de Nayarit.

### **III.2.3 PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE AMATITÁN, JALISCO.**

**Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Amatitán** establece una reserva urbana de 73.02 ha, mismas que se contemplaban para comenzar a utilizar a partir del año 2000 y 7 ha que se contempla utilizar a partir del 2010. El municipio cuenta con tres áreas de protección de patrimonio histórico y un área ecológica (Cerro de Amatitán) así como una serie de escurrimientos de agua y arroyos protegidos. Existe sólo un área reconocida para la actividad extractiva de piedra brasa. El Plan contempla restricciones para urbanizar en áreas determinadas, como son aquellas donde hay instalaciones ferroviarias, de riesgo (gasolineras, etc.), instalaciones de agua potable, de drenaje, de electricidad y de telecomunicaciones, así como respetar la franja de las vialidades regionales como son la carretera internacional Guadalajara-Nogales y los proyectos futuros de construcción de libramientos (SEDEUR, PDU Amatitán).

**Plan de Desarrollo Municipal 2001-2003** se contemplaba la gestión del municipio ante la CFE para la construcción de una sub-estación de energía eléctrica para dar abasto a las necesidades del municipio. Esto es señalado en el Eje de Desarrollo Económico. También se planteaba la necesidad de almacenar agua para uso agropecuario.

**Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco, el Municipio de Amatitán** está dividido en seis distintas áreas de uso de suelo; dos áreas son de uso predominantemente agrícola y solo una de ellas es compatible con la industria y la infraestructura, la otra no es compatible con ninguna otra actividad. En las dos áreas la política territorial es de aprovechamiento de los recursos naturales con su uso sostenible a gran escala.

Una tercera área es de uso predominantemente de protección, restauración y promoción de la flora y la fauna sin ser compatible con ninguna otra actividad, la política territorial es de restauración de las condiciones que propicien nuevamente la continuidad de los procesos naturales. Tres áreas más son de uso predominantemente de protección, restauración y promoción de la flora y la fauna, de estas tres, dos son compatibles con el establecimiento de áreas naturales y una no es compatible con ninguna otra actividad. En estas tres áreas la política territorial es de protección y ésta se aplica a las áreas naturales que sean susceptibles de integrarse al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP).

La influencia adversa o impactos negativos que pudiera tener el PH La Yesca en los objetivos y metas de planeación establecidos para el municipio de Amatitán son prácticamente nulos o imperceptibles.

Es decir, no se considera que el proyecto tenga impactos negativos significativos en los objetivos de conservación de los recursos naturales contemplados en los distintos Planes de Desarrollo, por lo que es de considerar que la planeación y posterior ejecución del PH La Yesca resulta ser totalmente compatible con los aspectos contenidos en el Plan de Ordenamiento.

### **III.2.4 PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE HOSTOTIPAQUILLO, JALISCO**

**Plan de Desarrollo Urbano del Municipio** de Hostotipaquillo establece las siguientes hectáreas de reserva urbana: 31.7 ha que se pudieron comenzar a utilizar a partir del año 2000 y 65.9 ha más que podrían utilizarse a partir del 2010.

Cuenta con cuatro áreas de protección de patrimonio histórico y siete áreas de protección ecológica y una serie de escurrimientos de agua, manantiales, pozos y arroyos protegidos, así como con la Laguna Magdalena. Cuenta con tres áreas de extracción de arena. Según lo establecido en este Plan, en las diversas etapas del proyecto hidrológico se deben tener en cuenta las restricciones para urbanizar en áreas determinadas como donde hay instalaciones ferroviarias, de riesgo (gasolineras, etc.), instalaciones de agua potable, de drenaje, de electricidad y de telecomunicaciones, así como respetar la franja de las vialidades regionales como son la carretera Guadalajara-Nogales. En cuanto a vialidad, tiene conexión con la carretera internacional Guadalajara-Nogales, la Maxipista Guadalajara-Tepic, así como el camino a Etzatlán y a La Joya. Tiene un circuito vial interno.

**Plan Municipal de Desarrollo de Hostotipaquillo 2001-2020**, Se considera fundamental la construcción de la infraestructura vial del municipio y su inserción en la red de carreteras del Estado de Jalisco. También se menciona el Ordenamiento Territorial y la protección al medio ambiente como dos de los objetivos más importantes a alcanzar por el municipio. Se mencionan como monumentos históricos: el templo de la Virgen del Favor, las Haciendas de Santo Tomás, Labor de Guadalupe, Huajacatlán, Amajac y la de Michel.

**Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco, Hostotipaquillo** está dividido en cinco distintas áreas de uso de suelo; cuatro áreas son de uso predominantemente de conservación, restauración y promoción de la flora y la fauna. De estas cuatro áreas, tres no son compatibles con ninguna otra actividad y una es compatible con el establecimiento de áreas naturales, la política territorial de ésta última es de protección y se aplica a las áreas naturales que sean susceptibles de integrarse al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP). La política territorial de las otras tres es de restauración y conservación y se aplica a las áreas que cumplen con una función ecológica relevante pero que no están integradas al SINAP. Sólo un área de Hostotipaquillo es de uso predominantemente agrícola y es compatible con la industria y la infraestructura. La política territorial es de aprovechamiento de los recursos naturales con su uso sostenible a gran escala.

Al estar ubicado en este municipio, el proyecto hidrológico impone una fuerte presión a los objetivos contemplados en los Planes de Desarrollo Municipal y de Ordenamiento. En lo que se refiere a reservas territoriales para urbanización, los planes no contemplan espacios urbanizables distantes a la cabecera municipal como los que se pudieran demandar, aunque sea temporalmente para la instalación de campamentos de trabajo; no obstante esto, las actividades complementarias tendientes a la ejecución del PH La Yesca no se contraponen a los principios de enunciados en el Plan de Desarrollo Municipal.

El Plan de Desarrollo Urbano del Municipio reconoce como factores restrictivos la existencia de una topografía adversa con pendientes superiores al 15 por ciento, que elevan los costos de dotación de servicios y la existencia de dos zonas inundables en áreas conocidas como El Charco de los Adobes y La Presa.

Los cambios de uso del suelo y las nuevas edificaciones que pueden resultar como consecuencia de los impactos económicos del proyecto contemplado en la cabecera municipal de Hostotipaquillo, pudieran atentar contra el objetivo de decretar toda la población como área de patrimonio fisonómico, reglamentando eliminar el comercio ambulante del centro urbano poblacional; no obstante esto de los objetivos planteados en el Plan Municipal de Hostotipaquillo, no se desprende limitante adicional, por lo que es de entender que la construcción y operación del PH La Yesca resulta ser totalmente compatible con el mismo.

### **III.2.5 PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE MAGDALENA, JALISCO**

**Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Magdalena, Jalisco;** establece el siguiente número de hectáreas de reserva urbana 31,7 ha que se pudieron comenzar a utilizar a partir del año 2000 y 65,96 ha más que podrían utilizarse a partir del 2010.

Cuenta con cuatro áreas de protección de patrimonio histórico y siete áreas ecológicas, así como una serie de escurrimientos de agua, pozos, arroyos protegidos y la Laguna Magdalena. Existen tres áreas reconocidas para la extracción de arenas, además de varias minas de ópalo a cielo abierto. Además, se deben tener en cuenta las restricciones para urbanizar áreas determinadas como instalaciones ferroviarias, de riesgo (gasolineras, etc.), instalaciones de agua potable, de drenaje, de electricidad y de telecomunicaciones, así como respetar la franja de las vialidades regionales como son la carretera internacional Guadalajara-Nogales, la Maxipista Guadalajara-Tepic y de los caminos a Las Matas, a La Joya y a Etzatlán. Magdalena también cuenta con un circuito vial interno.

**Plan Municipal de Desarrollo de Magdalena 2002-2020,** se contempla la gestión del municipio ante la SEMARNAP para decretar como áreas naturales protegidas las siguientes: Laguna Magdalena, Laguna San Andrés, Laguna La Quemada, zona boscosa Cerro Viejo, zona boscosa Cerro de San Andrés, zona boscosa Huitzilapa, zona boscosa El Copo (La Joya), zona boscosa el Huajical.

Otro objetivo importante es construir plantas de tratamiento para sanear y mantener limpias las aguas de presas, arroyos y lagunas de Magdalena. Se contempla la construcción de presas nuevas y bordos abrevaderos, la rehabilitación y puesta en operación de las presas San Gregorio y Los Espinos. Asimismo, se contempla la puesta en marcha de normas para la regulación del impacto ambiental de los bancos de arena y de las minas de ópalo a cielo abierto del municipio.

En cuanto al desarrollo social, un objetivo constantemente repetido es la promoción y preservación de los valores culturales y familiares del municipio.

**Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco**, Magdalena está dividido en seis distintas áreas de uso de suelo: dos áreas son de uso predominantemente agrícola y sólo una de ellas es compatible con la industria y la infraestructura, la otra no es compatible con ninguna otra actividad. En las dos áreas la política territorial es de aprovechamiento de los recursos naturales con su uso sostenible a gran escala. Las cuatro áreas restantes son de uso predominantemente de conservación, protección ó restauración de la flora y la fauna, de estas cuatro, tres no son compatibles con ninguna otra actividad y una es compatible con el establecimiento de áreas naturales. En tres áreas la política territorial es de conservación y ésta se aplica a las áreas que cumplen con una función ecológica relevante pero que no merecen ser integradas al SINAP. El área restante tiene la política territorial de restauración de las condiciones que propicien la continuidad de los procesos naturales.

La influencia adversa o impactos negativos que puede provocar el proyecto en lo establecido en el plan de desarrollo municipal puede ser lo siguiente:

- Mayor impulso a la urbanización y ampliación de la mancha urbana al otro lado de la Maxipista, incrementando el problema de la división de la población por vialidades regionales.
- Mayor presión a los cambios de uso de suelo asociada a la aparición de nuevos negocios. Esto puede afectar el objetivo de crear una zona para usos industriales en la periferia de la cabecera municipal.
- El incremento del flujo vehicular significará una mayor saturación de las vialidades que cruzan el centro de población y se incrementará la necesidad de operar un libramiento, que actualmente se pretende hacer utilizando la Maxipista.

No obstante los posibles impactos planteados en líneas precedentes, resulta que para el caso que nos ocupa la construcción y posterior operación del PH La Yesca, resulta ser compatible, de manera concurrente con los objetivos planteados en el Plan Municipal por lo que es de entender y se entiende que la ejecución de dicha obra participaría de manera indirecta en el cumplimiento y alcance de sus objetivos.

### III.2.6 PLANIFICACIÓN MUNICIPAL DE TEQUILA, JALISCO

**Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Tequila** establece las siguientes hectáreas de reserva urbana: 68,9 que se pudieron comenzar a utilizar a partir del año 2000 y 120,6 más, que podrían utilizarse a partir del 2010.

Cuenta con un área de protección de patrimonio histórico (el centro urbano) y dos áreas ecológicas (Cerros de Tequila y Barranca) así como una serie de escurrimientos de agua, cuerpos de agua y arroyos protegidos. Cuenta con tres áreas de actividad extractiva. Se deben tener en cuenta las restricciones para urbanizar en áreas determinadas como instalaciones ferroviarias, de riesgo (fábricas tequileras, gasolineras, etc.), instalaciones de agua potable, drenaje, electricidad y telecomunicaciones, así como respetar la franja de las vialidades regionales como son la carretera internacional Guadalajara-Nogales. En cuanto a vialidad tiene conexión con la carretera internacional Guadalajara-Nogales, cuenta con un camino a Choloaca y a La Presa. Tiene un circuito vial interno, no obstante esto es de entender que por la distancia entre el Municipio de Tequila Jalisco y la zona de ejecución del PH La Yesca, no existen efectos negativos que se puedan entender como limitante de dicho proyecto, por lo que se concluye que existe una compatibilidad plena entre el proyecto y Plan de Desarrollo Municipal de Tequila.

**Plan Municipal de Desarrollo para el Municipio de Tequila 2001-2003** fué sólo una versión preliminar y en realidad no presenta ninguna restricción importante. Se menciona como un objetivo la mejora de las vías de comunicación para incentivar la industria. También se hace referencia a la actividad minera y el deseo de apoyar a este sector, por lo que de dicha versión de desprende que las obras de ejecución del PH La Yesca son totalmente compatibles con los extremos contenidos en el Plan Municipal de Tequila, Jalisco.

**Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco, Tequila** está dividido en ocho distintas áreas de uso de suelo; una es de uso predominantemente agrícola y la política territorial es de aprovechamiento de los recursos naturales. Cinco son de uso predominante de conservación, protección ó restauración de la flora y la fauna, de éstas cinco, tres son compatibles con el establecimiento de áreas naturales y su política territorial es de protección y ésta se aplica a las áreas naturales que sean susceptibles de integrarse al SINAP. Las otras dos restantes no son compatibles con ninguna otra actividad y su política territorial es de restauración en una y de conservación en otra, lo cual significa que es un área ecológica importante pero no es susceptible de integrarse al SINAP. Las dos áreas restantes son de uso forestal y son compatibles con la conservación, restauración y promoción de flora y fauna. La política territorial es de conservación y ésta se aplica a las áreas que cumplen con una función ecológica relevante pero que no merecen ser integradas al SINAP; de tal suerte que por lo que respecta al Ordenamiento Territorial para la zona no se presenta limitante alguna, pues aunque las zonas indicadas están contempladas como preferentemente forestales, las mismas se encuentran en lugares sumamente distantes del sitio de ejecución del PH La Yesca, de tal manera que el proyecto resulta totalmente compatible con los Ordenamientos Territoriales, pues no se causarían efectos adversos.

### **III.2.7 PLANIFICACIÓN MUNICIPAL DE LA YESCA, NAYARIT**

En la cabecera municipal de La Yesca, se encuentra una restricción al uso de fincas y del espacio público que contravengan lo establecido en la declaración de patrimonio histórico protegido. Esto incluye la colocación de mantas o anuncios en fachadas o calles contempladas dentro del perímetro patrimonial del centro de población, sin más restricciones al respecto o adicionales, por lo que es de entender que el PH La Yesca resulta ser totalmente compatible con los aspectos contenidos en Plan Municipal de La Yesca.

### **III.2.8 CONCLUSIONES GENERALES DEL ANÁLISIS DE TODOS LOS PLANES MUNICIPALES SUJETOS A ESTUDIO**

Derivado de la falta de claridad en objetivos específicos y planeación de los instrumentos analizados, éstos no pueden ser considerados plenamente como regulatorios del proyecto que nos ocupa. De la misma forma, no se puede dejar de estimar los mismos por su importancia inherente en la zona de influencia y en la vida legal de las comunidades señaladas y no obstante que en los Planes referidos no se marcan las actividades o líneas de acción específicas para el cumplimiento de las políticas municipales que pudieran ser de aplicación directa e inherente a las labores de construcción del PH La Yesca, es de entender que la ejecución del proyecto resulta ser totalmente compatible con las políticas de desarrollo económico, industrial, social y urbano establecido por los referidos municipios.

## **III.3 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS**

### **III.3.1 LISTADO DE INSTRUMENTOS NORMATIVOS**

#### **Leyes**

Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente  
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable  
Ley General de Vida Silvestre  
Ley de Aguas Nacionales  
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos  
Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos  
Ley Federal sobre Monumentos Históricos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos  
Ley General de Asentamientos Humanos  
Ley General de Bienes Nacionales

#### **Reglamentos**

Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica  
Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos  
Reglamento de la LGEEPA en materia de Impacto Ambiental  
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas

Reglamento de la Ley Forestal  
Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos  
Reglamentos de la Ley de Aguas Nacionales  
Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios  
Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo  
Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos

### **III.3.2 CUADRO DE VINCULACIÓN CON LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS NORMATIVOS CON EL PROYECTO**

En la siguiente tabla se lleva a cabo la vinculación del proyecto con los instrumentos normativos, de conformidad a las obras y actividades proyectadas, desde las etapas de preparación, construcción, operación y abandono del PH La Yesca, demostrando que la MIA prevé las acciones y medidas de mitigación suficientes para dar pleno cumplimiento al marco legal aplicable.

NORMATIVA	REQUERIMIENTO(S) ESPECÍFICO(S)	FORMA DE ATENCIÓN
<p>Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus Reglamentos y NOM'S de aplicación</p>	<p>I.- Artículos 15, 17 y 19. Relacionados con las políticas ambientales y la planeación y el uso de los ordenamiento ecológicos del territorio.</p> <p>II.- Artículos 28, 29, 30, 35 Bis 1 y 36. Relativos a la evaluación del impacto ambiental y el cumplimiento de los criterios, parámetros y lineamientos establecidos en la Normas Oficiales Mexicanas. Artículo 5 a), k) y o), 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 27, 28, 51 y 53 del Reglamento en materia de Impacto Ambiental que regulan el proceso de elaboración y presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental. NOM-060-SEMARNAT-1994., NOM-061-SEMARNAT-1994., NOM-062-SEMARNAT-1994., NOM-120-SEMARNAT-1997., NOM –138- SEMARNAT/SS-2003., PROY-NOM-084-SEMARNAT-2003., NOM-113-SEMARNAT-1998., NOM-114-SEMARNAT-1998., PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003.</p> <p>III.- Artículos 79, 80, 81, 87 y 87 Bis. Relacionados con la preservación y aprovechamiento de la vida silvestre. NOM-059-SEMARNAT-2001., NOM-007-SEMARNAT-1997.</p> <p>IV.- Artículos 88, 89, 90, 91, 93 y 95 Relativos al aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos. NOM-001-SEMARNAT-1996.</p> <p>V.- Artículos 98, 99, 100 y 101. Relacionadas con la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo.</p>	<p>I.- Se hace uso de los diferentes ordenamientos ecológicos del territorio y los planes parciales de desarrollo urbano.</p> <p>II.- Mediante la presentación de esta misma Manifestación de Impacto Ambiental, se dá pleno cumplimiento a lo ordenado por las disposiciones relativas vigentes</p> <p>III.- Las diferentes etapas del proyecto dan pleno cumplimiento con lo dispuesto por la normatividad en materia de vida silvestre.</p> <p>IV.- El proyecto considera el cumplimiento de las disposiciones vigentes en la totalidad de sus acciones y medidas de mitigación.</p> <p>V.- El proyecto se vincula con los criterios ambientales previstos con las normas oficiales mexicanas.</p>



	<p>VI.- Artículos 110 y 111 Bis. Donde se desprenden las medidas legales para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera.  Artículos 16, 17, 18, 19, 25, 28, 31, 32 del Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Establece los trámites, obligaciones y prohibiciones relacionadas con las emisiones contaminantes a la atmósfera, tanto de fuentes fijas como fuentes móviles de jurisdicción federal.  NOM-041-SEMARNAT-1999.,  NOM-043-SEMARNAT-1993.,  NOM-044-SEMARNAT-1993.,  NOM-045-SEMARNAT-1996 (antes NOM-045-ECOL-1996).,  NOM-050-SEMARNAT-1993.</p> <p>VII.- Artículos 117, 118, 121, 122, 123, 124 y 129. Donde se establecen los criterios y las medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos.</p> <p>VIII.- Artículos 134, 135, 136, 139, 140 y 143. Regulaciones encaminadas a prevenir y controlar la contaminación del suelo.</p> <p>IX.- Artículo 147. Disposición que prevé la regulación de las actividades consideradas altamente riesgosas y la prevención de accidentes.</p> <p>X.- Artículos 150, 151, 151 Bis y 152 Bis normatividad que regula el manejo de los residuos peligrosos.  Artículos 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23 y 24 del Reglamento en materia de Residuos Peligrosos que regulan el manejo, almacenamiento, clasificación, transporte y disposición final de los mismos, así como lo demás relativo y aplicable al Reglamento para el</p>	<p>VI.- Se dá cumplimiento a las obligaciones normativas.</p> <p>VII.- En cumplimiento a las disposiciones vigentes.</p> <p>VIII.- En cumplimiento a las disposiciones vigentes.</p> <p>IX.- En aquellas etapas del proyecto en las que se utilizarán sustancias consideradas altamente riesgosas.</p> <p>X.- En todas aquellas etapas y lugares del proyecto en donde habrá generación de residuos peligrosos.</p>
--	--	---

	<p>Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.  NOM-052-SEMARNAT-1993.,  NOM-053-SEMARNAT-1993.,  NOM-054-SEMARNAT-1993 (antes  NOM-054-ECOL-1993.,  NOM-CRP-003-ECOL/93).</p> <p>XI.- Artículos 155 y 156 Disposiciones que norman la generación de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y olores.  NOM-080-SEMARNAT-1994.,  NOM-081-SEMARNAT-1994.</p>	<p>XI.- Atendiendo la normatividad vigente y aplicable se prevé el cumplimiento de los parámetros en las diferentes etapas del proyecto.</p>
<p>Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y sus Reglamentos y NOM'S de aplicación</p>	<p>Artículos 29, 30, 32, 33, 34, 117 y 118 que prevén los criterios y políticas para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales y la regulación del cambio de uso del suelo en los terrenos forestales.  Artículos 120, 121, 123, 124, 126 y 127 del Reglamento los cuales establecen el contenido de los estudios técnicos justificativos para su elaboración y el mecanismo de evaluación y autorización correspondiente.</p>	<p>Actualmente se está concluyendo el Estudio Técnico Justificativo para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales. Se realizará el trámite correspondiente ante la SEMARNAT.</p>
<p>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y sus reglamentos y NOM'S de aplicación</p>	<p>Artículos 19, 21, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 45, 46, 47, 48, 67, 68 y 69, disposiciones que establecen las obligaciones relacionadas con la generación, almacenamiento temporal, transportación y disposición final de los residuos, tanto peligrosos como sólidos urbanos y de manejo especial.</p>	<p>El proyecto en todas sus etapas contempla acciones y medidas de mitigación tendientes a dar cabal cumplimiento de las disposiciones vigentes.</p>

<p>Ley General de Vida Silvestre y NOM'S de Aplicación</p>	<p>Artículos 18, 19, 20, 29, 30, 31, 36, 56, 57, 58, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90 y 91, disposiciones que prevén las obligaciones legales con fines de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, particularmente aquellas relacionadas en las especies y poblaciones en riesgo y prioritaria para su conservación, trato digno y respetuoso de la fauna y lo relacionado con el aprovechamiento extractivo de la fauna y flora silvestre.</p>	<p>El proyecto se encuentra diseñado de tal manera que se asegure el cumplimiento de las disposiciones en materia de conservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestres por lo que se han previsto acciones y medidas de mitigación.</p>
<p>Ley de Aguas Nacionales, sus Reglamentos y NOM'S de aplicación.</p>	<p>Artículos 7, 16, 20, 21 Bis, 23, 24 y 25, 28, 29, 29 Bis, 29 Bis I, 78, 79, 80 y 81, 85, 88, 88 Bis, 96 Bis, que establecen los criterios de utilidad pública y de aprovechamiento sustentable del agua, así como la regulación para el trámite y obtención de los permisos y títulos de concesión.</p>	<p>En la presente Manifestación de Impacto Ambiental se prevén medidas de mitigación tendientes a cumplir con los criterios establecidos en la legislación.</p>
<p>Ley Federal sobre Monumentos Históricos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos</p>	<p>Artículos 28, 29 y 30, Disposiciones que prevén las obligaciones a cumplirse una vez que se encuentran bienes arqueológicos dando aviso a la autoridad civil más cercana quien informará a su vez al INAH. Los trabajos de excavación, salvamento o exploración serán únicamente realizados por el INAH o por instituciones acreditadas por dicho Instituto.</p>	<p>Con la finalidad de compensar las posibles afectaciones en las zonas de interés arqueológico en la zona de influencia del proyecto, se prevé la realización de los tramites correspondientes ante el INAH y el cumplimiento de las medidas que al efecto se ordenen</p>

### **III.3.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE INGERENCIA DIRECTA AL PROYECTO.**

NOM-001-SEMARNAT-1996.- Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-007-SEMARNAT-1997 (antes NOM-007-RECNAT-1997).- Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas.

NOM-041-SEMARNAT-1999.- Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-043-SEMARNAT-1993.- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

NOM-044-SEMARNAT-1993 (antes NOM-044-ECOL-1993, NOM-CCAT-007-ECOL/1993).- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.

NOM-045-SEMARNAT-1996 (antes NOM-045-ECOL-1996).- Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

NOM-050-SEMARNAT-1993.- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.

NOM-052-SEMARNAT-1993.- Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-053-SEMARNAT-1993.- Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-SEMARNAT-1993 (antes NOM-054-ECOL-1993, NOM-CRP-003-ECOL/93).- Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL/93 (Antes NOMCRP-001-ECOL/1993).

NOM-059-SEMARNAT-2001.- Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.

NOM-060-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

NOM-061-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.

NOM-062-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.

NOM-080-SEMARNAT-1994 (antes NOM-080-ECOL-1994).- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

NOM-081-SEMARNAT-1994.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

NOM-113-SEMARNAT-1998.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

NOM-114-SEMARNAT-1998.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

NOM-120-SEMARNAT-1997.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

NOM – 138- SEMARNAT/SS-2003.- Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y las Especificaciones para su Caracterización Y Remediación.

PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003.- Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales.

PROY-NOM-084-SEMARNAT-2003.- Que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias.

### **III.3.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE APLICACIÓN CONCURRENTE.**

NOM-002-SCT/2003. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

NOM-003-SCT/2000. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-004-SCT/2000. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

NOM-005-SCT/2000. Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-007-SCT2/2002. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

NOM-009-SCT2/2003. Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-010-SCT2/2003. Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-011-SCT2/2003. Condiciones para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos en cantidades limitadas.

NOM-012-SCT2-1995. Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.

NOM-025-SCT2-1994. Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-028-SCT2/1998. Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.

NOM-011-STPS-2001. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM-019-STPS-1993. Relativa a la constitución, registro y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.

NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.

NOM-013-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano.

NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

NOM-003-RECNAT-1996. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte.

NOM-020-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O<sub>3</sub>). Valor normado para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-021-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-022-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-023-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-024-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas totales (pst). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (pst) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-025-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (pm10). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (pm10) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

**Enunciación de Normas Oficiales Mexicanas de carácter concurrente a la legislación ambiental y que regulan las condiciones de seguridad e higiene.**

NOM-001-STPS-1999.- Edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo. Condiciones de seguridad e higiene.

NOM-002-STPS-2000.- Condiciones de seguridad prevención y combate de incendios en los centros de trabajo.

NOM-004-STPS-1999.- Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

NOM-005-STPS-1998.- Condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

NOM-006-STPS-1993.- Condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo.

NOM-009-STPS-1999.- Equipo suspendido instalación, operación y mantenimiento condiciones de seguridad.

NOM-010-STPS-1999.- Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente de trabajo.

NOM-011-STPS-1993.- Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM-015-STPS-1993.- Relativa a la exposición laboral de las condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo.

NOM-017-STPS-1994.- Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-018-STPS-2000.- Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo

NOM-019-STPS-1993.- Constitución y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en el trabajo.

NOM-021-STPS-1993.- Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas.

NOM-024-STPS-1993.- Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones.

NOM-026-STPS-1998.- Colores y señales de seguridad e higiene e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

NOM-027-STPS-2000.- Soldadura y corte-condiciones de seguridad e higiene.

NOM-029-STPS-1993.- Seguridad-equipo de protección respiratoria-código de seguridad para la identificación de botes y cartuchos purificadores de aire.

NOM-030-STPS-1993.- Seguridad-equipo de protección respiratoria-definiciones y clasificación.



**Enunciación de Normas Oficiales Mexicanas de carácter concurrente a la legislación ambiental y que regulan diversas condiciones en ámbitos ambientales de diversas actividades operativas.**

NOM-002-ECOL-1996.- Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

NOM 014-SSA1-1993.- Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

NOM-041-SSA1-1993.- Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias .

NOM-077-ECOL-1995.-Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

NOM-086-ECOL-1994.- Que establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en las fuentes fijas y móviles.

NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Protección Ambiental - Salud Ambiental - Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.

NOM-034-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-035-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

NOM-036-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-037-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-038-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-047-ECOL-1993.- Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

NOM-018-SSAT-1993.- Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de los agentes ambientales.

### **III.3.5 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS**

La zona donde se ubica el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca no se encuentra en alguna de las áreas naturales protegidas catalogadas dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México. Las áreas naturales protegidas más cercanas al sitio del proyecto son El Bosque La Primavera que se encuentra ubicado aproximadamente a 80 km en línea recta del sitio del proyecto, en las inmediaciones de los Municipios de Zapopan, Tlajomulco de Zuñiga, Tala y El Arenal, Jalisco; así como el Área Municipal de Protección Hidrológica “Barranca del Río Santiago” que se ubica en el Municipio de Zapopan, Jalisco;

El Bosque La Primavera, el cual fué decretado como Área Natural Protegida el 06 seis de marzo de 1980 mil novecientos ochenta, cubre una superficie de 30 500 ha treinta mil quinientas hectáreas, siendo sus puntos geográficos extremos los paralelos 20°37' - 20°45' de Latitud Norte y los 103°35'-103°28' de Longitud Oeste. Se extiende sobre los puntos de confluencia de los municipios que ocupa, por lo que se puede acceder a éste por caminos de terracería. La declaratoria de Área Natural Protegida es con el propósito, por un lado, de aplicar sobre la base de enfoques multidisciplinarios, medidas de regulación y control que eviten la alteración o degradación del ecosistema y, por otro, aprovechar el lugar para fines de esparcimiento, permitiendo la entrada a visitantes y turistas bajo especiales condiciones, con fines educativos, culturales y de recreación.

El Área Natural Bosque La Primavera se ubica en la Provincia Fisiográfica de la Cordillera Neovolcánica, dentro del tronco de los Municipios de Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, Tala y El Arenal, Jalisco. Con relación a la vegetación, el Área Natural de La Primavera presenta zonas de Bosque de Encino, Pino y Matorrales, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino-Pino, Bosque Tropical Caducifolio y Pastizal, presentándose en este tipo de vegetación a los pinos y encinos como especies dominantes, aunque este tipo de vegetación ha estado sometido a la presión originada por la ganadería y el crecimiento demográfico de la zona urbana de Guadalajara, Jalisco. La fauna silvestre se compone de 135 ciento treinta y cinco especies clasificadas de aves, sin que a la fecha se cuente con catálogo completo de otras especies.

Fuente: Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.  
Página Web: <http://www.conanp.gob.mx/>

Otra de las áreas de importancia para referenciar es el Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago que se ubica en el Municipio de Zapopan, Jalisco, aproximadamente a 70 km en línea recta del proyecto, el cual es de reciente creación, mediante decreto de fecha 7 siete de octubre del 2004 dos mil cuatro. Cubre una superficie de 17 729 ha diecisiete mil setecientos veintinueve hectáreas, siendo sus puntos geográficos extremos los paralelos 20°50'35" y 20°58'30" de Latitud Norte y 103°30'45" y 103°39'45" de Longitud Oeste, por lo que se puede acceder a éste por caminos de terracería. La declaratoria de Área Natural Municipal es con el propósito de mantener la diversidad biológica y asegurar la continuidad de los procesos evolutivos de los ecosistemas existentes. Recreación y Desarrollo Turístico, Protección y promoción del patrimonio Histórico y Cultural

Se ubica en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Mexicano. El área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago ocupa su extensión dentro del Municipio de Zapopan, Jalisco. Con relación a la vegetación, el Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago presenta zonas de Bosque Tropical Caducifolio, Bosque de Encino y comunidades Rupícolas, aunque este tipo de vegetación ha estado sometida a la presión originada por la ganadería. Su biodiversidad se compone de 869 ochocientos sesenta y nueve especies de plantas, 11 once especies de Lepidópteros, 121 ciento veintiún especies de aves, 29 veintinueve especies de mamíferos y 53 cincuenta y tres de herpetofauna.

Fuente: Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.  
Página Web: <http://www.conanp.gob.mx/>

De todo lo anterior se desprende que, dada la distancia que existe entre el sitio proyectado para el PH La Yesca con dichas Áreas Naturales Protegidas, es de estimar que éstas no sufrirían impacto alguno, por lo que se establece que el desarrollo del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca es compatible con las políticas de conservación que establecen los programas o planes de manejos de dichas áreas y no se contraviene a las mismas.

### **III.4 OTRAS DISPOSICIONES U ORDENAMIENTOS**

#### **III.4.1 REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS**

El área donde se desarrollará y ejecutará el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca no se encuentra ubicada dentro de alguna Región Terrestre Prioritaria, en función de la regionalización establecida por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.  
Página Web: <http://www.conabio.gob.mx/>

### III.4.2 REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS

El área donde se llevará a cabo la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca se encuentra ubicada dentro de la Región Hidrológica Prioritaria No. 22 veintidós, denominada cuenca Río Baluarte – Marismas Nacionales, dada la información de la CONABIO; su ubicación respecto al sitio del proyecto, tiene una extensión de 38 768,73 km<sup>2</sup>, enclavada en los Estados de Nayarit, Sinaloa, Durango, Jalisco y Zacatecas y su ubicación poligonal es la siguiente:

**Polígono:** Latitud 23°52'48" - 21°24'00" N  
LONGITUD 106°06'00" – 103°44'24" W

Sus recursos hídricos principales son:

**lénticos:** Presa Aguamilpa, Lagunas de Agua Brava, Teacapán, El Caimanero, Mezcatitlán, lagunas costeras, pantanos y más de 100 pequeños cuerpos.

**lóticos:** Ríos Baluarte, Cañas, Acaponeta, Rosamorada, San Pedro o Alto y Bajo Mezquital, Graceros, Grande de Santiago, Huaynamota, Matatán, Chapalagana, Jesús María, Bolaños, Valparaíso y un gran número de arroyos.

**Geología/Edafología:** llanura costera del Pacífico presenta sedimentos aluviales, limosos y arcillosos; suelos tipo Solonchak. Planicie extensa con cordones de playa que aíslan cuerpos de agua. La parte alta corresponde a zonas de topografía accidentada con cañones y mesetas. Abarca las Sierras El Nayar, Los Huicholes, Muruata, Álamos, Valparaíso, Mesa del Conejo, Mesa el Rayo, Mesa La Gloria, Mesa Los Altos de San Pedro, etc. En general los suelos son de tipo Litosol, Regosol, Feozem y Luvisol.

**Características varias:** climas semiseco templado, semiseco cálido, templado subhúmedo, cálido, húmedo, cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, todos con lluvias en verano y algunas lluvias invernales; vientos tipo monzón del SE al NW. Temperatura media anual 16 - 18 °C. Precipitación de 1 000 - 2 000 mm; evaporación de 1 800 mm.

**Principales poblados:** San Blas, Tepic, Villa Hidalgo, Mezquital, Santiago Ixcuintla, Rosario, Rosamorada, Acaponeta, Tecuala, Ruíz, Quimiquis, Tuxpan, Escuinapa de Hidalgo, Valparaíso, Nayarit.

**Actividad económica principal:** minería, turismo, pesca, agricultura de humedad, de temporal y de riego, apicultura, acuicultura (camaronicultura principalmente, moluscos, crustáceos y peces) y ganadería.

La problemática presente en esta región hidrológica, en función de lo establecido por la CONABIO, es la siguiente:

- **Modificación del entorno:** por la infraestructura minera, deforestación con fines agrícolas, construcción de presas y canales, desecación de cuerpos de agua para camaronicultura, desviación de corrientes superficiales y abastecimiento de agua. Deterioro del cauce de los ríos por la presa de

- Aguamilpa. Construcción de caminos.
- Contaminación: por aguas negras, agroquímicos, pesticidas y metales pesados.
- Uso de recursos: extracción de agua para agricultura y acuicultura. Especies introducidas: la tilapia azul *Oreochromis aureus*, la carpa dorada *Carassius auratus*, la carpa común *Cyprinus carpio*, el bagre de canal *Ictalurus punctatus* y el crustáceo *Macrobrachium rosenbergii*. Violación de vedas. Introducción de ganado caprino. Cacería ilegal e introducción de especies exóticas en los ranchos cinegéticos.

Las políticas de conservación que establece la CONABIO para esta región hidrológica son las siguientes:

**Conservación:** se propone: conservación de humedales, no a la apertura de bocas, manejo de agua balanceado, control de agroquímicos, plantas de tratamiento de aguas residuales, control de granjas acuícolas, no a la desviación de lóticos y control del turismo. Existen áreas de reproducción de cocodrilos que deben protegerse, así como áreas de manglar en barras arenosas, las islas de Palmar y Puerto Palapares. Hacen falta estudios de endemismos y de biodiversidad en general. No se tiene información de las reservas de aguas subterráneas existentes. La presa de Aguamilpa ha propiciado el crecimiento de especies exóticas que pueden llegar a las partes no alteradas. La urbanización y contaminación por motores ya está afectando la parte baja. Se desconoce la hidrología básica de los ríos; asimismo, el inventario biótico está incompleto.

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.  
Página Web: <http://www.conabio.gob.mx/>

En relación a las regiones terrestres e hidrológicas prioritarias del país, señaladas por la CONABIO y sus características, es de entender que las mismas, son de importancia para el desarrollo del país, sin embargo dicha importancia no es ni debe de ser entendida como exclusivamente de conservación, si no que por el contrario de aprovechamiento, por lo cual el PH La Yesca, se constituye de forma conjunta con la valoración hecha a los planes de desarrollo analizados, se proyecta como una obra de valor estratégico en el crecimiento nacional en todos los sentidos, al no contravenir dicho proyecto con los principios nacionales de conservación.

### **III.5 AUTORIZACIONES Y GESTIONES PARA EL DESARROLLO Y EJECUCION DEL PH LA YESCA**

La Comisión Federal de Electricidad ha realizado a la fecha el trámite de algunas gestiones necesarias para el desarrollo y ejecución del respectivo Proyecto Hidroeléctrico La Yesca y los cuales serán incluidos en la presentación de este estudio.

### III.5.1 RÉGIMEN DE PROPIEDAD Y ANUENCIAS PARA EJECUCIÓN DE LABORES

El régimen de propiedad preponderante en la zona es el de propiedad particular, por ese motivo, los pequeños propietarios que sufrirían afectaciones directas en los predios de su propiedad, han otorgado en un 95% su anuencia.

Los predios y propietarios involucrados por la construcción del proyecto y la formación de su embalse se muestran en la siguiente tabla. Cabe señalar que corresponde a información proporcionada por la Secretaría de la Reforma Agraria en la etapa de Factibilidad del proyecto, por lo que actualmente se están elaborando los deslindes y planos específicos de cada predio afectable, mismos que serán empleados para los trámites legales que correspondan.

PREDIOS AFECTABLES POR EL EMBALSE					
No.	SUPERFICIE TOTAL	SUPERFICIE AFECTABLE ha	ESTADO Y MUNICIPIO	PREDIO	PROPIETARIO
1	768-60-00	71,69117717	NAY. LA YESCA	FC. BARRANCA DEL NOGAL	JOVITA JIMENEZ CASTAÑEDA
2	400-00-00	101,2474087	NAY. LA YESCA	EL NARANJO	RODRIGO HERNANDEZ SALAZAR
3	400-00-00	37,71897439	NAY. LA YESCA	EL PLAN DE BORREGO	JUAN MANUEL HERNANDEZ SALAZAR
4	285-75-00	75,28641296	NAY. LA YESCA	EL CIRUELITO	JUAN Y LAMBERTO MURILLO ACOSTA
5	200-00-00	134,3735251	NAY. LA YESCA	CUCHILLA DEL PASO DE LA YESCA	LAURO Y MARCOS GARCIA MORENO
6	170-00-00	90,64563736	NAY. LA YESCA	EL POTRERO	MARCOANTONIO CELAYA CHACÓN
7	800-00-00	67,94999436	NAY. LA YESCA	LAS MINITAS	PEDRO CELAYA CASTAÑEDA
8	690-00-00	171,8597088	NAY. LA YESCA	AGUA ZARCA	ALBERTO SALINAS LOPEZ
9	135-00-00	7,30493816	NAY. LA YESCA	EL CABALLITO	DIMAS SALINAS GUZMÁN
10	333-60-00	32,67105992	NAY. LA YESCA	OJO DE AGUA	J. JESÚS Y DANIEL RODRIGUEZ LOPEZ
11		9,46363505	NAY. LA YESCA	SANTA CRUZ	DAVID ARELLANO PEREZ
12		18,52955714		LA JOYA	PABLO SALINAS PEREZ
13		4,1804965		SANTA CRUZ	DAVID ARELLANO PEREZ
14	150-00-00	0,57534731		EL PELILLOS Y TAMBORES	AMADO CORTES
15		2,12201103		APANICO	MANUEL CORTEZ SANDOVAL
16		1,30248228			EVEDONIO BAUTISTA GUZMAN
17	1050-00-00	41,7670189	TEQUILA	ZOPILOTE, EL TACHINELO Y EL BARRITO	RAMON PADILLA RAMIREZ
18		3,26305782	TEQUILA	LAS GUÁCIMAS	FRANCISCO RODRIGUEZ PADILLA
19		23,73569636			MIGUEL CHAVEZ
20	77-00-00	40,01080676	TEQUILA	TENALTITÁN	FRANCISCO MOTA COSTILLA
21		2,04454559			REFUGIO MOTA RODRIGUEZ
22		22,39426346			REFUGIO MOTA RODRIGUEZ (NATALTITÁN)
23	600-00-00	90,86417668	TEQUILA	LA MESA BLANCA	MANUEL HERRERA BARAJAS
24	550-00-00	63,18071513	TEQUILA	EL AHUACATE	ANTONIO GUZMÁN NAJAR
25	950-00-00	171,5327	TEQUILA	PALOS VERDES	HERMENEGILDO VALDEZ TOPETE
26	180-00-00	114,8647817	TEQUILA	EL TORIL	ANGEL VALDEZ PEREZ
27	120-00-00	18,75191992	TEQUILA	BUENA VISTA	AUSENCIO VALDEZ PEREZ
28	600-00-00	129,8895406	TEQUILA	GOLONDRINAS	Mo. DE LOURDES RODRIGUES CASTRO
29		42,29847004			JAVIER HERRERA HARO
30	471-00-00	35,70505368	TEQUILA	AMATÁN	ELISEO HERRERA
31	536-28-00	62,09732029	TEQUILA	MESA DE SAN MIGUEL	CARLOS MORENO ARANJO Y C D

32	416-23-00	5,91313398	TEQUILA	PUEBLO VIEJO	AGUSTIN GUZMÁN SANCHEZ
33	555-28-00	64,47658994	TEQUILA	PUEBLO VIEJO	SALVADOR GUZMÁN SANCHEZ
34	172-19-00	23,07932063	TEQUILA	MESA DE LOS CHILES	EUSEBIO ARAUJO ARELLANO
35	328-47-00	41,36086507	TEQUILA	EL SABINO	CARMEN MORENO BRISEÑO
36	1562-35-00	76,32399427	TEQUILA	CASA BLANCA	JUVENTINO LAMAS ROJAS
37	668-85-00	38,48366867	TEQUILA	MESA DE LOS PALOMOS	ADALBERTO Y ROGELIO MACIAS ROJAS
38		21,12253311	TEQUILA	LAS CONCHILLAS	AGUSTIN ESMERIO COBARRUBIAS
39	130-22-00	4,84497848	TEQUILA	LA BARRANCA	AGUSTIN ESIMERIO COVARRUBIAS
40		22,31290163	TEQUILA	LA BARRANCA	MARTA RIVERA MEDINA
41		12,48853882	TEQUILA	LA BARRANCA	AGUSTIN ESIMERIO COVARRUBIAS
42	381-96-00	2,53837059	TEQUILA	LA MATITA	JOSÉ MACÍAS MURILLO
43	1292-55-00	7,55306722	TEQUILA	MAZALTE	MARIA DE LOS ANGELES AGUIRRE JAIMES
44		7,39754724	TEQUILA		JOSÉ CASTAÑEDA IBARRA
45	1356-23-00	61,7792665	TEQUILA	INNOMINADO	ANGELINA CONTRERAS Y HILDA SANDOVAL
46	74-10-00	7,11068974	TEQUILA	EL COLORADO	IGNACIO MAGAÑES GARCIA
47	136-97-00	14,5019924	TEQUILA	EL TECUÁN	EDUVIGENES CARRANZA BAÑUELOS
48		12,82994314	TEQUILA	LA SOLEDAD	RAMIRO CARRANZA SANCHEZ
49		11,92946934	TEQUILA	LA SOLEDAD	PAZ MARTINES CARRANZA
50	316-94-50	12,55003245	TEQUILA	LAS CABEZAS	PORFIRIO IBARRA GALINDO
51	88-65-40	1,72390551	TEQUILA	LA MESA	PORFIRIO IBARRA GALINDO
52	111-09-10	0,08851464	TEQUILA	LADERA NORTE DEL CAJÓN	JOSÉ REYES VILLALOBOS CASTAÑEDA
53	402-21-90	10,38618425	TEQUILA	EL ESCALÓN	EJIDO EL ESCALÓN
54		35,77202727	HOSTOTIPAQUILLO	LLANO DE VELA	LLANO DE VELA DOT
55	313-18-00	23,14352921	TEQUILA	SAYULIMITA	EDUARDO ORENDAIN
56	1273-95-00	112,3339729	TEQUILA	HACIENDA DE SAYULIMITA	MANUEL MORENO SANCHEZ
57	741-01-00	26,93890193	HOSTOTIPAQUILLO		EJIDO SAYULIMITA DOT
58	722-69-00	99,51402983	HOSTOTIPAQUILLO	EL TEPIQUE	ANTOÑO BAÑUELOS CASTAÑEDA
59	1584-40-00	93,06037293	TEQUILA	EJIDO SANTO DOMINGO	EJIDO SANTO DOMINGO
60	834-00-00	98,52789017	HOSTOTIPAQUILLO	LAS ANONAS	JESÚS GARCIA ACOSTA
61		13,07456881			
62		18,28376387	HOSTOTIPAQUILLO	RANCHO Sto.DOMINGO	SALVADOR MACIAS MOJARRO
63		31,92982641	HOSTOTIPAQUILLO	SANTO DOMINGO	AUCENCIO ROJAS PIZ
64	400-00-00	3,47839122	HOSTOTIPAQUILLO	CERRO DE LA BOLSA	JESÚS MONROY ARELLANO
65	405-00-00	66,13252369	HOSTOTIPAQUILLO	LA YESCA	DIÉGO VALLES HARO Y COND.
66	2478-72-57	395,3173769	HOSTOTIPAQUILLO	LA YESCA	LAURO GARCIA MORENO Y COND.

Ver Plano Informativo Tenencia de la Tierra (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II).

### III.5.2 PERMISO GENERAL DE REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGA Y CONTROL DE EXPLOSIVOS

Al respecto la Comisión Federal de Electricidad, gestionó y obtuvo en dicho rubro el correspondiente Permiso General del Registro Federal de Armas de Fuego y Control de Explosivos, número 304-JAL., de la Sección de Explosivos, de la Mesa de Construcciones, de fecha 05 diciembre del año 2004, con vigencia para todo el año 2005 debidamente emitido por el Gral. de Bgda. D.E.M. Alfredo Hermilo Herrera Muñoz, Director General del Registro Federal de Armas de Fuego y Control de Explosivos de la Secretaria de la Defensa Nacional, permiso que no cuenta con mayor limitante que la de restricción de almacenamiento permanente y solo será posible que con el mismo retire de los polvorines de la casa proveedora las cantidades necesarias para el consumo inmediato, por lo cual de lo anterior es de determinar que con dicha autorización se entiende dicho requerimiento legal como totalmente cubierto y de esta manera se anticipa este requerimiento y se cumple con los más esenciales principios de legalidad en el rubro para la ejecución de un Proyecto Hidroeléctrico como el que nos ocupa.

IV.2.4	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL, ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES, RECURSOS O ÁREAS RELEVANTES Y/O CRÍTICAS E IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CAMBIO EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	289
IV.2.4.1	Descripción general de estructura e interrelaciones entre componentes ... ..	289
IV.2.4.2	Funcionamiento del sistema ambiental regional. ....	296
IV.2.4.3	Subsistema acuático .....	298
IV.2.4.4	Subsistema terrestre .....	299
IV.2.4.5	Medio socioeconómico (Actividades Antropogénicas).....	300
IV.2.4.6	Componentes relevantes .....	301
IV.2.4.7	Análisis de los componentes, recursos o áreas relevantes y/o críticas. ....	302
IV.2.5	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CAMBIO EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	357
IV.2.6	CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS.....	358
IV.2.6.4	Construcción de escenarios futuros (sin proyecto) .....	358



**IV.2.4 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL, ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES, RECURSOS O ÁREAS RELEVANTES Y/O CRÍTICAS E IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CAMBIO EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.**

**IV.2.4.1 Descripción general de estructura e interrelaciones entre componentes**

Antes de presentar la descripción estructural y funcional del sistema ambiental es conveniente realizar una síntesis de las características más relevantes. Para facilitar esta síntesis se realiza agrupando los elementos en medio biótico, medio físico y medio social. Las características más relevantes de cada componente del entorno se presentan de manera condensada en el Diagrama de la figura 70. De igual forma se indican las interacciones que se presentan entre los diferentes componentes.

**Medio físico**

Agua:

La disponibilidad del recurso hídrico está íntimamente ligada a los aportes de agua de los Ríos Santiago, Bolaños, Tequila y, en menor medida, el Chico, ya que el agua subterránea es escasa y de mala calidad.

El principal aporte de agua a la zona llega por el Río Santiago, la cual se encuentra altamente contaminada, debido a las descargas de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG), además de presentar variaciones diarias importantes en su caudal y nivel como consecuencia de la regulación que se realiza en la Presa Santa Rosa, donde el agua es utilizada para la generación de energía. Estas variaciones en el caudal causa inconvenientes y riesgos a la población. Otro aporte con altos niveles de contaminación lo realiza el Río Tequila, ya que este conduce las descargas de las empresas agroindustriales dedicadas a la producción de tequila, el volumen de aportación de este afluente a la cuenca del Río Santiago se puede considerar pequeño.

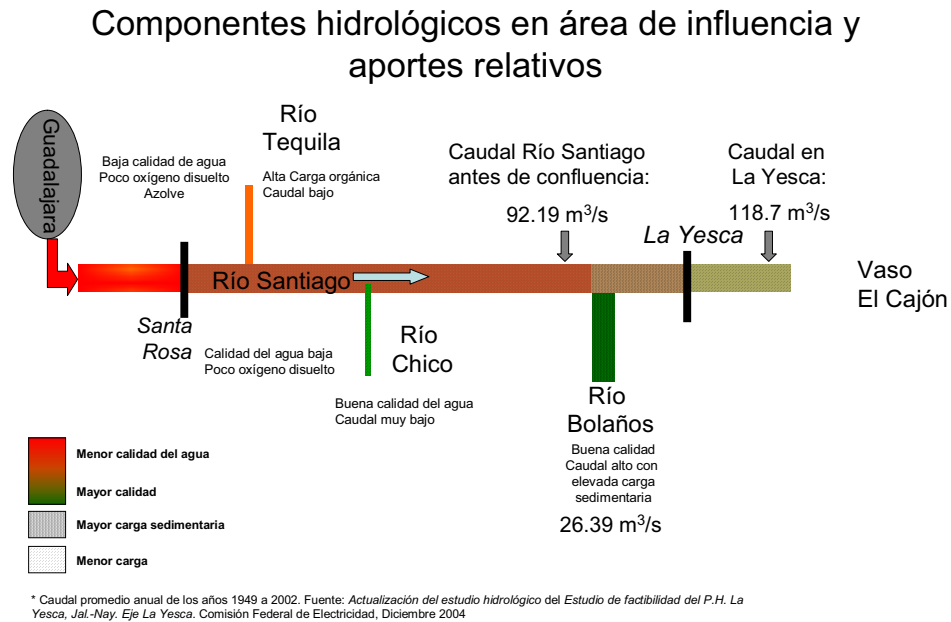
El Río Bolaños (el afluente más importante del Río Santiago en el sistema ambiental) y el Río Chico realizan aportes de agua de buena calidad, generando una mejora en la calidad de agua del Santiago. Sin embargo, esta mejora es más significativa durante la época de lluvias, cuando el aporte de agua de estos ríos puede ser superior al caudal del Río Santiago que procede de la Presa Santa Rosa.

Es en este componente donde se presenta la mayor influencia humana principalmente de actividades que ocurren fuera del área de estudio (ZMG), lo cual ocasiona que la calidad del agua en el río sea de muy baja calidad. Debido a las condiciones topográficas el aprovechamiento del agua en la zona del proyecto con fines agrícolas, está muy restringido.

Por lo que respecta a la disponibilidad de agua proveniente de manantiales y pozos profundos, estos son escasos, considerando que una de sus principales limitantes para el aprovechamiento de éstos, es que se encuentran contaminados, aunado a que los volúmenes disponibles son pocos, sin embargo estos manantiales y pozos son la principal fuente de suministro de agua para los pocos pobladores de la zona.



Lo antes descrito se puede interpretar gráficamente en la siguiente imagen:



**Figura 71. Descripción de los aportes de agua al Sistema Ambiental.**

## CLIMA

El clima en sistema ambiental es extremo, presentando temperaturas elevadas casi todo el año, pero en especial durante el verano, lo cual asociado a la existencia de la temporada de sequía que dura aproximadamente 8 meses, genera condiciones poco atractivas para la creación de asentamientos humanos. Lo anterior, aunado al relieve accidentado de la zona, genera condiciones desfavorables para el desarrollo de actividades agropecuarias.

## CALIDAD DEL AIRE

La baja densidad poblacional y el hecho de que la principal actividad humana es la ganadería extensiva, hace que la calidad del aire en el área sea buena y solo de manera puntual en las orillas de los caminos se puede observar el efecto de la suspensión de partículas por la circulación de vehículos.

## GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El área de estudio corresponde a un cañón, en el cual el relieve es muy abrupto y por lo tanto presenta pendientes muy pronunciadas, lo cual hace que la zona sea poco accesible, lo que se refleja en la ausencia de vías de comunicación.

Un aspecto, aunque limitado a pequeñas áreas, pero que se deben considerar para el desarrollo de las obras del proyecto y la posible

instalación de infraestructura para el aprovechamiento futuro del embalse, es el posible desprendimiento de materiales rocosos en algunas zonas.

Las pendientes pronunciadas hacen que en algunas áreas se presenten condiciones escénicas de alta calidad, aunque, por la ausencia de vías de comunicación y la baja densidad poblacional, no se consideran como elementos de gran relevancia.

## **SUELO**

La mayor parte de los suelos cuentan con una baja capacidad agrológica, debido a que éstos son someros, con pendientes pronunciadas, alta pedregosidad y lo que es más importante, no son mecanizables, por lo que en su mayoría son utilizados para la producción ganadera. Desde el punto de vista agrológico los suelos se ubican en general como de Clase VII- VIII (forestal y vida silvestre respectivamente), por estas razones se considera que su vocación es para la conservación. Estas condiciones propician una fragilidad alta de estos suelos, por lo que para su protección es necesario conservar la cubierta vegetal natural.

## **MEDIO BIÓTICO**

### **VEGETACIÓN Y FAUNA.**

La mayor parte de la superficie del sistema ambiental se encuentra cubierta por la vegetación nativa, en particular de Selva Baja Caducifolia, la cual se distribuye principalmente en las laderas de los cerros y las paredes de los cañones de los ríos. Esta vegetación se ha conservado principalmente por la inaccesibilidad de las zonas donde se distribuye. En las zonas más planas, en especial cercanas a las cimas de los cerros, la vegetación ha sido eliminada para aprovechamiento fundamentalmente pecuario. En mucho menor proporción se encuentra Bosque de Encino, Vegetación Riparia<sup>1</sup> y sucesiones avanzadas de la Selva Baja Caducifolia<sup>2</sup>. Debido a las condiciones climáticas, la mayor parte de las especies son caducifolias.

En muchas áreas la vegetación presenta algún deterioro, debido a las formas tradicionales de realizar las actividades productivas y al mal manejo de los recursos naturales. Las zonas con mayor deterioro son las que corresponde a los municipios de Hostotipaquillo y Tequila, principalmente en las partes altas con mejores condiciones topográficas, debido a que estas zonas cuentan con un gran número de caminos que unen tanto a pueblos, como a rancherías y caseríos, donde abundan especies de vegetación secundaria derivada principalmente de la Selva Baja Caducifolia.

En los cañones de los Ríos Santiago, Bolaños y Chico, se encuentran áreas donde la vegetación presenta un alto grado de conservación. También existen especies que se encuentran bajo estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001, aunque prácticamente todas ellas presentan una distribución en casi todo el sistema ambiental y se extienden

<sup>1</sup> Esta vegetación solo se presenta en pequeñas vegas a lo largo de los ríos, o en las partes bajas de las cañadas.

<sup>2</sup> Estas áreas generalmente fueron praderas que han sido abandonadas y donde la Selva va recuperándose, ganando terreno paulatinamente.

a lo largo del cañón del Río Santiago más allá del área en estudio, tanto aguas arriba como aguas abajo, siendo su abundancia, en general, alta.

Por otro lado, en embalses localizados aguas arriba<sup>3</sup> y aguas abajo<sup>4</sup>, se observa que ese tipo de ambientes han propiciado la presencia de una cantidad importante de aves acuáticas.

La fauna local se encuentra ligada a la vegetación, ya que ésta provee de sitios de reproducción, alimentación y refugio. Al igual que en la vegetación, se detectó la presencia de especies que se encuentran bajo estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001.

La característica relevante del cañón del Río Santiago es que se trata de un corredor biológico a través del cual se puede dar el movimiento de organismos desde la planicie costera hasta la parte alta de la cuenca.

### **MEDIO SOCIOECONÓMICO.**

La densidad poblacional es baja, por lo que se presenta poca intervención de las actividades antrópicas.

Como se ha indicado, lo anterior es consecuencia de la existencia de un clima poco confortable y la ausencia de condiciones propicias para el desarrollo de actividades productivas, que también ha ocasionado que sea un área poco accesible e incomunicada. Por lo anterior, los asentamientos están dispersos, además de haberse favorecido la emigración de la población. La disponibilidad de agua para uso humano también es muy limitada y varios de los manantiales presentan condiciones inadecuadas para su uso.

Las actividades económicas predominantes son del sector primario, las cuales se realizan bajo condiciones desfavorables lo que provoca bajos rendimientos. Los cultivos que se llevan a cabo con fines de autoconsumo son los básicos, como maíz y frijol. La siembra se produce bajo el sistema de "coamil", para lo cual se realiza el desmonte de un área, aplicando el sistema de "roza-tumba-quema", después de realizada la cosecha se abandona esta área y se utiliza una nueva en el siguiente ciclo de siembra. Estas prácticas, asociadas a pendientes pronunciadas y suelos frágiles, conducen a un empobrecimiento de la vegetación natural y con ello la pérdida del hábitat de la fauna del lugar. Por otro lado, existen también áreas extensas de laderas sobre los Ríos Santiago y Bolaños, que presentan pendientes superiores al 40 % de pendiente lo que ha resguardado la vegetación natural.

Existen unas pequeñas áreas en donde se realiza agricultura con mejores resultados productivos, éstas se ubican próximas a la central hidroeléctrica de Santa Rosa, en donde se dispone de agua, la topografía es más propicia para la mecanización, los suelos cuentan con una capa arable de mayor profundidad y lo que es más destacable para el desarrollo productivo de

---

<sup>3</sup> Central Hidroeléctrica Santa Rosa

<sup>4</sup> Central Hidroeléctrica Aguamilpa

esta área, es que existe un camino en buenas condiciones el cual es transitable todo el año. En esta zona se encuentran huertas de mango y ciruela.

Por lo que respecta al ganadería, ésta se realiza de forma extensiva, existiendo algunas praderas con especies introducidas, con un potencial forrajero mayor al de las especies nativas; cabe mencionar que en las áreas con vegetación nativa que en su mayor parte corresponde a una Selva Baja Caducifolia y que presentan condiciones topográficas mas regulares, también son utilizadas como agostadero. El producto de esta actividad es ganado en pie, el cual se envía a sitios con un sistema estabulado<sup>5</sup> en donde se finaliza su engorda y se manda a los canales comerciales de las cabeceras municipales o zonas urbanas de mayor tamaño como son la ZMG y la ciudad de Tepic.

La pesca se realiza de manera incipiente sobre los afluentes de los Ríos Santiago y Bolaños, al igual que el ganado, el producto de la pesca es enviado a los canales comerciales externos. Por lo que respecta al producto obtenido en el Río Santiago, éste muestra parasitosis y condiciones sanitarias inadecuadas, ya que el afluente presenta un alto grado de contaminación.

La actividad forestal no presenta un potencial considerable debido a que la mayor parte de las especies se consideran como de poco o bajo valor forestal, la explotación de éstas se utiliza para postes, carbón y combustible (leña), entre otras.

Existe también una incipiente actividad minera en la zona, aunque varias de las minas ya se encuentran abandonadas; dejando algunas de éstas, jales acumulados a cielo abierto.

La región tiene un bajo peso económico con respecto al tamaño de la economía del Estado de Jalisco y el área de estudio solo sirve de paso entre las cabeceras municipales. Sin embargo, los municipios de Magdalena y Tequila muestran un dinamismo económico mayor que el resto de los municipios de la región<sup>6</sup>. Tequila tiene un fuerte crecimiento impulsado por la actividad relacionada con la producción de tequila y con el ascenso del turismo. Ambos municipios tienen un equipamiento en salud y educación relativamente adecuado. Amatitán es un municipio que colinda con Tequila y complementario en términos económicos, es decir su economía responde a los vaivenes en la dinámica de su vecino.

Hostotipaquillo presenta una economía sustentada en el sector primario con baja productividad y poco competitiva, lo que se refleja en ausencia de oportunidades de empleo y buenas remuneraciones lo cual ha generado que el municipio esté inmerso en un proceso de pérdida de población.

---

<sup>5</sup> El ganado en pie se envía a corrales fuera del área de estudio (incluyendo los que se encuentran en el Municipio de La Yesca), esto en las cabeceras municipales de Hostotipaquillo, Tequila, Magdalena y El Arenal, o en las inmediaciones de estas.

<sup>6</sup> Esto en las cabeceras municipales, ya que ahí es donde se centran la aplicación de recursos y se fomenta el crecimiento de los mismos, además de contra con vías adecuadas de comunicación, a diferencia de la zona de estudio.

La Yesca es una economía precaria sin dinamismo, sustentada en actividades agrícolas y ganaderas no rentables. En especial la cabecera municipal, cuya economía está ligada a Jalisco a través de su relación con Hostotipaquillo; tiende a quedar sin pobladores ya que el mayor dinamismo económico del municipio se encuentra en las localidades de Puente de Camotlan y Apozolco, las cuales están ligadas a la economía de Nayarit.

La Yesca y Hostotipaquillo tienen niveles bajos de educación, escasa y de baja calidad cobertura de servicios de salud. Lo mismo ocurre con los servicios públicos, tienen una cobertura baja y además están ofertados en su máximo nivel de capacidad por lo que no hay capacidad de crecer su oferta.

Estas condiciones motiva a que los pobladores emigren de esta zona, ya sea a las cabeceras municipales o en un mejor caso para ellos, al extranjero.

Un efecto relevante de este fenómeno es la disminución en la tasa de deforestación. De acuerdo a un análisis realizado a las imágenes de satélite Landsat de la zona en las décadas de los 70's, 80's, 90s y 2000 la tasa de deforestación aumentó, pero a partir del año 2000 el proceso se invierte y comienza una recuperación de la vegetación en terrenos que habían sido desmontados con fines agropecuarios.

Esta recuperación de la vegetación y su fauna asociada, aunado al hecho de que se espera un saneamiento de las aguas del Río Santiago por la implementación de programas de tratamiento de las aguas residuales de la ZMG, hace esperar que en un futuro la calidad del sistema ambiental en su conjunto mejore sustancialmente.

#### **IV.2.4.2 *Funcionamiento del sistema ambiental regional.***

En los párrafos antecedentes se ha explicado cuales son las características relevantes del sistema ambiental y social donde se desarrollará el PH La Yesca. Sin embargo, para entender el funcionamiento del ecosistema, a continuación se realiza el análisis de las relaciones principales y determinantes del sistema. Para explicar lo anterior, se utilizará el diagrama de la figura 72.

Es conveniente indicar que el subsistema social prácticamente no aparece en el diagrama debido a que la población, dentro del sistema ambiental, no tiene un papel preponderante en la determinación de su funcionamiento.



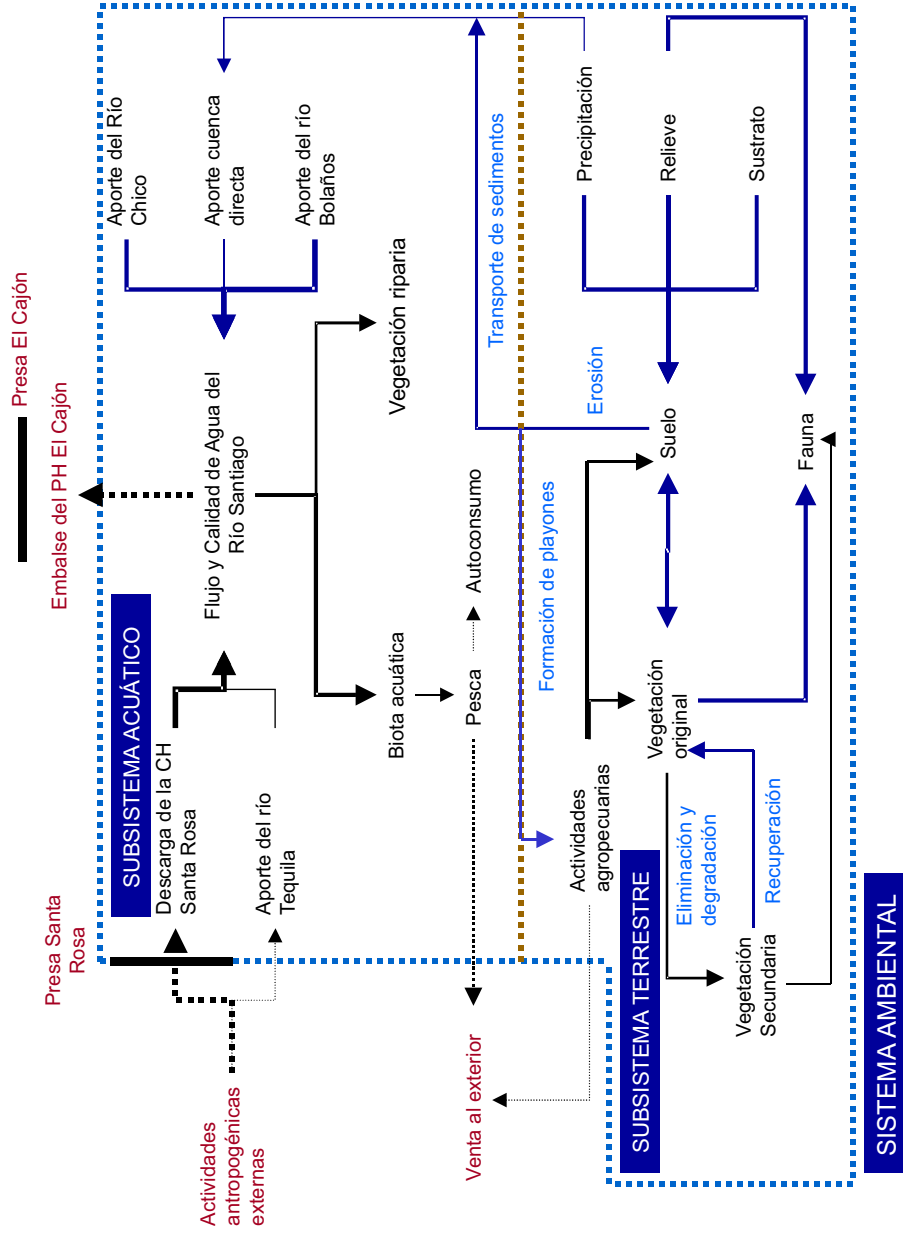


Figura 72 Diagrama del Funcionamiento del Sistema Ambiental Regional.

## EXPLICACIÓN DE “SÍMBOLOS” EN EL DIAGRAMA

*Líneas negras* - Predominio de la acción humana en los procesos involucrados

*Líneas azules* - Predominio de los procesos naturales sobre los que controla la actividad humana

*Líneas punteadas*. Entradas y salidas del sistema.

*Grosor de la línea* - Refleja la importancia relativa del proceso o interrelación.

### **IV.2.4.3      *Subsistema acuático***

En primera instancia cabe destacar que la presencia humana en el área de interés es muy limitada y la que será afectada directamente por el proyecto, es tan solo de algunas decenas, razón por la cual las actividades humanas que se desarrollan en estas áreas no juegan un papel relevante en el funcionamiento del sistema. Sin embargo, el sistema si resiente de manera sustancial el efecto de actividades que se desarrollan fuera del sistema ambiental en estudio y cuya influencia llega a través del cauce del Río Santiago.

El agua que llega al cauce del Río Santiago procede de la presa de Santa Rosa, la cual funciona como cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales de la Zona Conurbada de Guadalajara. Por esta vía llegan a la zona contaminantes de origen municipal e industrial, observándose concentraciones apreciables de nutrientes y de metales. Por otro lado, en el embalse de la presa Santa Rosa se retiene casi en su totalidad los sedimentos que arrastra el Río Santiago. Aunque los Ríos Chico y Bolaños aportan agua de buena calidad, el caudal de éstos no es suficiente para mejorar sustancialmente la calidad del agua del Río Santiago. Cabe hacer notar que por la alta energía de relieve en la cuenca del Bolaños el aporte de sedimentos sí es significativo.

El caudal del Río Santiago depende en mucho de la operación de la presa de Santa Rosa, presentándose variaciones significativas en el gasto y nivel del río a lo largo del día.

El Río Tequila es un afluente que recibe el Río Santiago, el cual es permanente debido a la actividad humana, ya que recibe las descargas de la población del mismo nombre y las procedentes de la industria tequilera que existe en la zona. El caudal de este río no es relevante en comparación con el escurrimiento de los Ríos Santiago y Bolaños, pero sí genera una condición singular en el área, sobre todo desde el punto de vista escénico.

En la actualidad, el agua con la mayor parte de los sedimentos y contaminantes que transporta, se mueve hacia aguas abajo del sistema ambiental que hemos delimitado para este trabajo, llegando hasta la presa de Aguamilpa, donde se observa el efecto de la contaminación del agua, como lo demuestran los resultados del análisis de calidad de agua, tanto en características físicas y químicas, como biológicas.

La baja calidad de agua en el cauce del Río Santiago, y pudiera ser que también las variaciones drásticas en el gasto, se refleja en los componentes bióticos del subsistema acuático, observándose una riqueza específica y diversidad baja en comparación con cuerpos lóticos de alta calidad, como puede ser el propio Río Bolaños. Un ejemplo muy notorio a este respecto, es la inexistencia de nutria (posiblemente el elemento biótico de mayor relevancia en el sistema) sobre el cauce del primero y su presencia en el segundo. Estas diferencias también se observan en otros grupos de animales y plantas.

A pesar de la mala calidad del agua se mantiene una actividad pesquera, principalmente de mojarra, que aunque es de baja relevancia en términos de volumen y del valor monetario, es una fuente de recursos que puede ser considerable para quienes la practican, debido a las restricciones naturales que existen para el aprovechamiento de otros recursos. El producto es utilizado para autoconsumo y en su mayoría para la comercialización, sobre todo en el municipio de Tequila. A la fecha, nadie ha evaluado el potencial riesgo sanitario que implica el consumo de peces del Río Santiago y se desconoce si estos peces presentan niveles significativos de algún contaminante.

Los efectos de la mala calidad del agua no parecen ser tan severos sobre la vegetación riparia, ya que no hay daños o afectaciones aparentes. Es probable que los cambios en el régimen hidrológico hayan afectado a este tipo de vegetación, pero no puede ser apreciado actualmente, ya que la distribución de esta vegetación en los márgenes del Río Santiago debe estar en función del comportamiento hidrológico actual (la Presa Santa Rosa tiene más de cuarenta años operando).

Las modificaciones físicas y químicas en el cauce del Río Santiago parecen no trascender significativamente hacia el subsistema terrestre, lo cual se debe a lo encañonado del río y por las altas pendientes de las laderas, lo cual permite poca influencia del cauce hacia los ecosistemas que se encuentran en las laderas.

La calidad del agua en el sistema ambiental ha decrecido y el régimen hidrológico ha sido modificado sustancialmente por efecto de actividades que se desarrollan fuera del sistema ambiental donde se instalará el proyecto, particularmente por descargas urbanas y la generación de energía eléctrica.

#### **IV.2.4.4      *Subsistema terrestre***

Ya se ha indicado la alta energía del relieve (fuertes pendientes) que se encuentran en casi todos los cañones de los ríos que se ubican en el sistema ambiental. Esta situación no favorece el desarrollo de suelos profundos aptos para el aprovechamiento agrícola. Debido a la fuerte pendiente, el arrastre de sedimentos por erosión hídrica puede ser considerable; éstos son transportados hacia los cauces de los ríos.; lo que, como ya se mencionó, es particularmente importante en la cuenca del Río Bolaños, ya que representa el principal aporte de sedimentos al Río

Santiago en el área de interés. Las fuertes pendientes, aunado a la ausencia de estructuras o actividades humanas relevantes (debido al aislamiento de la zona), dan origen a paisajes de un alto valor escénico.

El clima es cálido, alcanzando temperaturas de hasta 40° C, lo cual aunado a la alta frecuencia de calmas y humedades relativas altas, genera condiciones que representa un bajo de nivel de confort para el ser humano.

Por las condiciones del relieve y el clima dominante, el tipo de vegetación dominante es la Selva Baja Caducifolia, sobre todo en la parte baja de los cañones de los Ríos Santiago, Bolaños y Chico. También se encuentra vegetación riparia en algunas zonas de los cañones, aunque su extensión se encuentra limitada por las pendientes pronunciadas de éstos.

Las superficies ocupadas por vegetación secundaria o pastizales inducidos o cultivados, se encuentran limitadas a las partes altas de las laderas o cerros o donde la pendiente es menos pronunciada, y es en estas zonas donde es posible obtener algún rendimiento considerable de la implementación de actividades agropecuarias. La superficie que ocupan estas comunidades vegetales es aproximadamente 21,14% del total del sistema ambiental.

Las condiciones de relieve y climáticas que predominan en la zona, hacen difícil encontrar áreas en las cuales sea atractiva su apertura a prácticas de cultivo, por lo que se puede aseverar que a la fecha ya se ha aprovechado casi la totalidad de terrenos que pueden ser empleados en la agricultura. Actualmente se observa un proceso de recuperación de la vegetación sobre terrenos abandonados que fueron aprovechados con fines agropecuarios.

La riqueza y diversidad biótica en el área donde se construirá el proyecto es bastante alta y se presentan varias especies de plantas y animales que se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001; prácticamente todas ellas presentan una distribución amplia dentro de la zona de estudio.

En resumen, el ecosistema terrestre presenta condiciones de conservación bastante buenas, aunque por las condiciones del relieve y climáticas, puede ser considerado como frágil, la poca presencia humana y la inaccesibilidad de los terrenos aunado a la falta de comunicaciones, se puede pensar que no es muy vulnerable. En la actualidad en el sistema terrestre predominan los procesos naturales, aunque a diferencia del sistema acuático, las actividades humanas que afectan al sistema se producen “*in situ*”.

#### **IV.2.4.5 Medio socioeconómico (Actividades Antropogénicas)**

La baja densidad poblacional en el sistema ambiental se encuentra determinado principalmente por las condiciones del relieve y el clima, fuertes pendientes hacen inaccesible muchos de los terrenos y las altas temperaturas hacen que el rendimiento de las actividades agropecuarias sea muy bajo, así como también su confort climático. Como consecuencia del relieve también se tiene deficientes vías de comunicación, servicios educativos, salud y otros.

Por esta situación, se tiene un alto grado de marginación social y una alta tasa de emigración que ha llevado a un decremento neto de la población humana.

Las principales actividades humanas que se realizan en la zona son las primarias (agropecuarias), las cuales han modificado ligeramente el paisaje a través de la eliminación de la cubierta vegetal. Sin embargo, de acuerdo con lo observado en imágenes de satélite de los últimos 35 años, la presión que ejercen estas actividades tiende a decrecer, ya que se observa una recuperación de cobertura de selvas y bosques. Esto al parecer se debe a que la población ha emigrado y a que algunos de los terrenos que presentan condiciones adecuadas con fines agropecuarios han dejado de ser utilizados. Una actividad menor en el área es la pesca, la cual se destina a autoconsumo y venta, principalmente en el municipio de Tequila.

Debido a la baja calidad de agua del río, la demanda de este recurso por los habitantes se satisface de fuentes subterráneas, la que si bien no es determinante ni modifican el funcionamiento del sistema, si es de relevancia debido a que las poblaciones cercanas al cauce del río esta consumiendo agua con altos niveles de arsénico, aparentemente de origen hidrotermal.

Por las condiciones de la zona es difícil pensar que se puedan impulsar programas o actividades que permitan incrementar la productividad en la misma. En concordancia con esto, no existen programas orientados a mejorar las condiciones de vida en la zona.

En conclusión, se puede considerar como una zona aislada por su sensibilidad ambiental y factores como el clima, la topografía y el agua.

La ubicación espacial del funcionamiento ambiental dentro del área de estudio se puede apreciar en la figura 73.

#### **IV.2.4.6 Componentes relevantes**

En principio, todos los componentes del sistema son relevantes para su funcionamiento, pero es necesario establecer cuáles son los determinantes en el su comportamiento.

En la actualidad el subsistema acuático está siendo determinado por factores exógenos. La calidad del agua y el régimen hidrológico del Río Santiago en el tramo que comprende el sistema ambiental, está condicionado por la calidad de ésta que se descarga, así como el régimen operativo de la Presa Santa Rosa. Tanto las condiciones físicas y químicas del agua como los componentes bióticos del río, son función directa de la descarga de esta Presa.

En la parte terrestre es el relieve y el clima los elementos determinantes del tipo de suelo, vegetación y fauna, además del aprovechamiento agropecuario y forestal que se puede tener de los terrenos y por lo tanto del crecimiento económico y la dinámica poblacional.

**IV.2.4.7      *Análisis de los componentes, recursos o áreas relevantes y/o críticas.***

Con el objetivo de realizar el análisis de los componentes y obtener las áreas relevantes y/o críticas se optó por generar unidades ambientales (UA) esto es, áreas homogéneas de acuerdo a las características del componente que lo constituye, diferentes a las adyacentes, y donde se evaluó el Índice de Calidad Ambiental (ICA) que presenta, de acuerdo a la función de transformación correspondiente.

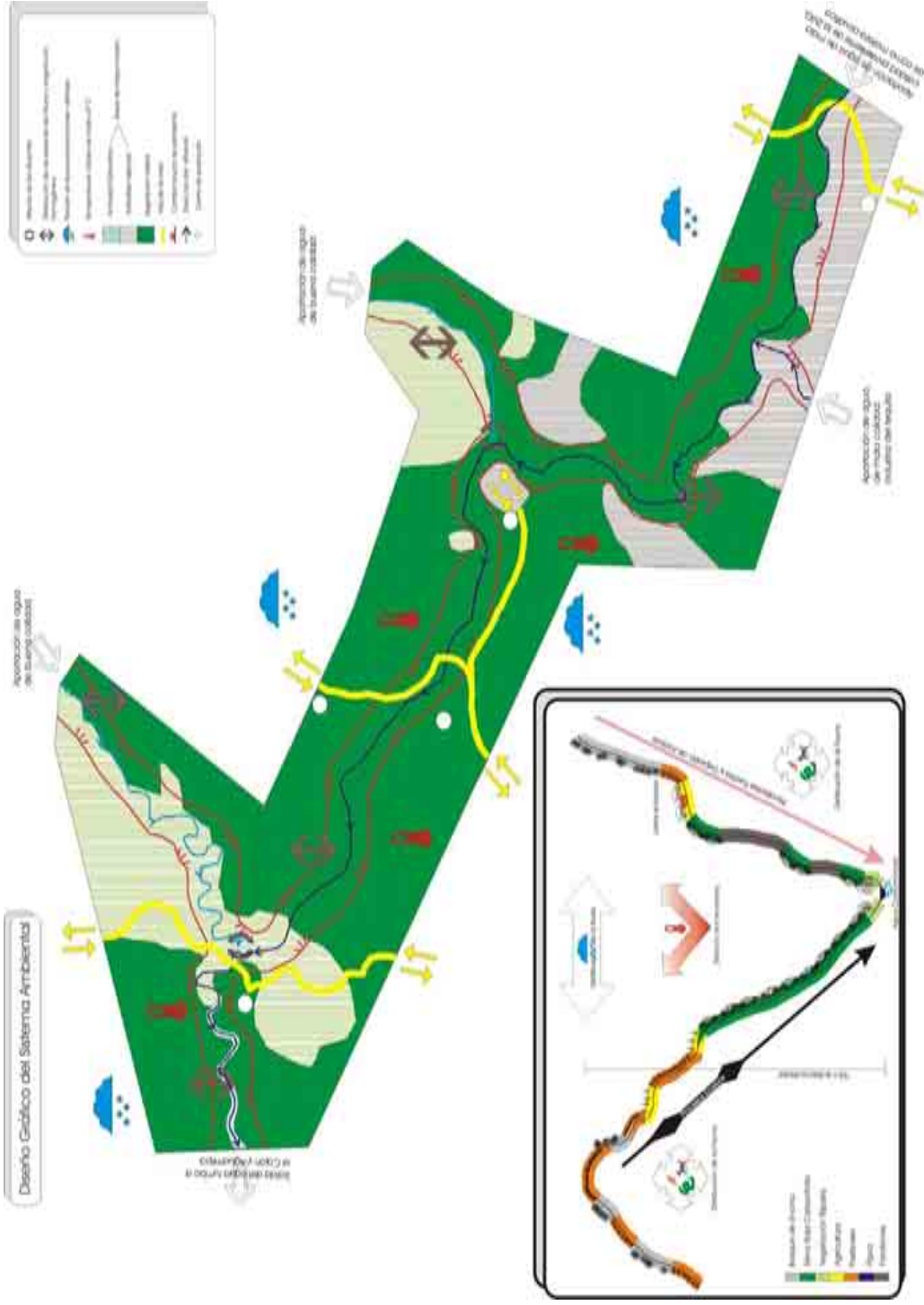


Figura 73. Diseño Grafico del Sistema Ambiental.

A continuación se describen las UA de cada factor con su respectivo ICA y su función de transformación de cada componente ambiental.

## Medio Físico

### Clima.

Se consideraron como unidades ambientales los tipos climáticos presentes en el área de estudio:

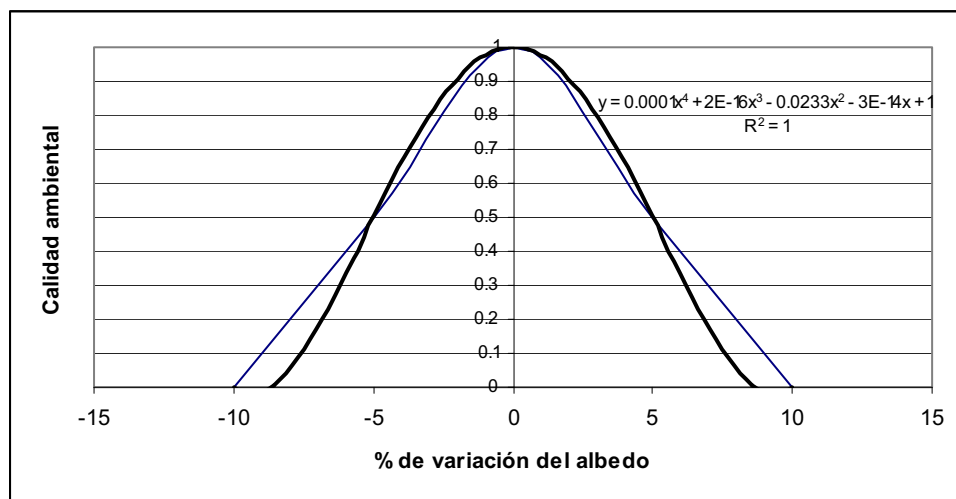
Clima Aw0  
Clima BS1(h')  
Clima (A)Ca(w0)

Se identificaron estas tres variantes climáticas principales de acuerdo con el Sistema de Clasificación Köppen-García y con la información de temperatura y precipitación colectada de las estaciones climatológicas ubicadas dentro y en los alrededores del área de estudio.

Estas variantes son significativamente diferentes entre sí, al menos en algún aspecto. Entre el clima Awo y el (A)C(wo) existe una diferencia importante en cuanto al régimen de temperatura. Mientras que entre estos dos tipos climáticos y el BS1(h') se establece una diferencia significativa en cuanto a la disponibilidad de humedad durante el año para el desarrollo de vegetación.

Los Índices de Calidad Ambiental propuestos y las funciones de transformación respectivas, se detallan a continuación:

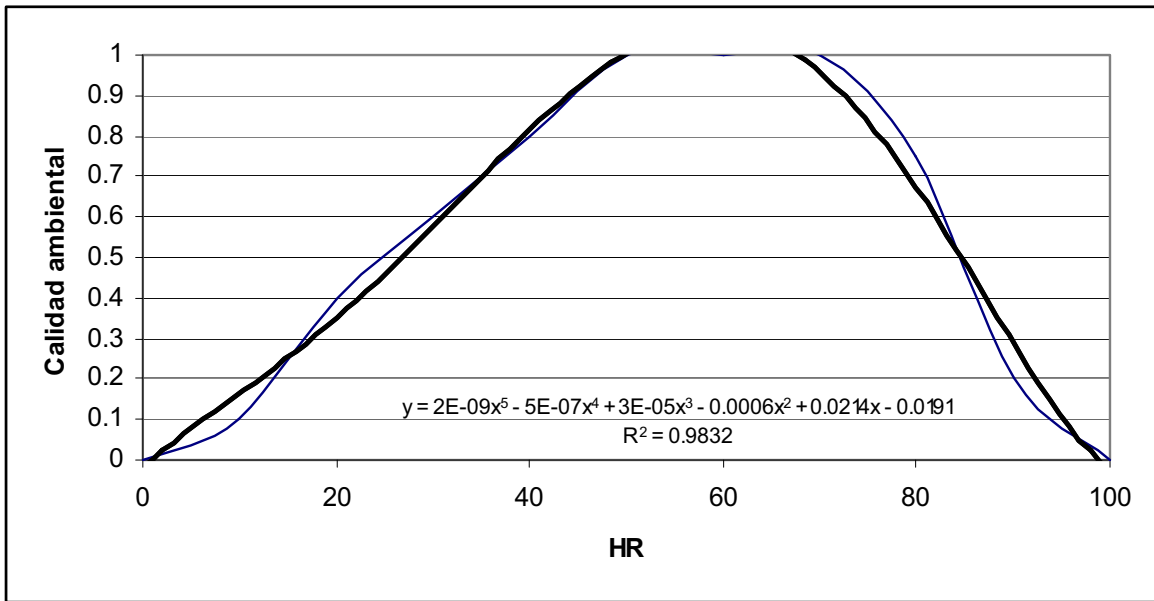
### Variación del albedo Función de transformación



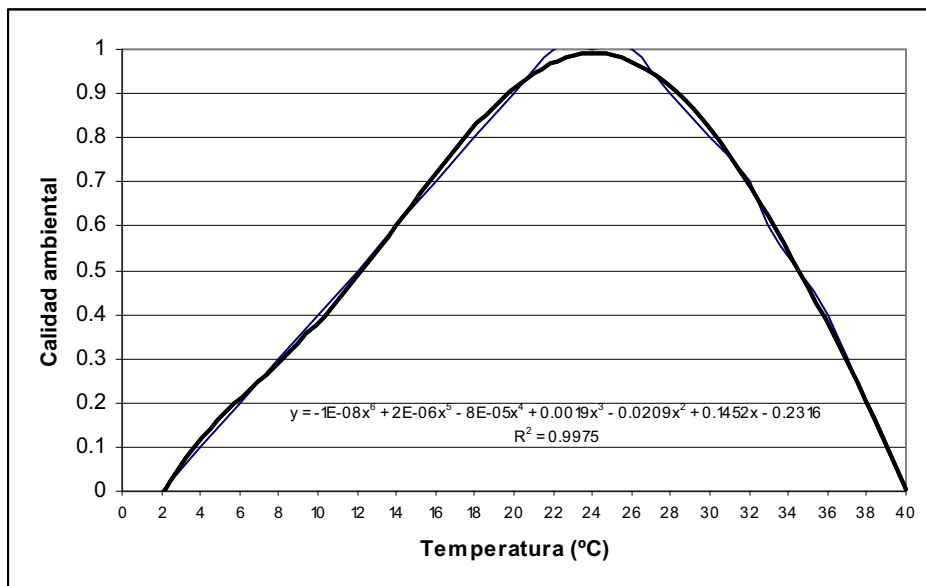


El porcentaje de radiación solar (radiación de onda corta) que es reflejado o absorbido por la superficie, constituye un aspecto determinante de la radiación solar que estará disponible para la realización de procesos biofísicos tales como la evaporación, transpiración, fotosíntesis (Critchfield, 1983; Oke, 1990).

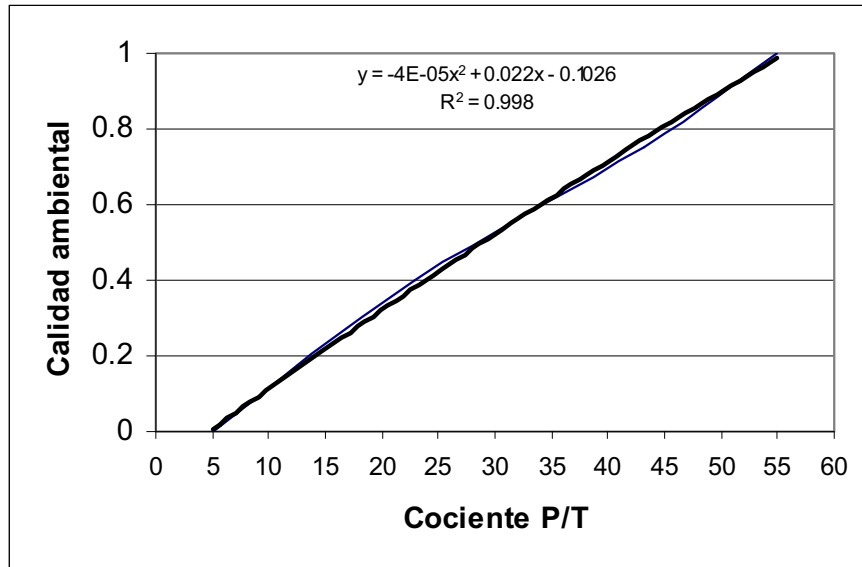
### Humedad relativa (%) Función de transformación



### Índice temperatura y su efecto en confort térmico humano Función de transformación



## Índice precipitación anual/temperatura anual Función de transformación



Estos índices y funciones de transformación se aplicaron en las unidades ambientales para cuantificar el estado actual de los recursos climáticos y se obtuvo lo siguiente:

- Con respecto al ICA relacionado con el albedo, se reporta que las unidades ambientales tienen actualmente los siguientes valores:
  - Unidad ambiental Aw0: 0,15
  - Unidad ambiental BS1: 0,20
  - Unidad ambiental: (A)C(w0): 0,12

Estos valores de albedo se obtuvieron de la literatura disponible vía Internet, en la cual se describen valores promedio de albedo para diferentes tipos de cubiertas de la superficie, entre ellas los diversos tipos de cubiertas vegetales. En el caso de la unidad ambiental Aw0 se le otorga un valor de 0.15, porque es el que corresponde a vegetación de selva baja caducifolia, característica de esta unidad ambiental.

Para el caso de la unidad BS1 se le asigna un albedo promedio de 0,20, ya que en esta unidad predomina vegetación de matorral espinoso y cactáceas con amplios claros de suelo al descubierto.

Por último, para la unidad (A)C(w0) se le asigna un albedo de 0,12, acorde con la vegetación de encino, típica de esta unidad.

- Con respecto al ICA relacionado con la humedad relativa, las unidades ambientales tienen actualmente los siguientes valores:
  - - Unidad ambiental Aw0: 31% de HR en época seca y 62% en época de lluvia.
  - - Unidad ambiental BS1: 27% de HR en época de secas y 57% de HR en las lluvias.
  - - Unidad ambiental: (A)C(w0): 37% de HR en secas y 72% en lluvias.

En relación con el ICA de temperatura y confort térmico humano, aplicado a la temperatura diurna del mes de mayo (el mes más cálido en la región), las unidades ambientales tienen actualmente los siguientes valores:

Unidad ambiental	Temperatura media diurna del mes de Mayo	Calidad Ambiental
Aw <sub>0</sub>	33	0,62
BS <sub>1</sub>	36	0,38
(A)C(w <sub>0</sub> )	31	0,5

Tocante al ICA cociente anual precipitación/temperatura, las unidades ambientales tienen actualmente los siguientes valores:

Unidad ambiental	Cociente P/T	Calidad Ambiental
Aw <sub>0</sub>	35	0,62
BS <sub>1</sub>	29	0,50
(A)C(w <sub>0</sub> )	39	0,69

Geología.

Para analizar el sitio en estudio en la etapa sin proyecto, se consideraron solamente dos variables, a saber: los sismos de tipo regional de gran magnitud y los sismos cercanos al proyecto, que pudiesen provocar algún movimiento de masas en el área donde se va a construir la obra, durante un periodo de tiempo determinado para la recurrencia de eventos sísmicos históricos en el área.

Para definir la línea base se consideraron los sismos de tipo regional (> 6 grados Richter) y los cercanos al proyecto (> 7,5 grados Richter). Para ello, se valoró la actividad sísmica entre 1800 y 1990. En la figura 12 se muestra la curva que mejor ajustó a los datos disponibles. La ecuación utilizada es una función exponencial representada por la siguiente expresión:

$$\text{Log}(y) = B * X + A$$

La ecuación con los coeficientes obtenidos queda de la siguiente forma.

$$\text{Log}(y) = -0,0156 * X + 0,4114$$
$$y = \exp(0,0156 * X) * 1,5089$$

Donde:

X, es el tiempo  
y, son los Índices de Calidad Ambiental

La tendencia de la curva de la línea base (figura 74) sugiere la generación de un impacto potencialmente significativo, pero considerando que en su mayoría los eventos registrados se localizan a más de 100 km (en la zona de subducción) del proyecto, el impacto dejaría de ser significativo. Sin embargo, en 1875 ocurrió el denominado sismo de San Cristóbal cuya magnitud estimada fue de 7,5 grados. Asumiendo una recurrencia promedio de 75 años (Singh *et al.*, 1985) y considerando que en los últimos 130 años (al 2005) no ha ocurrido un sismo asociado a la misma región de San Cristóbal, entonces se podría interpretar la posibilidad de que ocurra un evento de estas características.

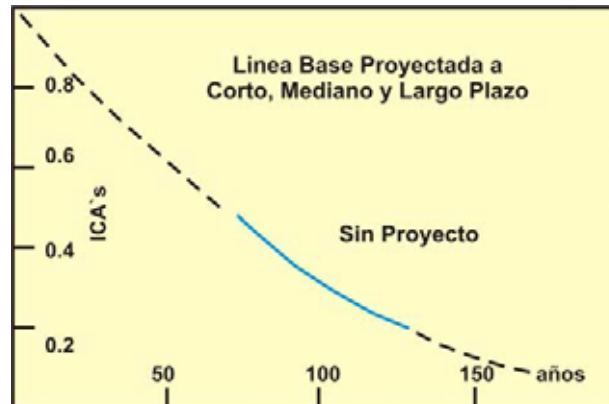


Figura 74. Línea base proyectada a corto, mediano y largo plazo. Sin proyecto.

En virtud de lo anterior, CFE implementó una red para monitorear y estar en posibilidades de conocer, cuantificar, así como correlacionar esta información con el ambiente tectónico que la caracteriza.

A partir de 1987 se inició el monitoreo en la cuenca del Río Santiago. El área cubierta va desde la C.H. Santa Rosa hasta Aguamilpa, incluido el PH El Cajón. Las dos primeras presas se ubican en los extremos del estudio del PH La Yesca. En la actualidad se cuenta con los resultados de 10 años de monitoreo sísmico en el Río Santiago y se puede mencionar que no se ha detectado ningún evento de importancia entorno a las centrales y proyectos mencionados. Este periodo de tiempo es pequeño cuando se compara con el promedio de 75 años del periodo de recurrencia.

La actividad sísmica con reportes instrumentales, en términos generales, se ubica en los extremos del graben Tepic-Zacoalco y las magnitudes máximas son del orden 3,4 grados. Debido a las distancias que existen del sitio La Yesca a la zona de subducción, a las diversas fallas regionales y a los resultados de monitoreos sísmicos locales (que no evidencian que las fallas locales sean activas), puede preverse que el sismo de mayor magnitud esperado es de 3,5 grados y con su epicentro dentro del graben

#### Tepic- Zacoalco.

De manera permanente se ha realizado un monitoreo sísmico con una red distribuida a lo largo del Río Santiago y constituida por siete estaciones sísmicas, tres de ellas instaladas en la cuenca baja, tres más en la cuenca alta y una en el volcán San Pedro Lagunillas. Esta red no cuenta con ninguna estación sísmica en la cuenca media del Río Santiago, donde se ubica el sitio La Yesca, por ello no se tiene registro alguno sobre la actividad sísmica que pudiera estar ocurriendo en torno al sitio La Yesca. La red sísmica empezó a funcionar en 1987 y a la fecha no se ha registrado ningún evento que pudiera considerarse importante para el desarrollo del proyecto.

Finalmente, y aunque en términos reales pudiese ser poco probable, existe riesgo secundario asociado al volcán Ceboruco, además de éste, se encuentran los volcanes Tequila y la Caldera de la Primavera, asociados al graben Tepic-Zacoalco. Sin embargo la posibilidad de un evento explosivo que pudiese poner en riesgo el PH La Yesca es mínima.

#### Suelos.

Como Unidades Ambientales, se están considerando las Asociaciones de las unidades de Suelos identificadas como resultado de los análisis morfológicos y de los análisis de laboratorio, que como se ha descrito en el apartado de Descripción de la Unidades de Suelos, fueron seis: Leptosol lítico, Leptosol mólico, Feozem háplico, Feozem calcárico, Vertisol eutricto y Luvisol crómico.

Para las unidades se establecieron los Indicadores de Calidad Ambiental; esto es, esas características y/o propiedades del suelo (variables) mencionadas arriba que determinan la vocación o preferencia de uso. Es decir, en base a esas características y/o propiedades, se concluye qué uso es más conveniente para el suelo o en qué uso se tiene menos riesgo de deterioro.

#### Unidades Ambientales e Índices de Calidad Ambiental (ICA)

De las características y propiedades de los suelos señaladas arriba se escogieron aquellas que por su objetividad y valor agroecológico sirvieran como indicadores de calidad para el recurso suelo; estas son:

VARIABLE	UNIDADES
Profundidad del suelo	cm
Espesor del Horizonte A	cm
Contenido de materia orgánica	%
pH	adimensional
Textura del suelo	adimensional
Pedregosidad superficial	%
Pedregosidad interna	%
Posición / Pendiente	%
Riesgo de erosión	(ton/ha/año)

Respecto a los Índices de Calidad Ambiental (ICA), éstos se explican en relación a las unidades de suelos reconocidas para el área de estudio y tomando como base rangos de valores para cada variable que determinan su calidad ambiental para propósitos de uso alternativos, ajustándolos al rango de 0 – 1 propuesto para los Índices de Calidad Ambiental, con divisiones cada dos décimas; 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, y 1,0.

Estos valores se interpretan de la siguiente manera:

- 0 Representa un ambiente totalmente degradado.
- 0,2 Representa un ambiente de muy baja calidad y muy degradado.
- 0,4 Representa un ambiente de baja calidad ambiental y degradado.
- 0,6 Representa un ambiente intervenido y de calidad ambiental moderada.
- 0,8 Representa un ambiente poco intervenido y de muy alta calidad ambiental.
- 1.0 Representa un ambiente sin intervención alguna y de óptima calidad ambiental.

Con respecto a los indicadores de calidad propuestos (variables) para el recurso suelo, estos niveles de calidad se pueden traducir a parámetros cualitativos en los siguientes términos

- 0 Muy bajo, muy pobre, muy malo o muy alta
- 0,2 Bajo o pobre o alta
- 0,4 Moderado o moderadamente alta
- 0,6 Bueno o moderada
- 0,8 Muy bueno o ligera
- 1,0 Excelente o normal

En el siguiente tabla se expresan las variables, los niveles y los parámetros que determinan la calidad del recurso suelo.

VARIABLE	NIVEL					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Profundidad del suelo (cm)	< 5	25	45	90	120	> 150
Espesor del Horizonte A (cm)	< 5	10	15	20	30	>40
Contenido de materia orgánica (%)	< 1	2	3	4	5	> 5
pH (adimensional)	< 4	4	5,5	6	6,5	7
pH (adimensional)	> 10	9	8,5	8	7,5	7
Textura del suelo (adimensional)	Arena (A)	Arcilla (R)	Arcilla limosa (Rl)	Franco arcillo limoso (Frl)	Franco (F)	Franco arcillo arenoso (Fra)

Pedregosidad superficial (%)	100	80	60	40	20	0
Pedregosidad interna (%)	100	80	60	40	20	0
Posición / Pendiente (%)	> 45	20 -30	12 - 20	6 - 12	3 - 6	< 2
Riesgo de Erosión (ton/ha/año)	> 200	200-160	159-100	99-65	64-20	≤ 10

### Descripción de los Índices de Calidad Ambiental (ICAs).

Como se expuso en párrafos anteriores, los índices de calidad se describen en relación a las unidades de suelos reconocidas para el área de estudio.

Unidad Ambiental: Leptosol lítico (LPq)

Índices de Calidad Ambiental:

VARIABLE	NIVEL
Profundidad del suelo (cm)	0,2
Espesor del Horizonte A (cm)	0,6
Contenido de materia orgánica (%)	0,6
pH (adimensional)	0,6
Textura del suelo (adimensional)	0,8
Pedregosidad superficial (%)	0,2
Pedregosidad interna (%)	0,2
Posición / Pendiente (%)	0
Riesgo de erosión (ton/ha/año)	0,8

Las variables de Profundidad del suelo, Pedregosidad superficial, Pedregosidad interna, y Posición / Pendiente, descalifican a estos suelos para usos productivos comunes. Las condiciones de Espesor del Horizonte A y propiedades de Contenido de materia orgánica, pH y Textura del suelo, permiten el desarrollo de especies arbustivas y arbóreas que favorece el entorno ecológico.

Unidad Ambiental: Leptosol mólico (LPm)

Índices de Calidad Ambiental:

VARIABLE	NIVEL
Profundidad del suelo (cm)	0,4
Espesor del Horizonte A (cm)	0,6
Contenido de materia orgánica (%)	0,6
pH (adimensional)	0,8
Textura del suelo (adimensional)	1,0
Pedregosidad superficial (%)	0,4
Pedregosidad interna (%)	0,4
Posición / Pendiente (%)	0,2
Riesgo de erosión (ton/ha/año)	0,9

Las variables de Posición / Pendiente, Profundidad del suelo, Pedregosidad superficial, Pedregosidad interna, limitan a estos suelos para usos productivos comunes; el agostadero limitado y la agricultura de coamil son las formas de uso a las que llegan a estar sometidos con riesgo del deterioro. Las condiciones de Espesor del Horizonte A y propiedades de Contenido de materia orgánica, pH y Textura del suelo, permiten el desarrollo de especies arbóreas y arbustivas que favorece el entorno ecológico. Preservar esta cubierta vegetal es una medida obligada para evitar el desgaste del ambiente y el probable azolve del embalse en la futura presa

Unidad Ambiental: Feozem háplico (PHh); Feozem calcárico (PHc)  
Índices de Calidad Ambiental:

<b>VARIABLE</b>	<b>NIVEL</b>
Profundidad del suelo (cm)	0.6
Espesor del Horizonte A (cm)	0.8
Contenido de materia orgánica (%)	0.6
pH (adimensional)	0.8
Textura del suelo (adimensional)	1.0
Pedregosidad superficial (%)	0.4
Pedregosidad interna (%)	0.4
Posición / Pendiente (%)	0.2
Riesgo de erosión (ton/ha/año)	0.8

El grupo de suelos Feozem, respecto a los suelos que se distribuyen en las vertientes de la barranca, representa a los suelos moderadamente profundos, con pendiente fuerte y pedregosidad superficial moderada. Se les llega a utilizar con huertos de ciruelo, agave y pastoreo limitado. No obstante, las condiciones de pedregosidad y de pendiente, inhabilitan su uso para una agricultura mecanizada y el tipo de pendiente representa un riesgo de deterioro por erosión. Preservar la vegetación nativa tiene la misma relevancia que para los casos anteriores.

Unidad Ambiental: Vertisol eutricto (VRe)  
Índices de Calidad Ambiental:

<b>VARIABLE</b>	<b>NIVEL</b>
Profundidad del suelo (cm)	0,6
Espesor del Horizonte A (cm)	0,8
Contenido de materia orgánica (%)	0,4
pH (adimensional)	0,8
Textura del suelo (adimensional)	0,4
Pedregosidad superficial (%)	0,8
Pedregosidad interna (%)	0,8
Posición / Pendiente (%)	0,8
Riesgo de erosión (ton/ha/año)	1,0



Esta Unidad Ambiental ocupa un área relativamente pequeña en comparación con el total del área de estudio y con respecto a las otras unidades definidas. Por sus índices de calidad, representan suelos con características convenientes para su uso agropecuario. Dependiendo de las condiciones de humedad, se les utiliza para cultivo de maíz o como sitios de agostadero.

Unidad Ambiental: Luvisol crómico (LVx)

Índices de Calidad Ambiental:

<b>VARIABLE</b>	<b>NIVEL</b>
Profundidad del suelo (cm)	1,0
Espesor del Horizonte A (cm)	0,8
Contenido de materia orgánica (%)	0,4
pH (adimensional)	0,4
Textura del suelo (adimensional)	1,0
Pedregosidad superficial (%)	1,0
Pedregosidad interna (%)	1,0
Posición / Pendiente (%)	0,8
Riesgo de erosión (ton/ha/año)	0,8

Esta Unidad Ambiental se distribuye en las tierras planas que limitan con la barranca en su lado Sur y corresponden a áreas agrícolas de los municipios de Tequila y Amatitán. Por características de sitio y suelo su aptitud es agrícola.

En el estudio de riesgo de erosión, se estimaron las pérdidas de suelos, considerando la erosión potencial, la erosión actual y el riesgo de erosión de los suelos del área de estudio que comprende 65 000,00 ha. Los resultados obtenidos, muestran pérdidas de suelos que varían de moderadas a ligeras, por lo que la calidad ambiental de los suelos se estima en un valor promedio de 0,82 (ver figura del riesgo de erosión); este valor relativamente alto, se debe principalmente a la importancia que manifiesta el uso del suelo, dominando la selva baja caducifolia.

A pesar de las condiciones topográficas, con relieve de muy ondulado a escarpado, la cubierta vegetal juega un papel muy importante en la protección del suelo al impacto de la lluvia y al efecto de las tormentas; es por ello que en la gráfica, las clases de erosión actual de los suelos muestreados, resultan en pérdidas menores a 25 ton/ha/año. En el caso del sitio de la boquilla, durante la etapa de construcción, presentará una clase de riesgo de erosión "Muy alta", conforme al Cuadro de referencia para pérdidas de suelos, presentado en el capítulo de riesgo de erosión.

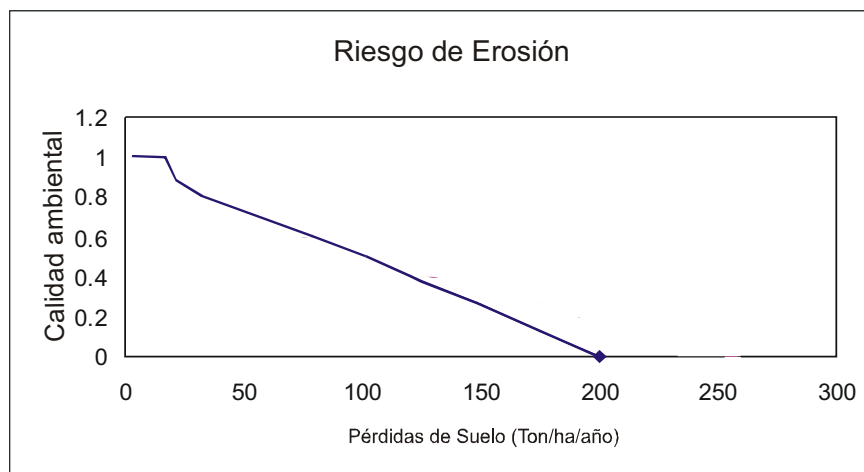
La clase de erosión corresponde a una pérdida de suelos de 215,67 ton/ha/año, para los suelos del sitio de la boquilla; este nivel se refiere a la erosión potencial que probablemente se presentará, en los sitios donde se desmonte, despalme y se remueve el material geológico, durante el proceso de construcción de la cortina y proyectos asociados.

En el siguiente cuadro se presentan las clases de erosión actual del área de proyecto y su relación con los niveles de los índices de calidad ambiental ya señalados.

#### Resultados de Erosión Actual

Clases de Erosión	Calidad Ambiental
0-5	1
6-10	1
11-15	1
16-20	1
20-50	0,85
51-100	0,5
100-200	0
215 boquilla	0

Para la construcción de la función de transformación (Gómez, 1999), se emplearon los resultados de las pérdidas de suelos del área de estudio, señaladas en las clases de erosión del cuadro anterior y, se determinó una Media Ponderada de pérdida de suelo de 22,57 ton/ha/año, con el fin de estimar la calidad ambiental del área.



En la función de transformación se encuentra la línea azul que corresponde a la tendencia de las pérdidas de suelo actuales.

#### Hidrología

Para facilitar la descripción de la estructura y funciones del sistema ambiental regional se evaluaron las interrelaciones de los componentes ambientales sobre el territorio. Un primer análisis de las interrelaciones entre el sistema ambiental y el territorio confirmó que los sistemas de cuencas y subcuencas representaban un marco de análisis adecuado en una región donde los impactos antrópicos sobre el paisaje estaban localizados en secciones del territorio menores y muy controlados por la topografía escarpada, la hidrografía y -en una región de elevado relieve

relativo- por la accesibilidad. El análisis de la estructura y función del sistema ambiental se propuso trabajarlas así en distintas escalas comenzando por denominadas *unidades ambientales* (interrelación territorio-componente ambiental), incluyendo también unidades definidas a partir de variables socio económicas - y *subunidades* donde los potenciales procesos de cambio tuvieran efectos particulares sobre las características del paisaje.

Desde la perspectiva de cuencas, las unidades ambientales se establecieron como cuencas de aportación hidrológica debido a su relevancia como áreas de influencia directa en la zona de estudio y sobre la base de una escala adecuada donde la causa-efecto de los procesos físico-naturales y antropogénicos tuviera mayor incidencia sobre y desde el proyecto.

Las unidades ambientales son relevantes y críticas debido a factores de índole ambiental y socio-económica. En primera instancia, desde un enfoque ambiental es evidente la interrelación ecológica que existe entre factores como el recurso hídrico y el paisaje en el funcionamiento del sistema. Por ejemplo, una unidad ambiental puede ser crítica debido al potencial que tendrían impactos ambientales naturales (como procesos de remoción en masa) o antropogénicos (como la descarga de un río con aguas residuales y el impacto que ello conllevaría aguas abajo).

Desde una perspectiva socioeconómica, existen sectores dentro del territorio donde se manifiestan procesos críticos particulares que van ciertamente ligados a la estructura de las cuencas. En este sentido, la existencia de centros de población, caminos y puentes de acceso que dinamizan el desarrollo económico de una región (e.g., agricultura, ganadería, minería) constituyen factores críticos que contribuyen a la conformación de las unidades ambientales. De esta manera, dichos factores generan tendencias de cambio que van interrelacionadas con riesgos e impactos potenciales.

A continuación se definen unidades ambientales para cada componente relevante del sistema ambiental:

### **Unidades ambientales de hidrología superficial**

El proyecto del PH La Yesca se encuentra influenciado por las características y tendencias naturales y modificaciones antropogénicas en la cuenca del Río Grande de Santiago, incluyendo la presencia de presas<sup>7</sup>, descargas importantes de aguas residuales con nulo o escaso tratamiento<sup>8</sup>, y la dinámica hidrológica del Río Bolaños.

En la evaluación de impacto ambiental se analizaron los principales efectos de los esquemas estructurales de gestión del agua y los escenarios potenciales de cambio antrópico en la cuenca del Santiago; con énfasis en los efectos indirectos y presiones sobre el proyecto propuesto. También se consideraron las principales tendencias del sistema hídrico aguas abajo, incluyendo la presencia de dos grandes presas que ya habrían producido

<sup>7</sup> Presas construidas y en planeación, localizadas aguas arriba y aguas abajo del sitio seleccionado para la cortina del PH La Yesca

<sup>8</sup> Principalmente descargas urbanas e industriales en la zona conurbada de la ciudad de Guadalajara, localizada aguas arriba del sitio del proyecto; y descargas de agroindustria desde la zona de la ciudad de Tequila, también aguas arriba del proyecto.

cambios en la descarga litoral del Río Santiago y sus mecanismos de transporte y depositación de sedimentos.

En términos de escalas territoriales e intensidad de recopilación de información directa, se evaluó la conveniencia de establecer como marco espacios de interrelación indirecta - a nivel de cuenca - y trabajar con una unidad ambiental de una escala adecuada donde la causa-efecto de los procesos físico naturales y antrópicos tuviera mayores componentes lineales sobre el proyecto y desde el proyecto. A esta porción del territorio se la estableció como unidad ambiental o área de influencia directa y en la evaluación ambiental se refirieron los factores y potenciales escenarios regionales a los efectos sobre y desde la unidad ambiental.

Para el análisis del inventario ambiental y los procesos relevantes desde la perspectiva de potenciales impactos, se seleccionó como área de estudio la superficie de las microcuencas que aportan agua:

Al Río Santiago: desde la cortina de la presa de Santa Rosa, hasta la zona proyectada para la cortina del PH La Yesca aguas abajo del sitio propuesto para la cortina hasta el nivel mínimo estimado del embalse del PH El Cajón en esta unidad no está incluida la caracterización cuantitativa de los volúmenes de aportación al Río Santiago antes de su descarga en el embalse de Santa Rosa, pero sí los efectos de calidad, retención de sedimentos y caudales aguas abajo; el agua que se descarga de la presa Santa Rosa y entra a la unidad ambiental de estudio se consideró como el caudal que tiene el Santiago y al que se agregarán los caudales y escurrimientos que reciba en su tramo hasta el nivel de aguas máximas del embalse de la presa de El Cajón.

En esta unidad no se incluyó la caracterización cuantitativa de las variaciones volumétricas y de calidad del cuerpo de agua del PH El Cajón (por estar en construcción) ni el modelado de la calidad de sus aguas ante distintos escenarios de nivel y calidad en el embalse del PH La Yesca, pero sí potenciales efectos de eutrofización, calidad, y flujos aguas abajo.

Al Río Bolaños: desde su confluencia con el Santiago hasta la primera fuente de contaminación que se registrara aguas arriba, en la caracterización de su calidad del agua. Al caudal medido se le añadieron los caudales y escurrimientos que recibe el Bolaños hasta su confluencia con el Santiago.

No se evaluaron cuantitativamente procesos regionales sobre la cuenca alta de aportación del río pero sí potenciales escenarios que pudieran afectar relevantemente la calidad del agua.

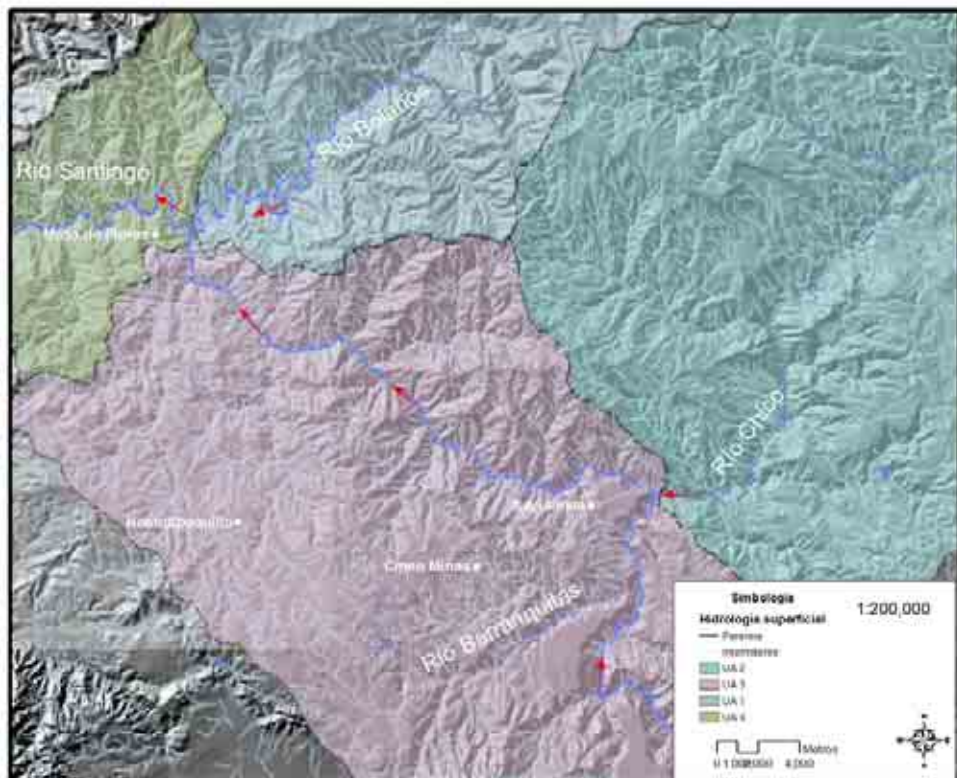
La definición de esta unidad ambiental parte del supuesto que todo el caudal del Río Santiago proviene de la presa Santa Rosa y de escurrimientos superficiales que descargan sus aguas entre la presa Santa Rosa y el supuesto PH La Yesca, que a su vez son alimentados por precipitaciones.

No se consideraron manantiales que pudieran existir y que también aporten agua al Santiago, pues el caudal que pudieran otorgar es mínimo o casi nulo comparado con el caudal de la escorrentía superficial. El estado y potencial afectación de flujo y calidad del agua subterránea se analiza en la unidad ambiental correspondiente.

La unidad ambiental para el estudio de la hidrología superficial se llamará en lo sucesivo cuenca de aportación hidrológica.

Bajo las argumentaciones descritas, se determinaron 4 unidades ambientales

- UA1: Río Bolaños;
- UA2: Río Chico;
- UA3: Río Santiago;
- UA4: Confluencia).



**Figura 75. Unidades ambientales hidrológicas del PH La Yesca.**

Por presentar características distintivas fisiográficas, de calidad de agua, flujo o influencias particulares en los procesos de erosión, efectos puntuales depositación de sedimentos y sobre la actividad socioeconómica de la región, se establecieron subunidades.

En la siguiente figura se observa la delimitación de las subunidades hidrológicas y luego se describen sus características y los criterios empleados para su diferenciación.

Estas subunidades fueron evaluadas con distinto detalle a partir de los resultados del proceso de evaluación del territorio. Luego, como resultado del proceso de identificación de impactos y de los potenciales impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que pudieran generarse en estas porciones territoriales, se reajustaron a los posibles escenarios con proyecto. Estos escenarios, si bien incorporan el proyecto como parte de la estructura y función del sistema ambiental regional, se incorporaron a este reporte como comentario por su relevancia en la continuidad o no de procesos de cambio.

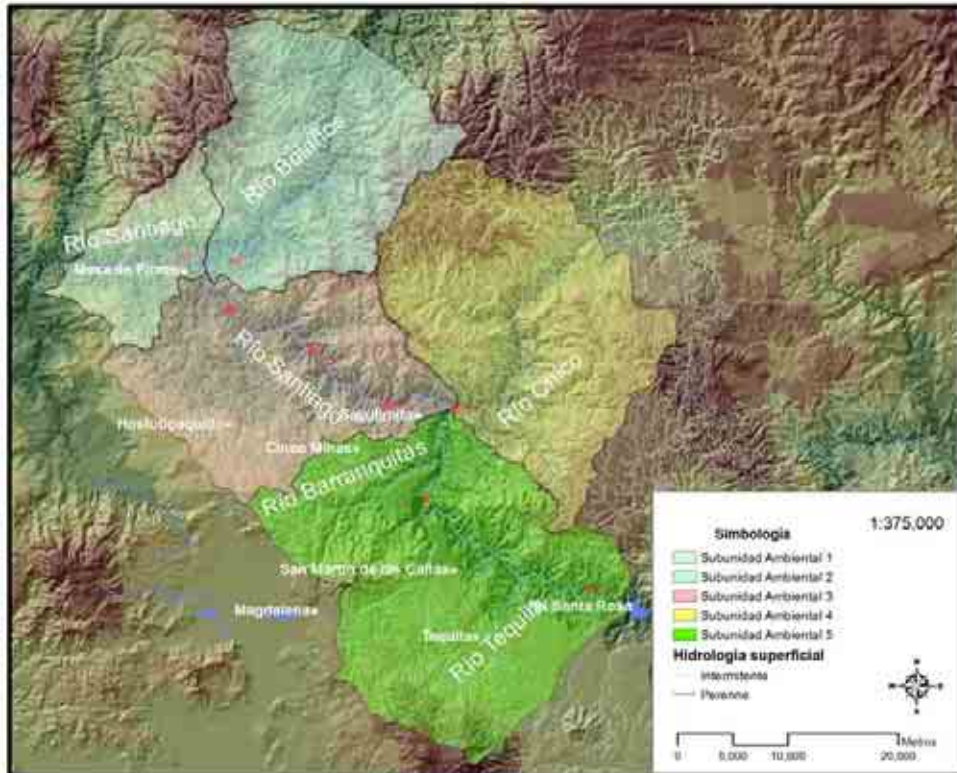


Figura 76. Sub-Unidades ambientales hidrológicas del PH La Yesca.

**Sub-Unidad Hidrológica 1: Área de cortina y principales obras de ingeniería civil, incluyendo la cola del embalse del PH El Cajón en su nivel mínimo de operación.**

Esta subunidad ambiental abarca la cuenca de aportación al Río Santiago desde el nivel mínimo de operación del PH El Cajón hasta la confluencia con el Río Bolaños, lo que incluye las principales obras de ingeniería civil del proyecto.

La variación en el nivel de agua de un embalse de grandes dimensiones como El Cajón, provoca una zona muerta en la cola superior del cuerpo de agua, que resulta de características particulares suficientes para estudiarla independientemente<sup>9</sup>.

Además esta subunidad tiene la mayor presencia humana de toda la zona de estudio. Existen caminos que conducen a varias comunidades, incluida

Mesa de Flores, y La Yesca, cuyo camino se encuentra unos metros debajo de la confluencia del Río Santiago con el Río Bolaños. Por la misma razón gran parte de esta zona tiene evidencias de presencia humana, como deforestación, cambio de uso de suelo de forestal a agrícola o pecuario.

Además en esta subunidad ambiental es la zona en la que el Río Santiago y el Río Bolaños, que tiene una caudal considerable y una mejor calidad respecto a las del Río Santiago, se mezclan; por lo que aguas abajo de la confluencia las condiciones de se ven modificadas considerablemente.

La combinación de condiciones naturales y antropogénicas determinó la definición de los límites de esta subunidad ambiental.

### **Sub-Unidad hidrológica 2: Cuenca baja del Río Bolaños.**

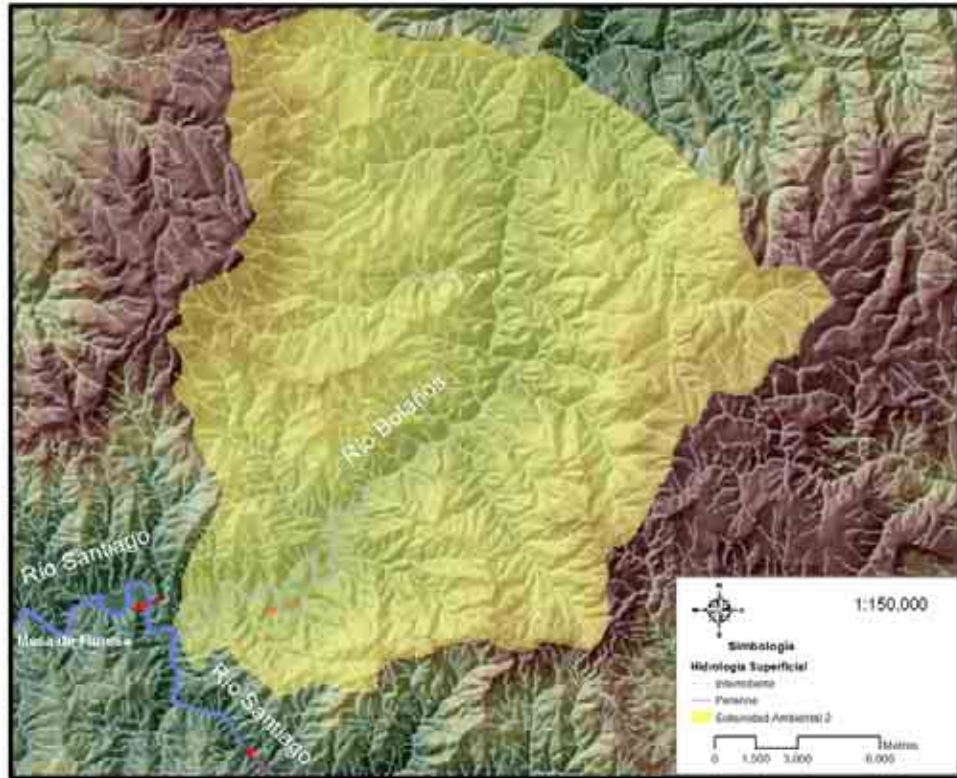
Esta subunidad está delimitada por la cuenca de aportación al Río Bolaños desde su confluencia con el Río Santiago, hasta el punto en que el río alcanza la cota 580 msnm<sup>9</sup>.

El Río Bolaños tiene un caudal de casi la cuarta parte del Río Santiago, y tiene además una calidad considerablemente mejor, de ahí la importancia de esta subunidad, pues las condiciones de los dos ríos antes de la confluencia son muy distintas. Además es una zona poco antropizada pues existen sólo escasos caseríos en la cuenca baja y la geomorfología dificulta el acceso.

Se excluyó de esta subunidad la cuenca alta del río debido a que su influencia se hace notoria en la parte baja de la cuenca.

---

<sup>9</sup> Esta definición se realiza debido a que es en este punto hasta dónde llegaría el embalse del PH La Yesca en su nivel máximo. Se determinó de esta forma debido a que las condiciones hidrológicas del río Bolaños son similares en los últimos kilómetros del cauce y el estudio del río en escenarios futuros para otras secciones de la MIA, resulta más completo si se realiza en toda la superficie de agua proyectada.



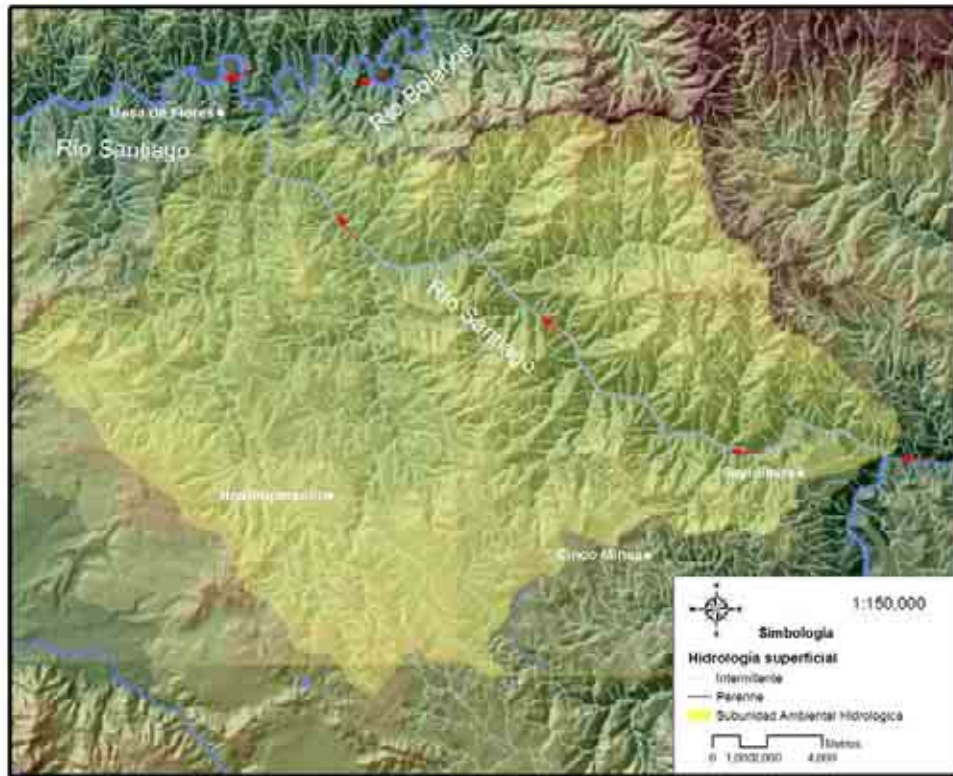
**Sub-Unidad hidrológica 3: Cuenca propia del Río Santiago entre las confluencias con el Río Chico y con el Río Bolaños.**

Comprende toda la cuenca de aportación al Río Santiago desde su confluencia con el Río Chico hasta la confluencia con el Río Bolaños.

Las condiciones del Río Santiago se ven afectadas por la entrada del Río Chico, pues proporciona agua de mejor calidad.

En esta sección el Río Santiago sigue lineamientos estructurales que además ha producido pendientes muy pronunciadas en las laderas del valle por el que avanza, provocando transporte de sedimentos y limitando considerablemente el acceso humano. De hecho sólo existe un camino que atraviesa el río en esta zona que va a San Pedro Analco; el resto de la unidad, al menos en las áreas cercanas al cauce, tienen poca presencia humana y poca antropización.

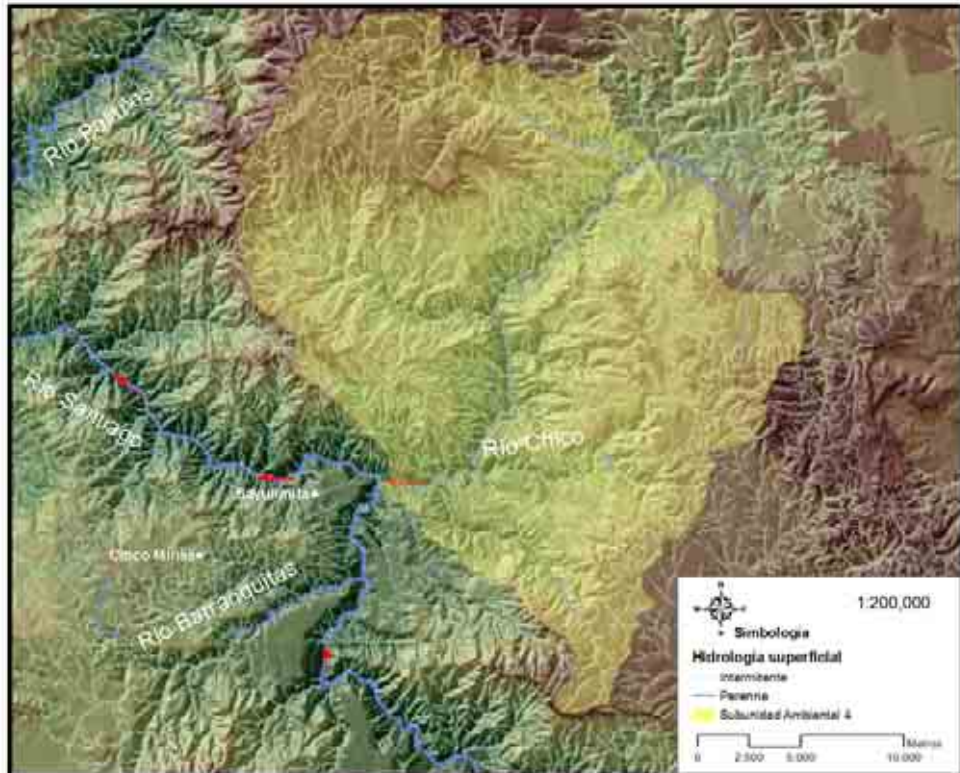




#### **Sub-Unidad hidrológica 4: Cuenca baja del Río Chico.**

Comprende la cuenca de aportación al Río Chico desde su confluencia con el Río Santiago hasta su formación como corriente de sexto orden.

La calidad del agua del Río Chico, así como la dimensión de su cuenca de aportación hacen de este río una zona de especial atención, pues permanece con poca alteración antropogénica sugiriendo la protección para su conservación. Por todo esto es importante identificar la cuenca baja como una subunidad independiente.



**Sub-Unidad hidrológica 5: Cuenca propia del Río Santiago entre la presa de Santa Rosa y la confluencia con el Río Chico.**

Comprende la cuenca de aportación al Río Santiago desde la descarga del CH Santa Rosa, hasta la confluencia con el Río Chico.

Esta zona está fuertemente influenciada por las condiciones de descarga de la presa Santa Rosa, debido a su cercanía, además tiene la entrada de las descargas de aguas residuales, a través de varios ríos, de poblaciones como Tequila, Magdalena, Amatitán y otras de menor tamaño. Estas descargas modifican las condiciones del Río Santiago.

Debido a la presencia dentro de la cuenca de varias poblaciones, la zona se ha visto afectada por actividades humanas, como actividades agropecuarias, descargas de aguas residuales, presencia de caminos y construcciones.



### Hidrología subterránea

La unidad ambiental para el componente de hidrología subterránea es la o las cuenca(s) de aportación subterránea(s) en que se encontraría el vaso de la presa y su área de influencia, además del territorio de influencia hidrogeológica del poblado de Hostotipaquillo. No se establecieron evaluaciones de los potenciales efectos indirectos de la recarga y flujo de agua subterránea a nivel más regional por el volumen limitado de las cuencas subterráneas, controladas por estructuras geológicas y un elevado relieve relativo del paisaje. El nivel de base de erosión fluvial coincide con la zona de descarga regional topográficamente más baja: el cauce del Río Santiago. Las cuencas subterráneas que no descargan dentro del territorio del paisaje controlado por el nivel del Santiago, no presentan influencia ni efectos indirectos sobre ni desde el proyecto.

Como fines de nomenclatura, la Unidad Ambiental de hidrología subterránea se llamará en lo sucesivo cuenca geohidrológica.

Esta cuenca geohidrológica abarca tres acuíferos delimitados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), dos de ellos pertenecen a Jalisco (Tequila y San Martín de Bolaños) y uno a Nayarit (Valle Santiago-San Blas). Debido a que no hay suficiente información preliminar acerca de las dimensiones de dichas cuencas, se consideraron como relevantes para su estudio y delimitación aquellos cuerpos de agua superficial que mostraran cambios significativos con la presencia del proyecto. Estos cambios se refieren a su uso actual y potencial, accesibilidad, calidad, competencia por el recurso, transmisibilidad relativa, relación hidráulica con cuerpos de agua

superficiales y función ecosistémica de la descarga. De esta forma y con la información generada en el relevamiento en campo, se establecieron cuatro microunidades ambientales en las que aún cuando no se podrán establecer límites geográficos precisos, se enfatizará la evaluación de sus procesos de cambio en la zona de influencia directa del Río Santiago.

**Microunidad Ambiental MUA 1: Microcuenca Geohidrológica en el área del embalse durante la etapa de construcción (Mesa de Flores)**

Esta microunidad ambiental se refiere al sector de afloramientos de cuerpos de agua superficial ubicados en las partes bajas y/o cercanas al área de la cortina. Aunque estos afloramientos son limitados, son la única fuente de agua en la zona y se espera que haya cambios en ellos, tanto por las obras de construcción como por el potencial uso que le pueda dar las obras del proyecto.

**Microunidad Ambiental MUA 2: Microcuenca Geohidrológica en el área de influencia de Hostotipaquillo**

Esta microunidad ambiental se refiere a la cuenca de aportación de agua subterránea de la cual se abastece actualmente el municipio de Hostotipaquillo, siendo éste el más cercano al área de estudio y donde se espera que haya un aumento en la demanda del abastecimiento de agua debido a la construcción del PH La Yesca.

**Microunidad Ambiental MUA 3: Microcuenca Geohidrológica en el área de influencia de Sayulimita**

Esta microunidad ambiental se refiere a la cuenca de aportación de agua subterránea de la cual se abastece actualmente el municipio de Sayulimita, misma que se considera de estudio por pertenecer al área de influencia directa una vez que esté presente la presa.

**Microunidad Ambiental MUA 4: Microcuenca Geohidrológica en el área del Arroyo El Vejete**

Esta microunidad ambiental se refiere a los acuíferos ubicados en la cuenca geohidrológica del Arroyo El Vejete. Se consideran de importancia de estudio por su cercanía al área de embalse y con potencial explotación por las obras durante la etapa de construcción.



### **Microunidades Ambientales Geohidrológicas del PH La Yesca**

Una vez identificadas las interacciones entre componentes, recursos y territorio, y definidas sus relevancias a partir de las aquí llamadas unidades y sub-unidades ambientales, se evaluó su potencial de afectación a partir de la construcción de índices de calidad ambiental (ICAs) y funciones de transformación (o valor) que a la vez representaron parámetros utilizados para la construcción de escenarios predictivos. La construcción de índices y funciones fue realizada a partir de la metodología propuesta por el Instituto Battelle, que es una metodología aprobada y adaptada a las particularidades del sistema ambiental regional del proyecto. Para el análisis de algunos de los componentes y recursos críticos (entre ellos el socioeconómico) se desarrollaron nuevos índices que permitieran un mejor análisis según las características propias (en particular socioeconómicas) de la región de la cuenca del Río Santiago en los límites entre el Estado de Jalisco y Nayarit. La técnica de Battelle es aplicable al proyecto por la facilidad de poder asignar valores para cada parámetro ambiental con el fin de compararlos. Las características de la obra son tales que más que evaluar la magnitud de impactos ambientales específicos, es necesario reconocer en forma preliminar de las áreas críticas o sensibles (unidades ambientales) sobre las cuales recaen los impactos.

#### **Parámetros de Flujo Hidrológico**

Por la relevancia en la variación de la calidad ambiental del sistema y en la calidad del agua en particular, se detallan definiciones de los parámetros hidrológicos de relevancia en el diagnóstico del sistema ambiental. En este apartado se definen variables, unidades y las funciones de transformación:

#### **Pérdida hidrológica en la cuenca propia del embalse del PH La Yesca**

La definición de dos funciones de transformación se definirá de modo ilustrativo de la forma en que se calcularon y obtuvieron las demás funciones.

Caudal desde la descarga de la presa Santa Rosa, el aporte de volúmenes

en la cuenca de aportación (incluyendo las descargas del sistema de Arcediano); el balance de la presa (incluyendo la pérdida de agua por infiltración, evaporación, evapotranspiración, irrigación, abastecimiento y otros factores relacionados a la presencia de la presa).

Unidades:  $m^3/año$

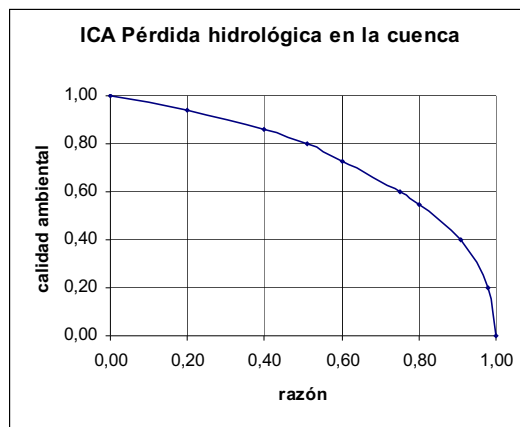
La función de valor se basa en una relación en la que:

el denominador es el flujo natural que puede medirse en el cauce del río sin la presencia de desarrollos antrópicos y que representa el caudal de agua que entra a la unidad, más la recibida durante un año en la cuenca directa de aportación y que contribuye al caudal medio anual del río; restándole las pérdidas por infiltración y evaporación estimadas, y extracción neta por desarrollos localizados en la unidad ambiental.

el numerador es la pérdida anual de agua en la unidad ambiental como resultado del obras antrópicas, específicamente por la presencia de la presa, incluidas las condiciones inducidas de infiltración y evapotranspiración en el vaso, extracción para obra, irrigación y abastecimiento.

Se considera *relproyecto* los proyectos en los que se aumenta la *arganaturalanual* aumentan las pérdidas por evapotranspiración y por infiltración, además que por tener gran cantidad de agua acumulada es probable su aprovechamiento y extracción para irrigación y abastecimiento. Estas pérdidas pueden ocasionar un desequilibrio aguas abajo de donde se ocasionan, por lo que es importante cuantificarlas y asignarles una ponderación de calidad ambiental.

En esta función se utiliza la cantidad neta y variaciones de caudal de aporte en periodos anuales, más las variables que caracterizan el balance hídrico en la unidad ambiental.



Parámetro de calidad ambiental Pérdida Hidrológica en la cuenca. La razón se refiere a la división de la pérdida anual de agua en la cuenca atribuible al proyecto entre la descarga anual de la cuenca.

El Parámetro de Pérdida Hidrológica en la cuenca de aportación intenta relacionar elementos relevantes de las modificaciones sobre el balance hidrológico general y su impacto sobre la calidad ambiental.

Este índice es apropiado para evaluar el impacto del Proyecto por la influencia que tiene sobre el balance hídrico a través de las pérdidas por evaporación, evapotranspiración (en caso de abundar la cobertura de plantas acuáticas) y extracción antrópica desde el embalse.

La calidad ambiental máxima relacionada con este parámetro se registrará cuando no existan pérdidas ocasionadas por proyectos antrópicos y el caudal medio anual natural se mantenga. Del mismo modo, la calidad ambiental mínima se presenta cuando la pérdida ocasionada es similar a la escorrentía superficial en el balance del río.

Considerando que la pérdida de las primeras unidades de agua tiene un impacto bajo en la calidad ambiental, la pendiente de la función es negativa con valor absoluto pequeño y va aumentando conforme la pérdida de agua se acerca al 100% debido a que el impacto marginal de las últimas unidades de agua resulta mucho más relevantes que las anteriores.

La presencia de plantas acuáticas (por ejemplo lirio) en la superficie de cuerpos de agua sin movimiento puede aumentar significativamente las pérdidas por evapotranspiración en la unidad ambiental.

Se consideran Banderas Rojas cuando la razón de la pérdida llegue a 30% ya que comienza a haber un impacto significativo sobre el sistema porque el volumen remanente es extremadamente crucial en la calidad del cuerpo de agua, la efectividad del PH y en la pérdida funcional crucial para los usuarios ecosistémicos.

Variaciones de caudal y unidades de tiempo en que se dan las variaciones. Para el parámetro de variación de caudal se analizaron los cambios horarios de flujo por las características de base del sistema lótico del Río Santiago, altamente influenciado por el ritmo de descargas para turbinaje desde la presa de Santa Rosa aguas arriba.

Unidades: Caudal  $m^3/s$ , tiempo horas

Se utiliza una función logarítmica para esta evaluación. En conjunto se utilizan 4 grupos de ecuaciones según la magnitud de la variación y el periodo de tiempo en que se presenta.

Para la evaluación de esta función hay varios pasos  
Identificar el máximo y el mínimo diario de todo el periodo a analizar y la magnitud de la variación, para clasificarla en una de las siguientes categorías:

	<b>Magnitud de la variación</b>
<b>1</b>	<2:1
<b>2</b>	2:1-10:1
<b>3</b>	10:1-50:1
<b>4</b>	>50:1

Encontrar el número de días por año que se presenta cada una de las situaciones de las categorías anteriores y expresarla como un porcentaje (1-100%) de 365.

Determinar el periodo predominante de tiempo en que se presenta la variación del paso 1. Se tienen 3 categorías:

<b>Periodo</b>	<b><math>\Delta t</math> (horas)</b>
<b>1</b>	<2
<b>2</b>	12
<b>3</b>	>24

Este parámetro aporta un valor de calidad ambiental máximo cuando se presenta en el caudal una relación máximo diario entre mínimo diario menor a 2:1 cada 24 horas los 365 días del año; que va disminuyendo logarítmicamente según el porcentaje de los días que se presenta esa relación. Si las variaciones se presentan en un periodo menor de 24 horas la mayor calidad ambiental obtenida no será la máxima.

Para formar cada grupo de ecuaciones se siguen las siguientes consideraciones:

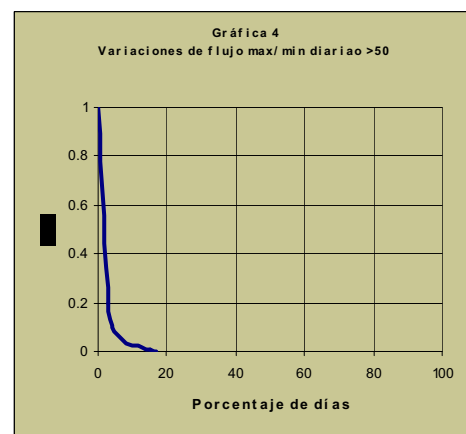
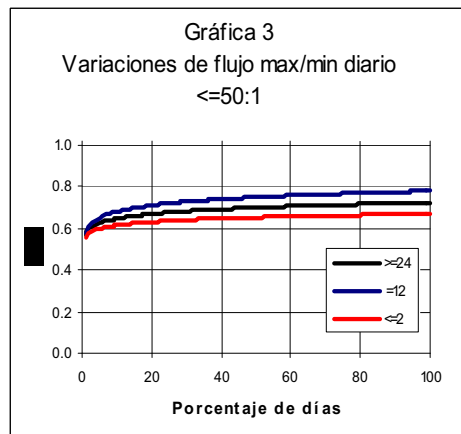
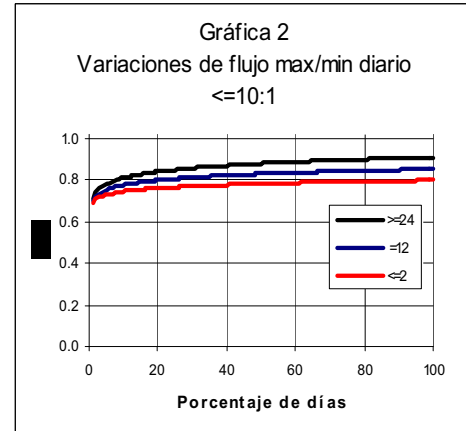
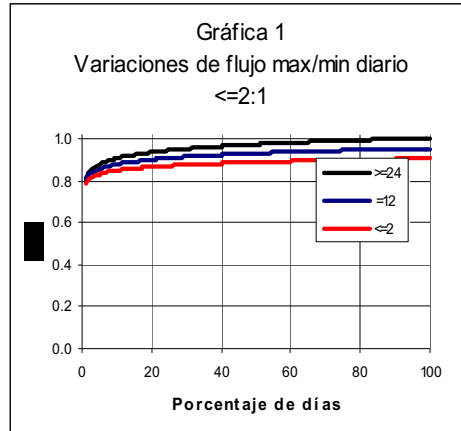
- A mayor porcentaje de días que se presenta una situación, mayor será el ICA
- A mayor periodo en el que se presenta la situación, mayor será el ICA
- A mayor relación máximo diario/mínimo diario menor será el ICA

La función de valor del parámetro se construye de la siguiente manera<sup>10</sup>:

- Una vez clasificados los días del año (en forma de porcentaje) según la magnitud de la variación en el caudal, y habiéndole asignado un periodo predominante de tiempo en el que se presenta la variación, se observa la gráfica 1 y se relaciona un ICA con el porcentaje de días en que se presenta una variación menor a 2:1 en el flujo mínimo y máximo, tomando en cuenta la gráfica del periodo predominante de tiempo
- Se observa la gráfica 2 y se relaciona un ICA con el porcentaje de días que se presenta la variación entre 2 y 10 a 1 entre el mínimo y máximo diario, también tomando en cuenta el periodo de tiempo en el que se presenta.
- Repetir procedimiento para las gráficas 3 y 4
- Multiplicar los valores obtenidos en los pasos anteriores. Es posible que no se utilicen todas las gráficas cuando en ningún momento del año se haya presentado la relación en la variación que expresa la gráfica

<sup>10</sup> Las ecuaciones de las gráficas para todas las funciones de transformación de los parámetros se encuentran en la tabla 3.





Así, por ejemplo, si se considera el mejor escenario: que en todos los días del año la variación entre el flujo máximo y el flujo mínimo no llega a ser de 2:1, se tendrá, según la gráfica 1, un valor del ICA de 1; y si algunos días se presenta una variación mayor que 2:1, también va disminuyendo el valor del ICA, porque eso significa que habrá algunos días que se presente una variación mayor que trae consigo una disminución de la calidad ambiental.

### Calidad Escénica.

La percepción de los rasgos morfológicos dominantes en el área de estudio es de forma tridimensional, con una serie de cañones, donde el desnivel entre el fondo de la barranca y las montañas circundantes, es de 700 m y en algunos sitios hasta de 1 500 m. La altitud varía entre los 200 m en las partes inferiores del Río Santiago y en promedio de 2 800 m en las cumbres (Cerro de Tequila 2 940 m), pero en general se mantiene entre los 500 y 2 400 m. En las elevaciones cercanas al cauce del río y las aledañas a los caminos de acceso así como al área donde se desarrollará el proyecto, se observan algunas áreas impactadas por desmontes para establecer pastizales y agricultura de coamil sobre todo alrededor de los parteaguas. Esta vegetación se compone básicamente por especies arvenses y herbáceas, principalmente gramíneas; también se encuentran cultivos

multianuales, como agave y cultivos perennes como huertas de ciruelos y mango.

El paisaje brinda vistas espectaculares para los visitantes, debido a su formación de cañones, en cuanto al espacio dominan áreas panorámicas y encajadas que son las principales vistas observadas y tomando en cuenta que el sitio es un área común en la zona, estas vistas realzan su valor y calidad visual. La textura visual es de grano medio en las zonas cubiertas por selva y de grano fino donde existen pastizales inducidos y cultivados; la cobertura de la vegetación va de baja en la época de secas a media durante las lluvias. La distribución y la regularidad de la vegetación es al azar; formando grupos más densos en condiciones de mayor humedad (cañadas). En general la cubierta vegetal presenta poco contraste espacial ya que en la estación de secas predomina el gris y en la de lluvias el verde.

El área del proyecto presenta formaciones montañosas muy marcadas, la vegetación tiene variedad, pero solo en dos o tres tipos. Se tiene presencia de agua en movimiento, pero no es elemento dominante del paisaje; el color posee alguna variedad en la intensidad, contraste del suelo, roca y vegetación, pero tampoco es un elemento dominante. El fondo escénico circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto, aunque los paisajes montañosos se consideran como raros, en la región son comunes. La calidad escénica esta afectada por actividades humanas que causan modificaciones poco armoniosas, aunque a baja escala; estas se encuentran principalmente en los parteaguas ya que son utilizados para pastizales inducidos y cultivados. Estas acciones demeritan la calidad visual del paisaje. De acuerdo con lo planteado por Farias, et al (1992) la calidad escénica del paisaje corresponde a la Clase A, la cual corresponde a zonas que reúnen características excepcionales para cada aspecto condicionado.

El tamaño y forma de la cuenca visual son factores que aumentan un poco el grado de la fragilidad; la cuenca que nos ocupa es de tamaño grande y alargada, por lo tanto la fragilidad visual del área de estudio es alta, más susceptible a los cambios, debido a que proporciona al observador una gama de vistas espectaculares por las formaciones montañosas de la zona, la cobertura vegetal varía según la estacionalidad (temporada de lluvias / estiaje, 6 meses), abundante en tiempo de lluvias, en ambas épocas hay poco contraste en la vegetación, solo que en la época de estiaje se enmascaran un poco mas las actividades humanas ya que los colores serian "camuflajeados" con los que se presentan de manera natural en la zona.

En cuanto a la vulnerabilidad como la posibilidad de que la calidad escénica sufra cambios es baja, debido a la poca afluencia de visitantes esto dado por las altas temperaturas, la accesibilidad por la topografía tan accidentada, la lejanía de los poblados y además con el proyecto se afectará una zona muy específica, a la cual no se tiene visibilidad directa.

Con el objeto de establecer valores que puedan ser fácilmente comparables, se realizaron conversiones de valores inconmensurables a valores conmensurables, utilizando funciones de transformación (Conesa,

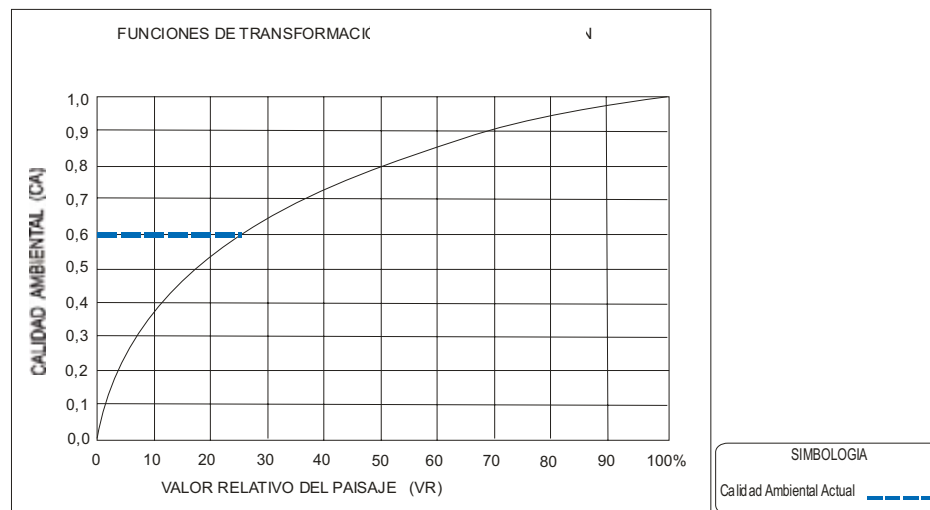
2003). Con esta función se asignan valores a componentes que se han evaluado subjetivamente; expresando la relación de los factores ambientales con una magnitud la calidad ambiental. La escala para medir la calidad ambiental varía de 0 - 1, donde el valor extremo óptimo es 1 y el valor más desfavorable es 0 (ver anexo X).

La función de transformación se representa de manera gráfica en la figura 76. En las ordenadas se sitúa la calidad ambiental y en las abscisas se toma como un indicador del impacto, para el valor relativo del paisaje, VR acorde con el modelo descrito, viniendo la unidad de medida expresada como un rango adimensional de 0 a 100.

El valor de la calidad escénica del estado actual se determinó con las fórmulas que se describen en el anexo X; para este caso se estimó que la región en general tiene un valor relativo de la calidad escénica de 24,7254.

FASE	VALOR RELATIVO DEL PAISAJE MIA REGIONAL PH LA YESCA CALIDAD ESCÉNICA		
	V <sub>a</sub>	K	V <sub>R</sub>
<b>ACTUAL</b>	21	1,1774	24,7254

Usando la función de transformación que se presenta en la figura 76, la calidad ambiental actual en el sitio del proyecto es de 0,6, debido principalmente a la poca población que tiene acceso al área donde se desarrollará el proyecto, la distancia desde donde es visible directamente esta área; la accesibilidad a estos puntos de observación y el tamaño de la cuenca desde donde será visible el proyecto (que abarca solo el área que colinda con el camino ya que es el único acceso donde hay presencia de observadores), además de ser encañonada y muy limitada el área de donde es posible la observación directa del área de estudio.



**Figura 76 Función de Transformación**

## **MEDIO BIÓTICO.**

### **Vegetación Terrestre y Acuática.**

La vegetación que mayor área se presenta en el área de estudio es la Selva Baja Caducifolia, ésta es una comunidad vegetal con amplia distribución en México, ocupando alrededor del 8 % del territorio nacional (COTECOCA-SARH, 1994), Jalisco no es la excepción y ocupa el 24,06% de su territorio. En el recorrido del Río Santiago, existen barrancas y cañones con Selva Baja Caducifolia donde es dominante. Esta misma situación se presenta en el área del proyecto ocupando cerca del 80 % del área. La mayor parte de las sucesiones que se presentan son derivadas de este tipo de vegetación.

Dentro de estos cañones se encuentran diferentes rasgos fisiográficos como cañadas, cerriles, lomeríos y mesetas. En el área de estudio donde se pretende realizar el PH La Yesca, se cuenta con estas mismas características fisiográficas, en este sentido se considera toda el área de estudio como una sola unidad ambiental, dividiéndose en las siguientes subunidades:

Ladera, farallones y mesetas; encontrándose en ellos:

- Selva Baja Caducifolia
- Pastizales
- Vegetación secundaria derivada de la perturbación de estos tipos de vegetación

Meandros y mesetas; encontrándose en ella:

- Selva Baja Perennifolia Espinosa
- Selva Baja Caducifolia Espinosa
- Vegetación secundaria derivada de estos tipos de vegetación

Cañadas, y lugares pedregosos de los Ríos Bolaños, Santiago y Chico.

Vegetación Riparia; encontrándose en ella:

La Selva Baja se caracteriza por tener una gran diversidad de especies, para la zona de estudio se registran 786 especies, las cuales, en su mayoría son de amplia distribución, las encontramos desde la costa hasta el interior del Estado y altitudinalmente, desde el nivel del río hasta los límites con el encinar. Sin embargo esto contrasta con las pocas especies con estatus, que en consecuencia son las especies más frágiles en el área del proyecto, por lo que se optó para evaluar toda el área como una sola unidad ambiental, dado que la proporción de la superficie de Selva Caducifolia, así como sus diferentes sucesiones ocupan aproximadamente el 80,0 % del total de la superficie del área de estudio y que, de acuerdo a los resultados de la estructura y distribución de las especies más vulnerables a los

cambios, que son las que se encuentran con estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001, los índices de calidad ambiental de aquellas especies que son endémicas, con estatus de conservación, con valor social y comercial y a la cobertura forestal. Los factores relativos a la flora y vegetación que serán utilizados como indicadores de calidad ambiental son los que a continuación se muestran. Cabe destacar que dichos indicadores fueron modificados a partir de los propuestos por Gómez Orea (2003).

- a) Especies con estatus (Índice de Especies Amenazadas).

$$IEA = \left( \frac{((\text{No. esp. prot. esp.}) + (\text{No. esp. amenazadas})2 + (\text{No. esp. en peligro})3)/3}{\text{Total de especies en el área}} \right) \times 100$$

- b) Especies con distribución restringida (Índice de Distribución de Especies).

$$IDE = \left( \frac{((\text{No. Spp. Dist. Nac.}) + (\text{No. Spp. Dist. Reg.})2 + (\text{No. Spp. Dist. Local})3)/3}{\text{Total de especies en el área}} \right) \times 100$$

- c) Especies endémicas (Índice de Endemicidad).

$$IE = \left( \frac{\text{Numero de especies endémicas}}{\text{Total de especies en el área de estudio}} \right) \times 100$$

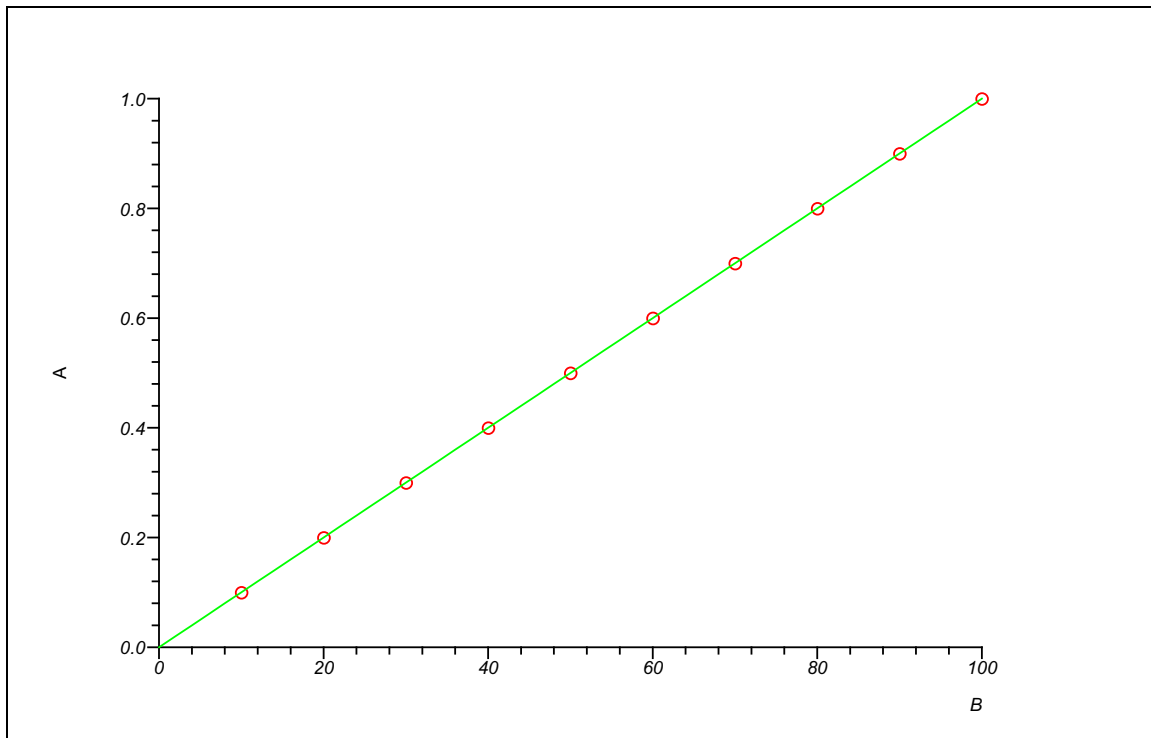
- d) Especies con valor comercial y social

$$IVCS = \frac{\text{Número de especies de valor comercial y social}}{\text{No. de especies totales}} \times 100$$

- e) Cobertura Forestal

$$ICF = \frac{\text{Área con cobertura forestal}}{\text{área total}} \times 100$$

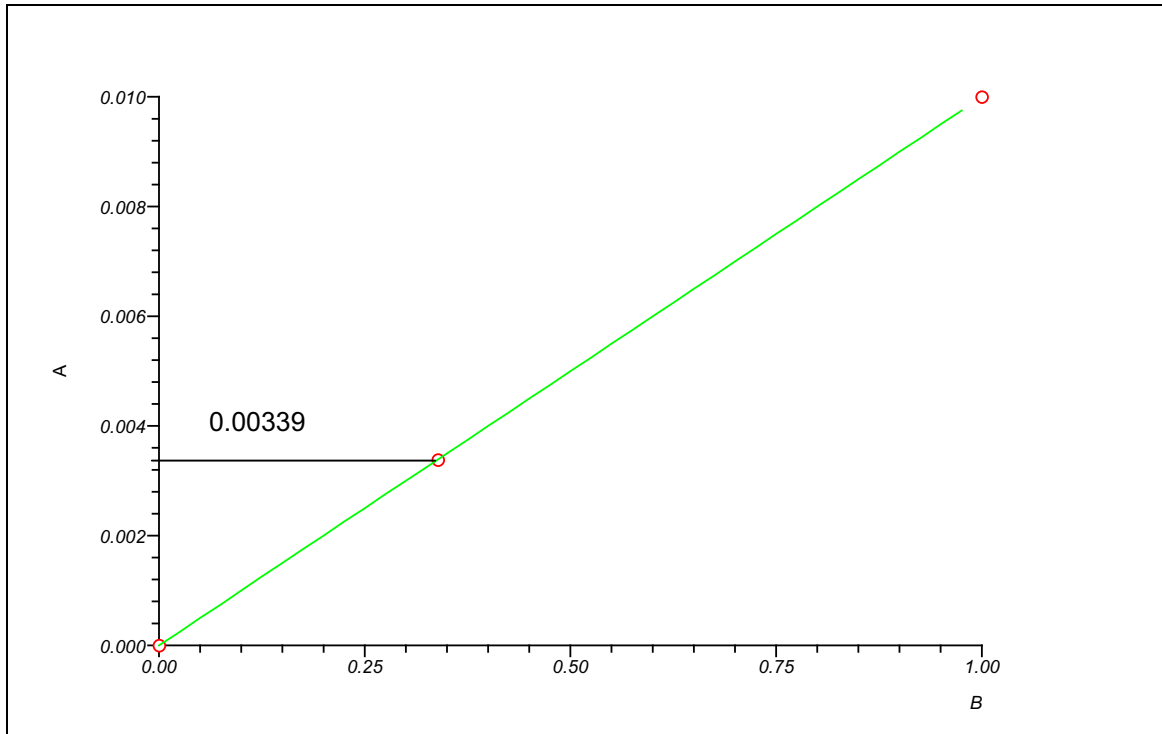
### Función de transformación



Los índices de Calidad Ambiental en el área de estudio son:

#### Índice de Especies Amenazadas

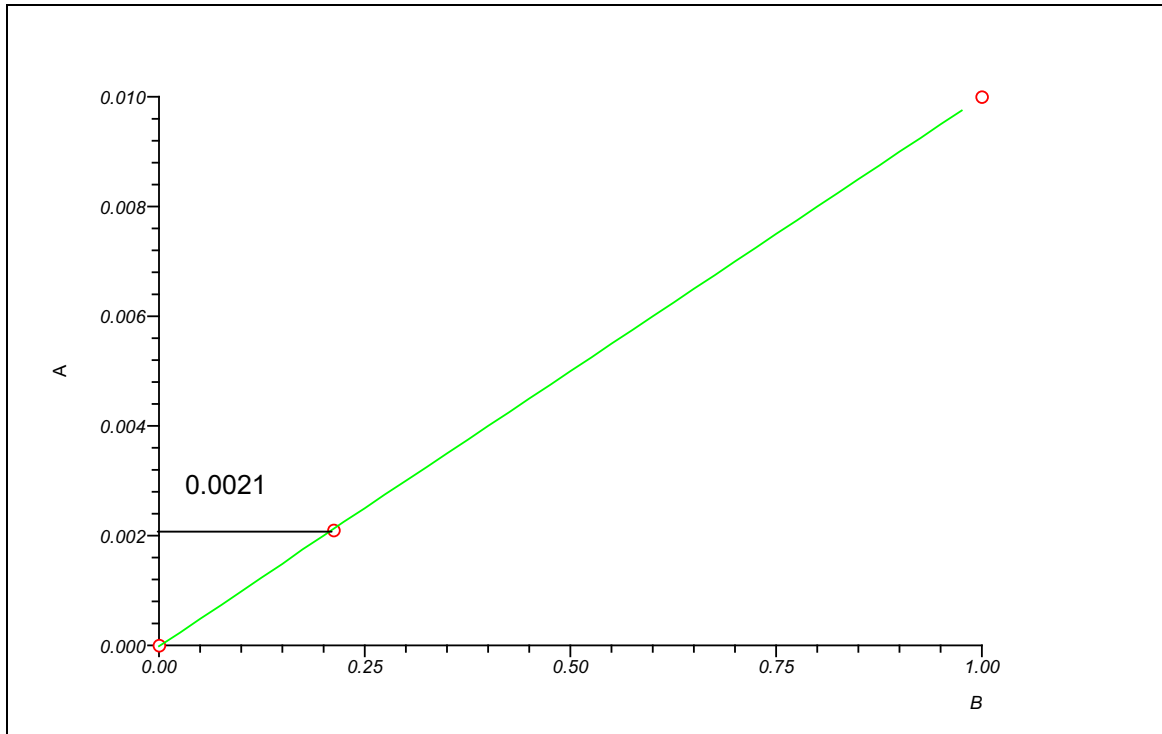
Índice / categoría	Protección Especial	Amenazada	En Peligro	TOTAL Especies	IEA	ICA
CA	1	4	0	786	0,3392	0,0033



A significa Calidad ambiental (CA) va de 0 a 1 y B es el Índice de las Especies Amenazadas (IEA) que va de 0 a 100.

**Índice de Distribución de Especies (basado en las especies con estatus)**

Índice / Distribución	Distribución Nacional	Distribución Regional	Distribución Local	TOTAL Especies	IDE	ICA
<b>CA</b>	5	0	0	786	0,2120	<b>0,002</b>

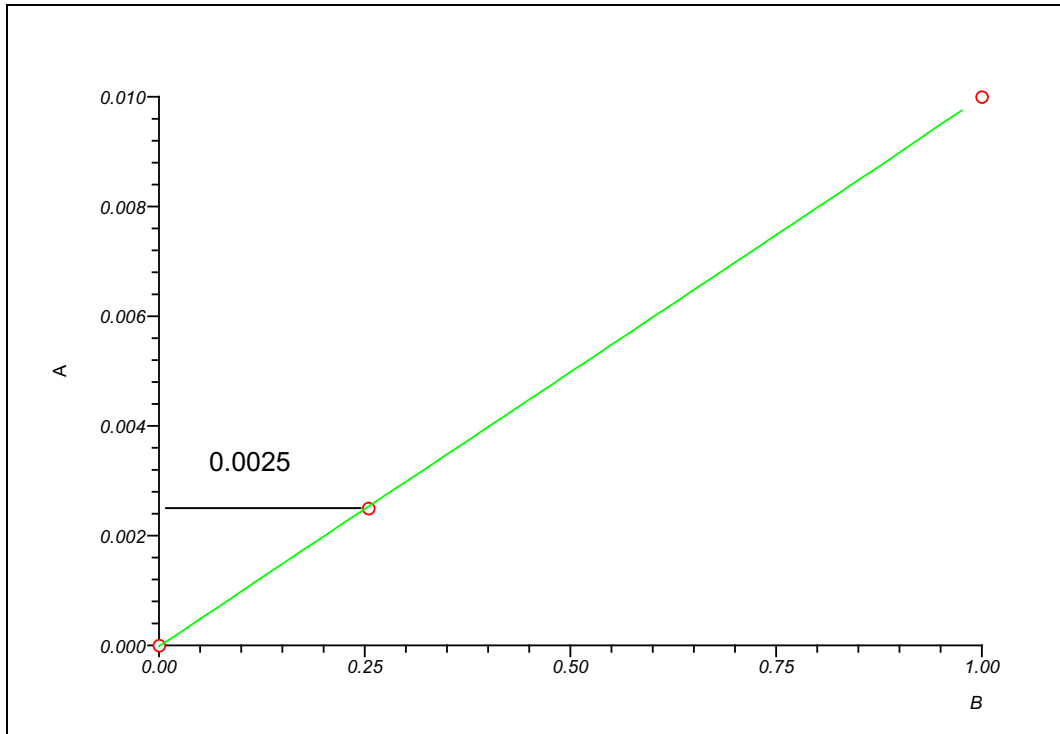


A significa Calidad ambiental (CA) va de 0 a 1 y B es el Índice de Distribución de Especies (IDE) que va de 0 a 100.

#### Índice de Endemicidad

Índice / Endemismo	Endémica Nacional	Endémica Regional	Endémica Local	TOTAL Especies	IDE	ICA
CA	2	0	0	786	0,2545	0,0025

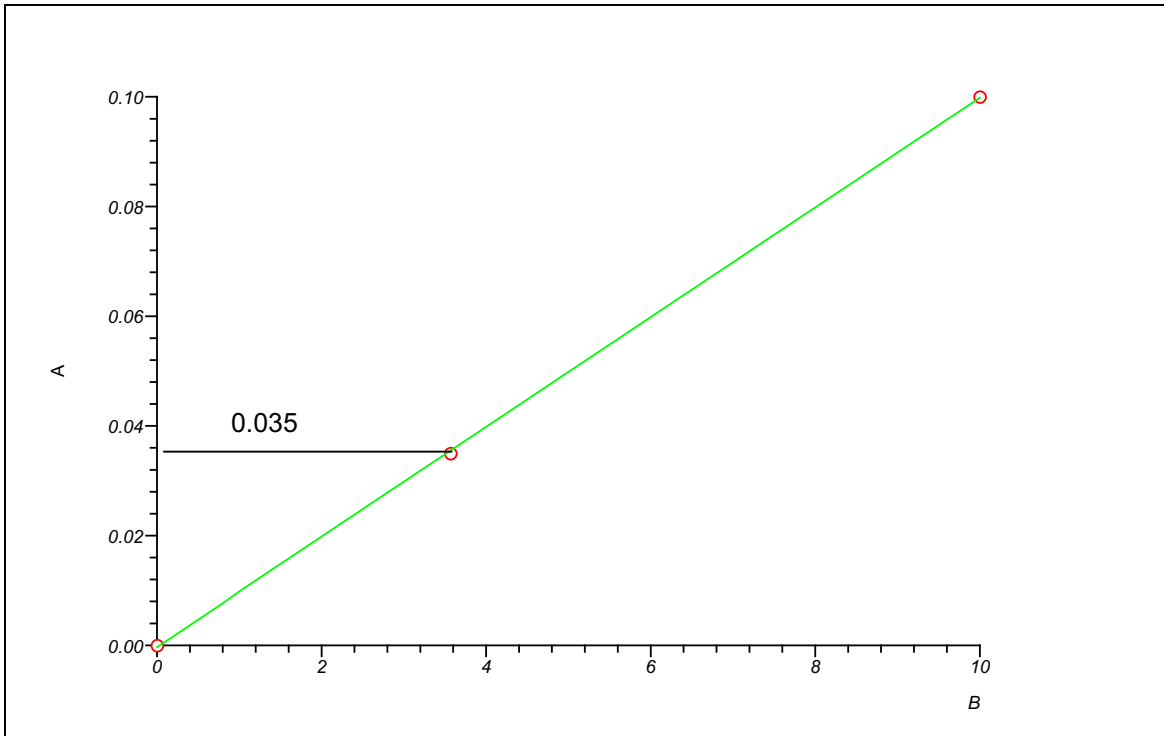




A significa Calidad ambiental (CA) va de 0 a 1 y B es el Índice de Endemicidad (IE) que va de 0 a 100.

**Índice de Especies con Importancia Social y Comercial**

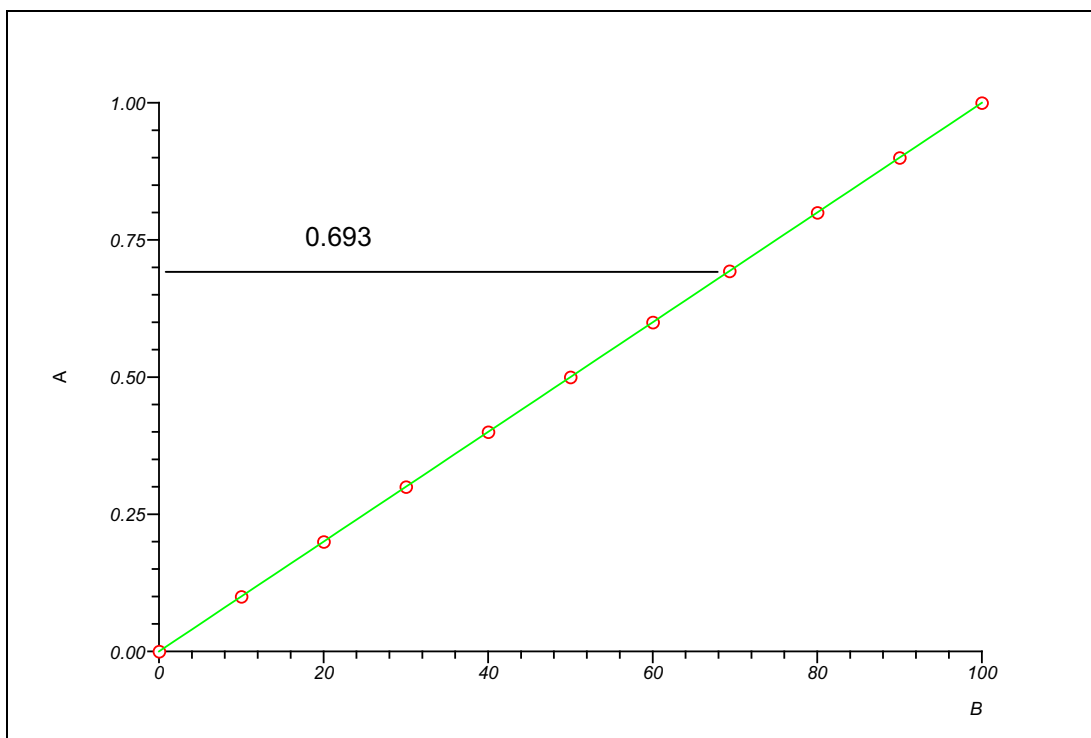
GRUPO	EISC	TOTAL Especies	IEISC	ICA
CA	28	786	3.5623	<b>0.035</b>



A significa Calidad ambiental (CA) va de 0 a 1 y B es el Índice de Especies con Importancia Social y Comercial (IEISC) que va de 0 a 100.

#### Índice de Cobertura Forestal

Índice/Cobertura	Cobertura Forestal	Área Total	IDE	ICA
CA	45,066.08	65,000	69.3324	<b>0.693</b>



A significa Calidad ambiental (CA) va de 0 a 1 y B es el Índice de Cobertura Forestal (ICF) que va de 0 a 100.

El número de especies amenazadas, distribución de especies, endemismo e importancia social y comercial son escasas, por lo cual los valores de calidad ambiental de estos parámetros son bajos, como se pueden observar en las gráficas respectivas. Sin embargo, en cuanto a la cobertura forestal presentó un mayor índice de calidad ambiental ya que la correspondiente a la Selva Baja Caducifolia se encuentra con poca perturbación, esto obedece al aislamiento con que cuenta esta región motivado por la sensibilidad ambiental de altas temperaturas, topografía accidentada, mala calidad de agua, resultando en una escasa actividad agropecuaria y forestal.

### Fauna Terrestre y Acuática.

El estudio de fauna se basó en Unidades Ambientales, las cuales fueron cuatro: Pendientes, Cañadas, Planicies y Acuática. En este sentido, dichas unidades responden en gran medida a los diferentes tipos de vegetación presentes en el área de estudio. En ese sentido, la Selva Baja Caducifolia está presente en la UA de Pendientes, la Vegetación Riparia con *Ficus* en la UA de Cañadas y la Vegetación Riparia con *Phytocellobium* en Planicie, dado que la proporción de superficie ocupada por los dos últimos tipos de vegetación y que no presentaron diferencias marcadas en las especies ahí registradas respecto a la Selva Baja Caducifolia, los Índices de Calidad Ambiental fueron aplicados para toda el área.

La riqueza de vertebrados registrada en la zona está representada por 195 especies, de las cuales el 6,67 % son peces, el 11,28 % son anfibios y reptiles, el 62,56 % son aves y 19,49 % son mamíferos. Cabe hacer notar

que el 7,69 % resultó estar considerada por la NOM -059—SEMARNAT-2001; además, el 7,18% resultaron ser endémicas, no registrándose endemismos locales.

Evidentemente, los endemismos resultan ser las especies más vulnerables a los cambios en el uso del hábitat, junto con ellas, las consideradas con algún estatus de conservación. Partiendo de esta idea fue que se construyeron los Índices de Calidad Ambiental y las respectivas Funciones de Transformación. Es importante señalar que en cada uno de los índices se ponderó, por un lado el estatus de conservación señalado en la en NOM-059-SEMARNAT-2001; igualmente se siguió este procedimiento respecto a la distribución de las especies, lo cual permite tener mayor claridad en la calidad ambiental presente en el área de estudio. Cabe hacer notar que no se incluye un índice que contemple hábitats frágiles dado que no fueron registrados sitios con estas características en el área de estudio del PH La Yesca.

Los factores relativos a la fauna que serán utilizados como indicadores de calidad ambiental y sus funciones de transformación son los que a continuación se muestran. Dichos indicadores fueron modificados a partir de los propuestos por Gómez Orea (2003).

#### **Índices de Calidad Ambiental.**

- d) Especies con estatus (Índice de Especies Amenazadas).

$$IEA = \left( \frac{((\text{No. esp. prot. esp.}) + (\text{No. esp. amenazadas})2 + (\text{No. esp. en peligro})3)/3}{\text{Total de especies en el área}} \right) \times 100$$

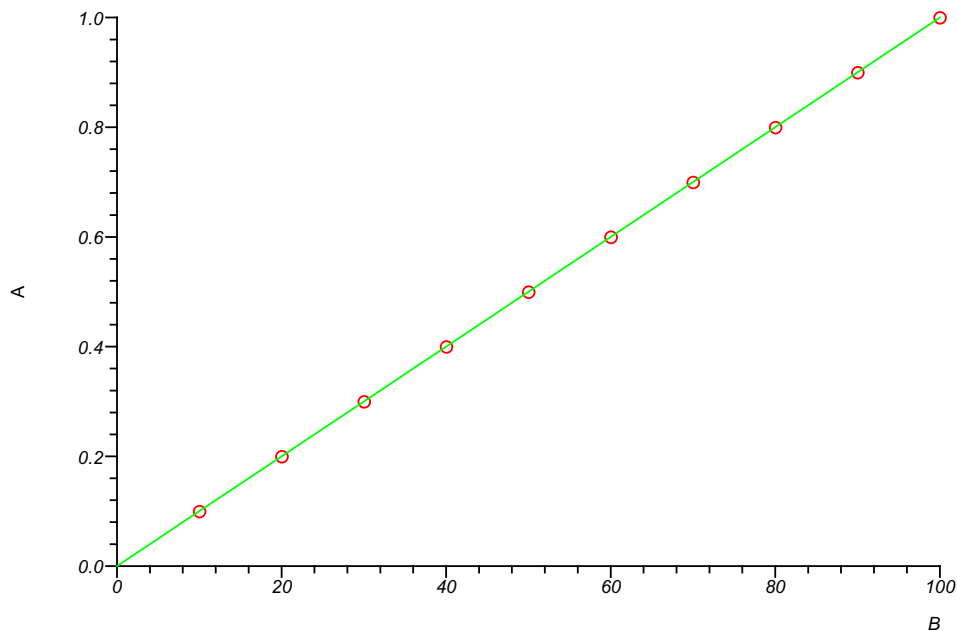
- e) Especies con distribución restringida (Índice de Distribución de Especies).

$$IDE = \left( \frac{((\text{No. Spp. Dist. Nac.}) + (\text{No. Spp. Dist. Reg.})2 + (\text{No. Spp. Dist. Local})3)/3}{\text{Total de especies en el área}} \right) \times 100$$

- f) Especies endémicas (Índice de Endemicidad).

$$IE = \left( \frac{\text{Numero de especies endémicas}}{\text{Total de especies en el área de estudio}} \right) \times 100$$

#### **Función de transformación.**

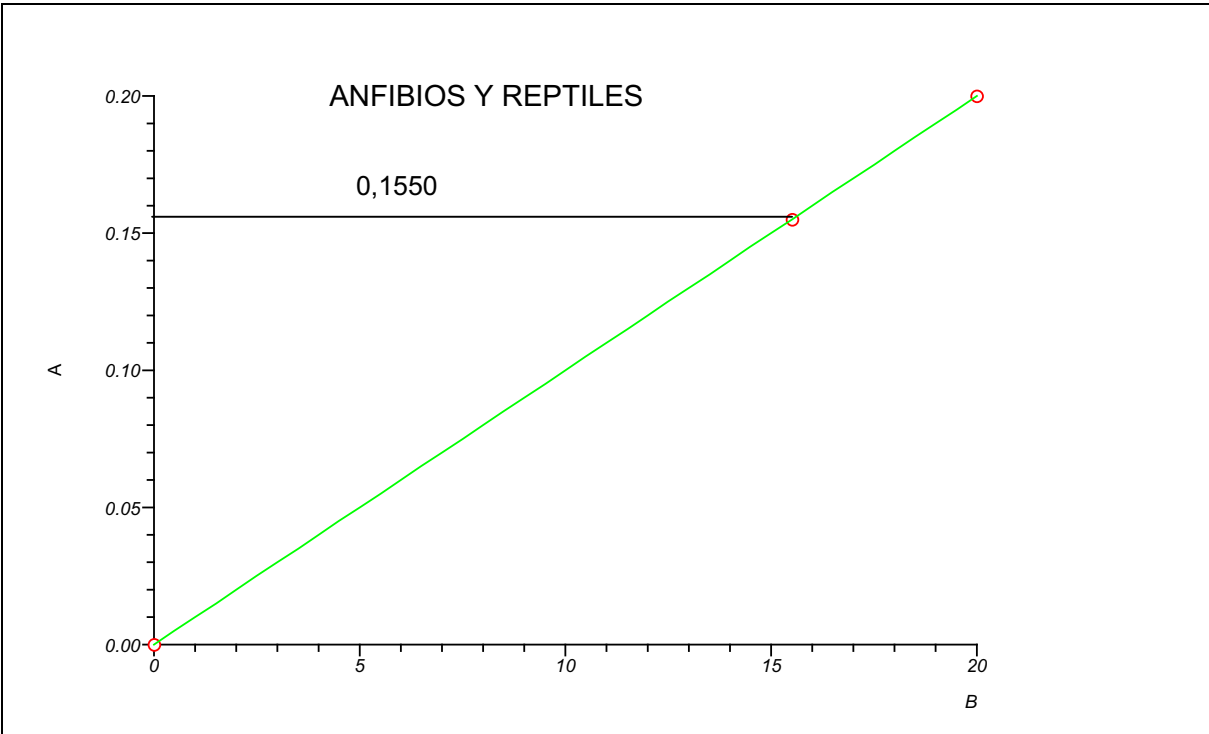
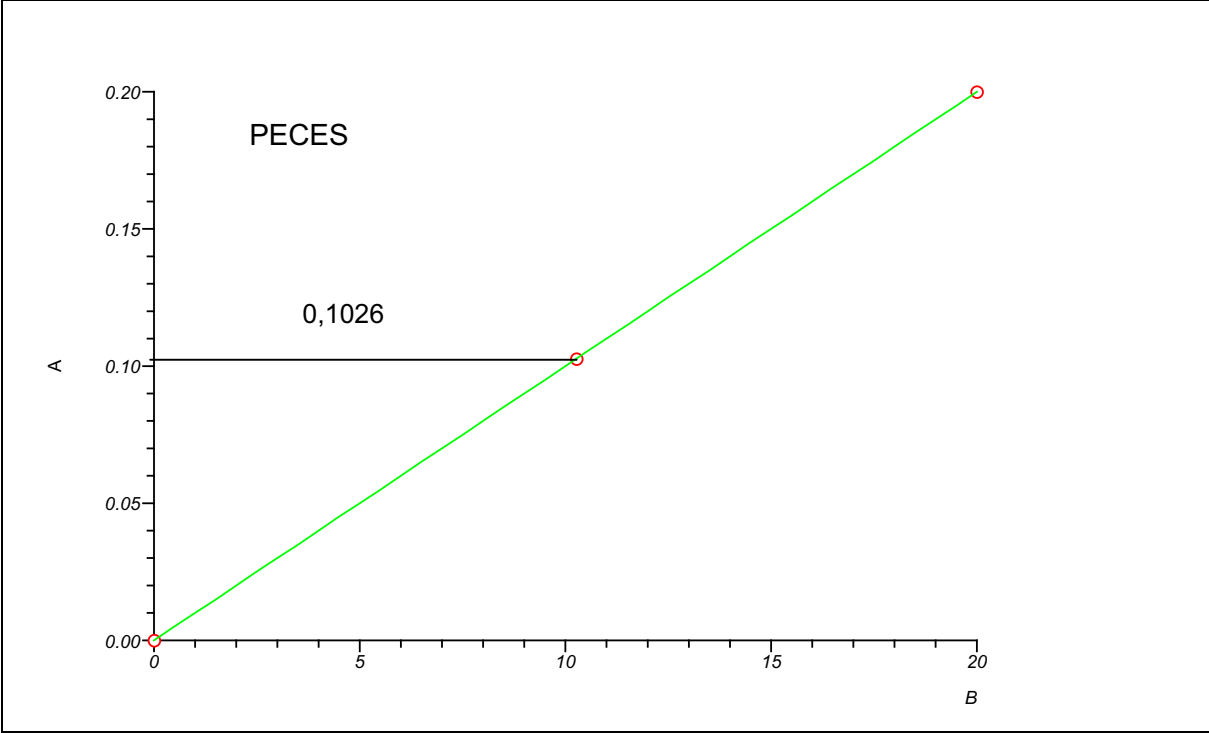


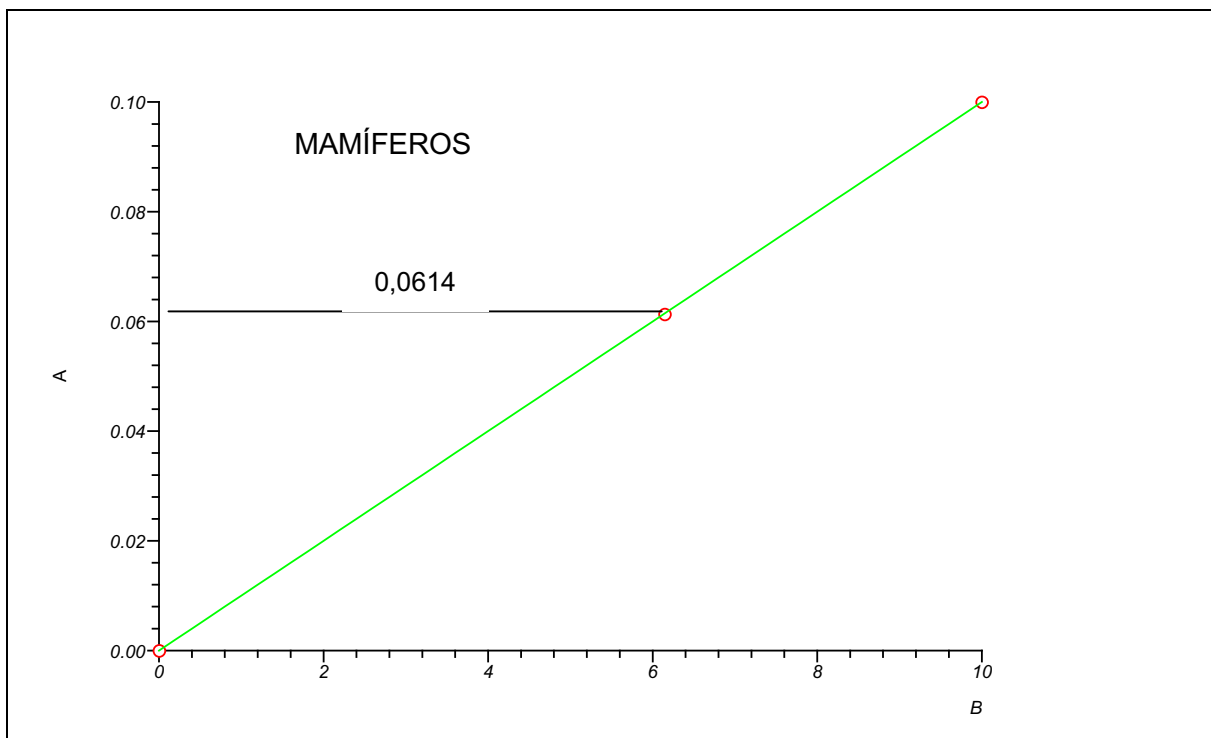
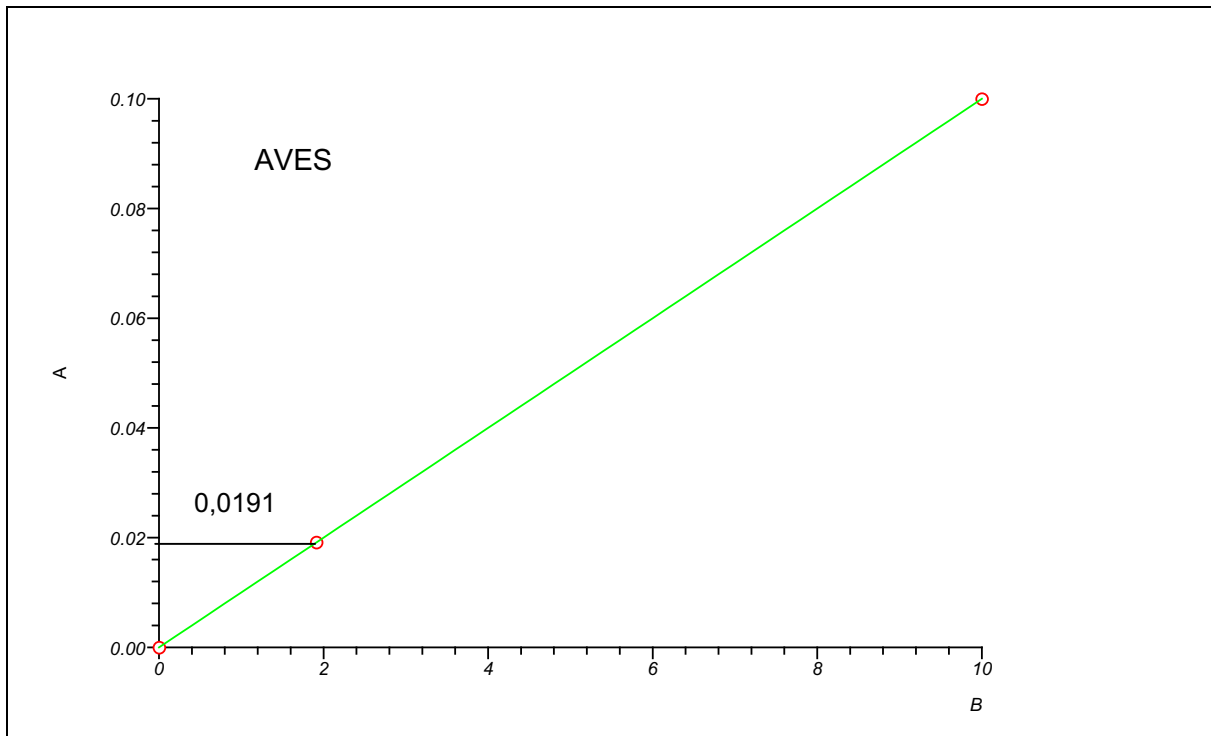
**Resultados.**

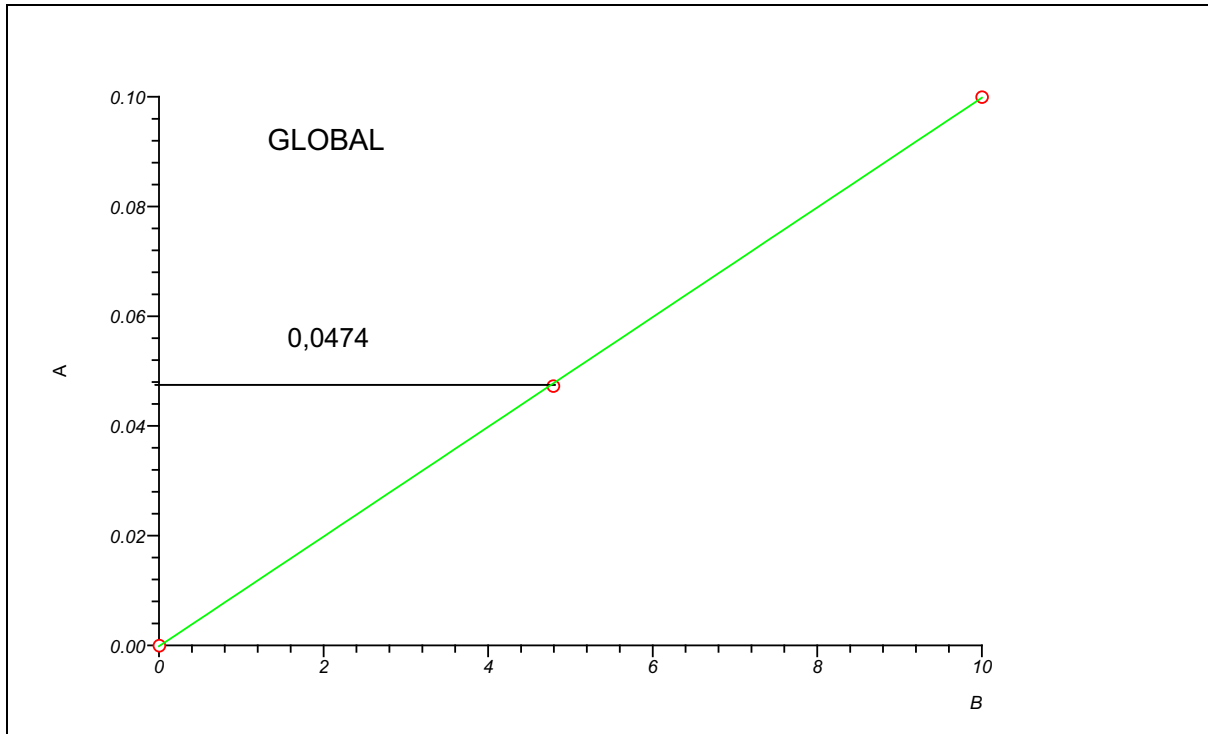
**Evaluación de los índices sin intervención.**

**Índice de especies amenazadas**

<b>GRUPO</b>	<b>Índice de Especies Amenazadas (B)</b>	<b>Índice de Calidad Ambiental (A)</b>
<b>Peces</b>	10,26	0,1026
<b>Anfibios y Reptiles</b>	15,5	0,1550
<b>Aves</b>	1,91	0,0191
<b>Mamíferos</b>	6,14	0,0614
<b>GLOBAL</b>	4,79	0,0474



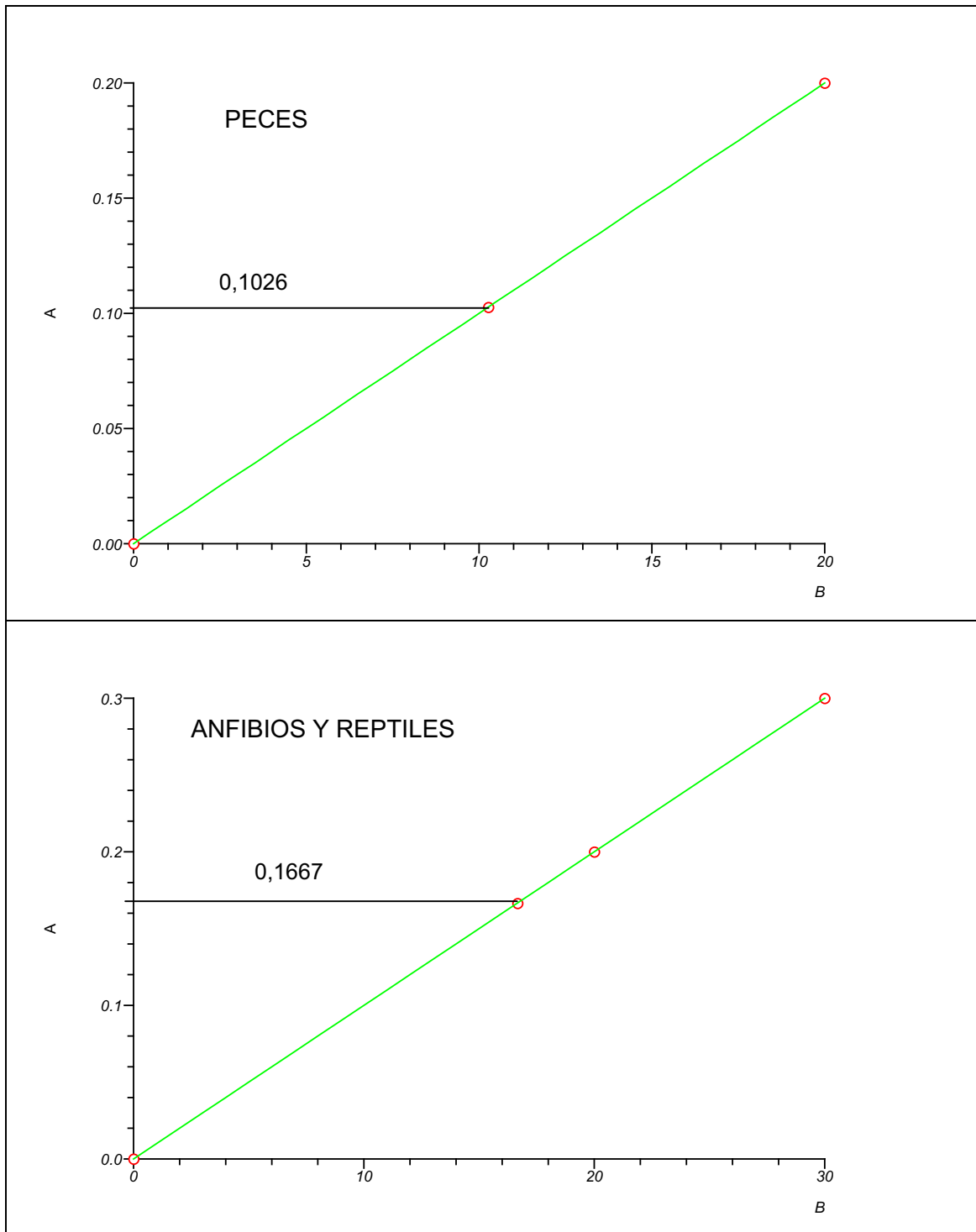


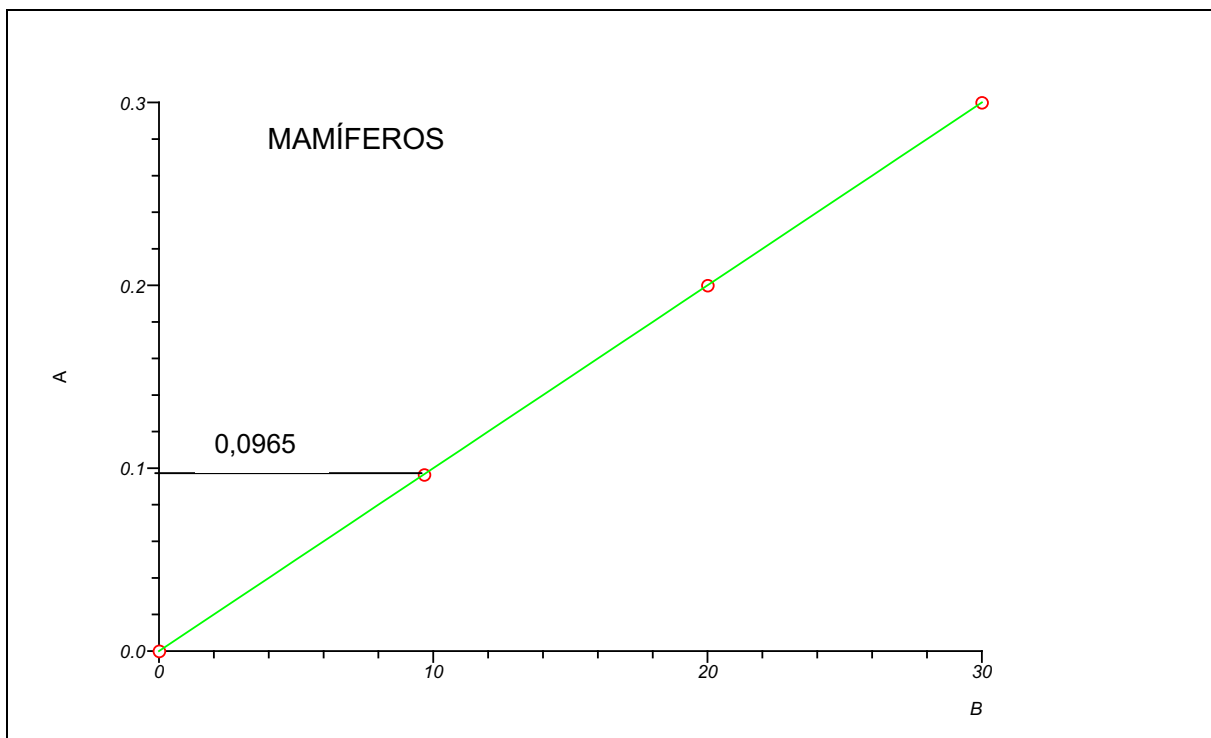
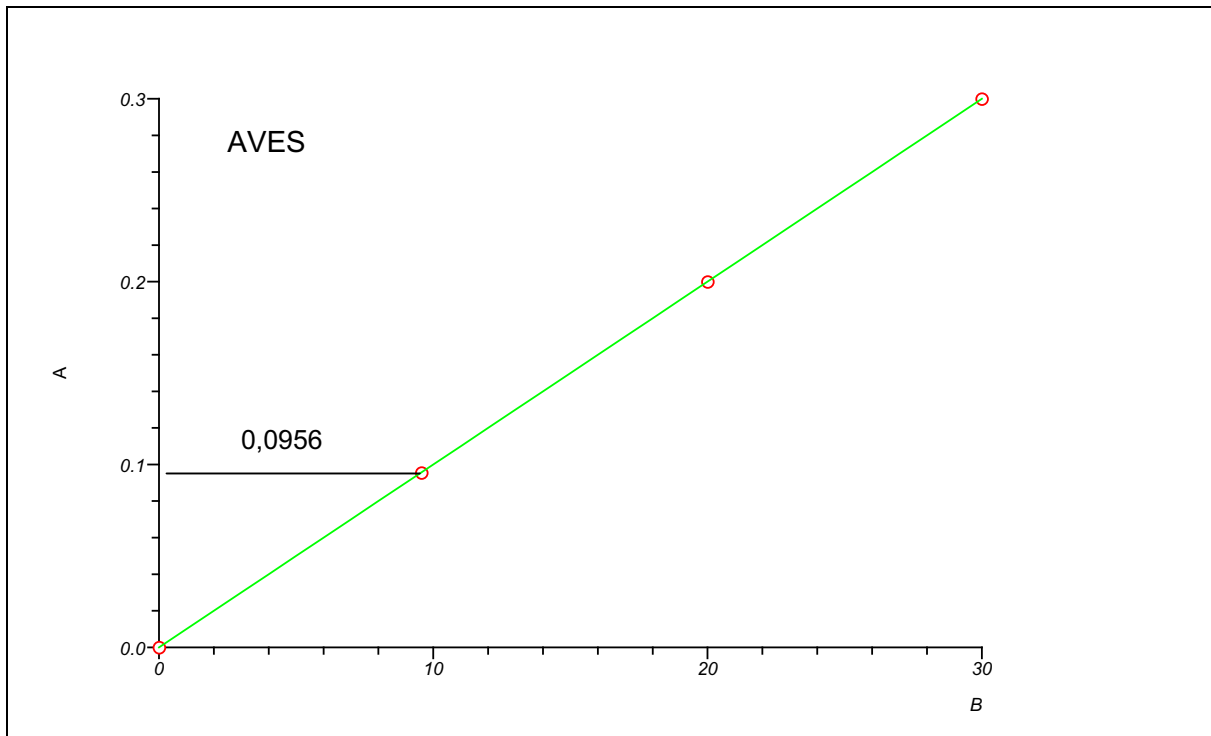


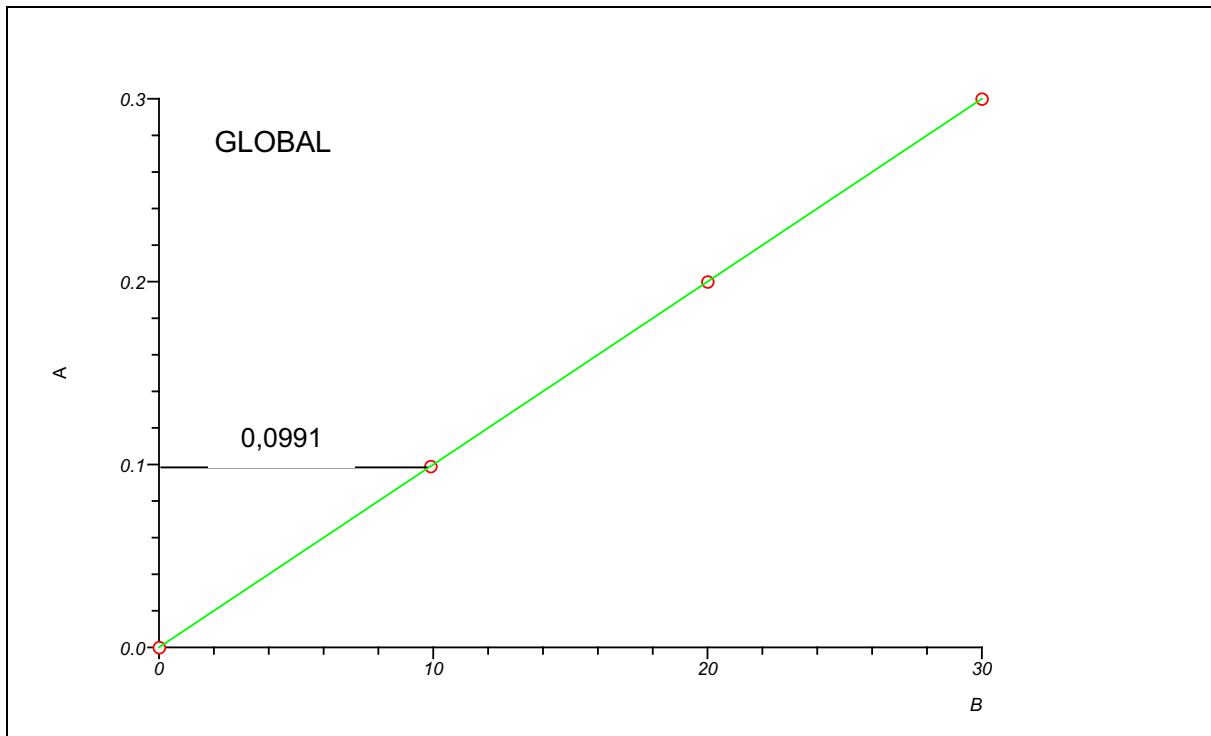
**Índice de distribución de especies (basado en las especies con estatus)**

GRUPO	Índice de Distribución de Especies (B)	Índice de Calidad Ambiental (A)
<b>Peces</b>	10,26	0,1026
<b>Anfibios y Reptiles</b>	16,67	0,1667
<b>Aves</b>	9,56	0,0956
<b>Mamíferos</b>	9,65	0,0965
<b>GLOBAL</b>	9,91	0,0991



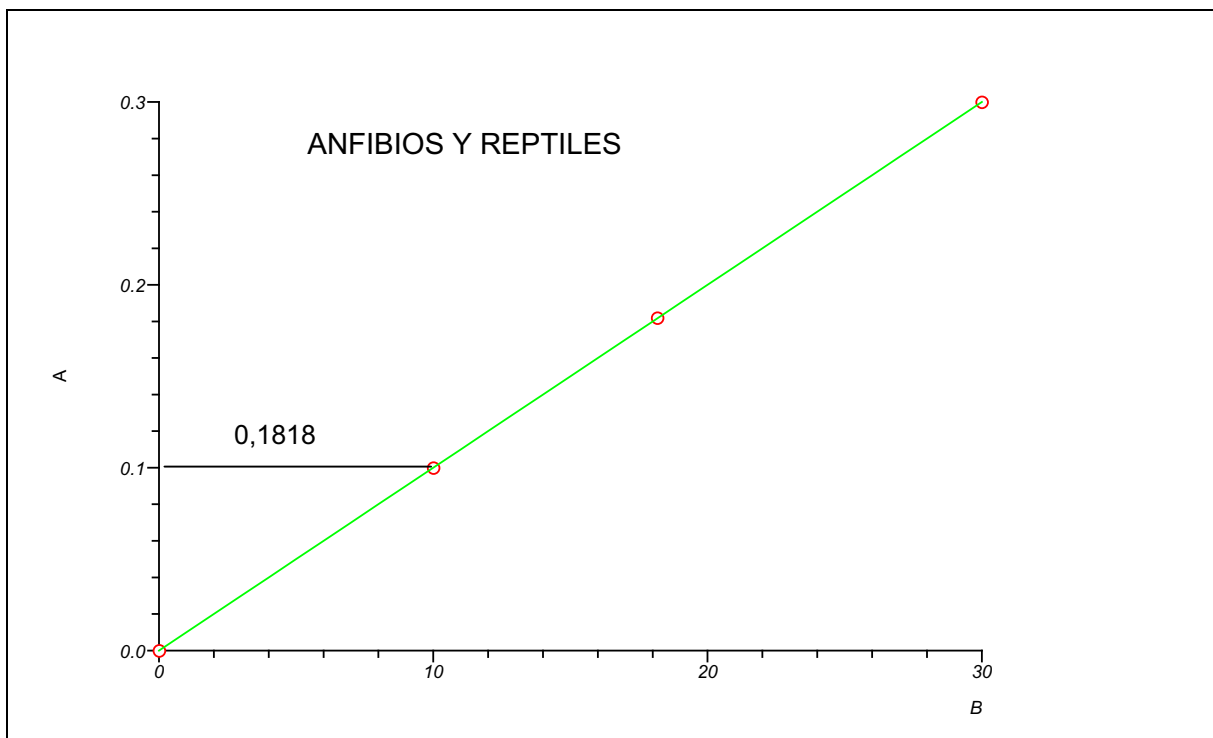
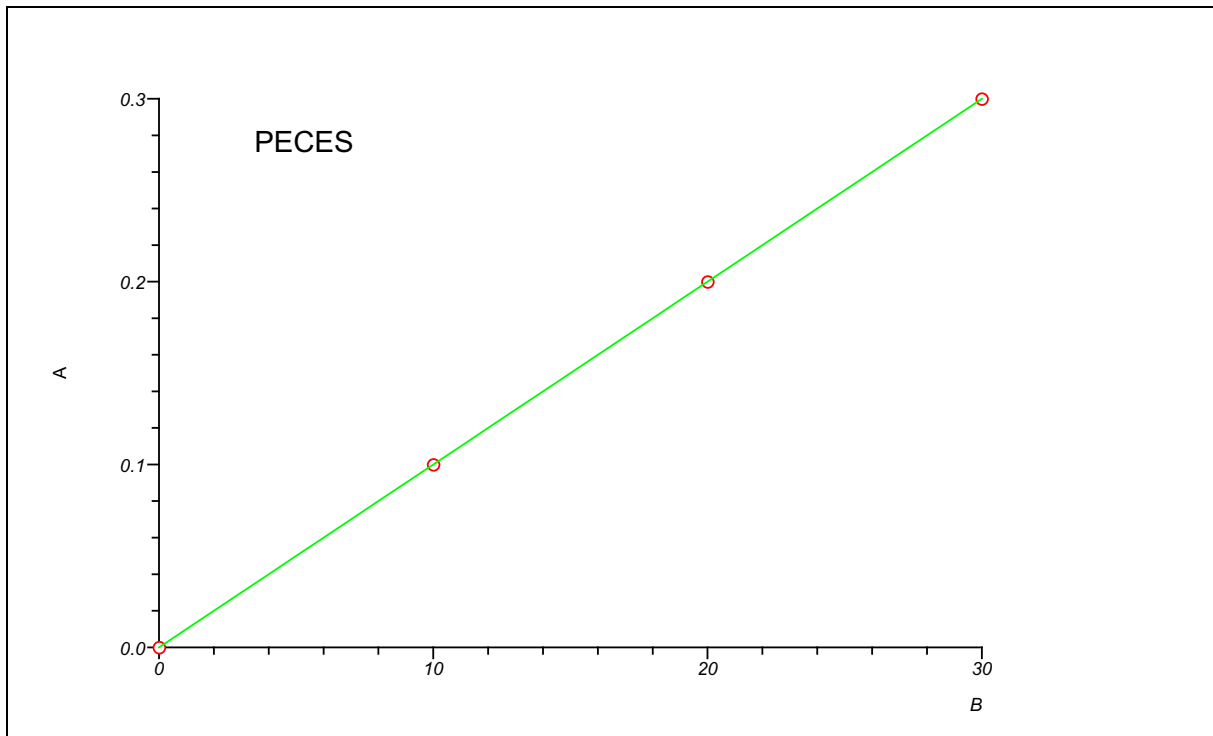


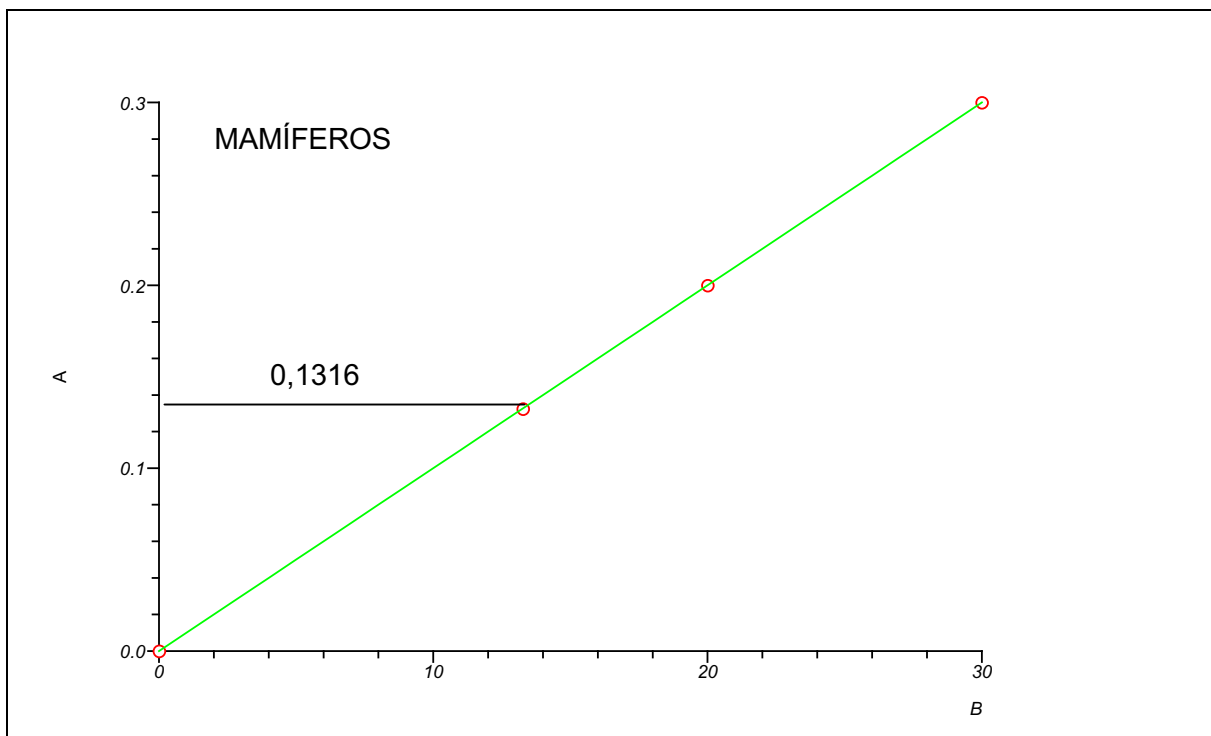
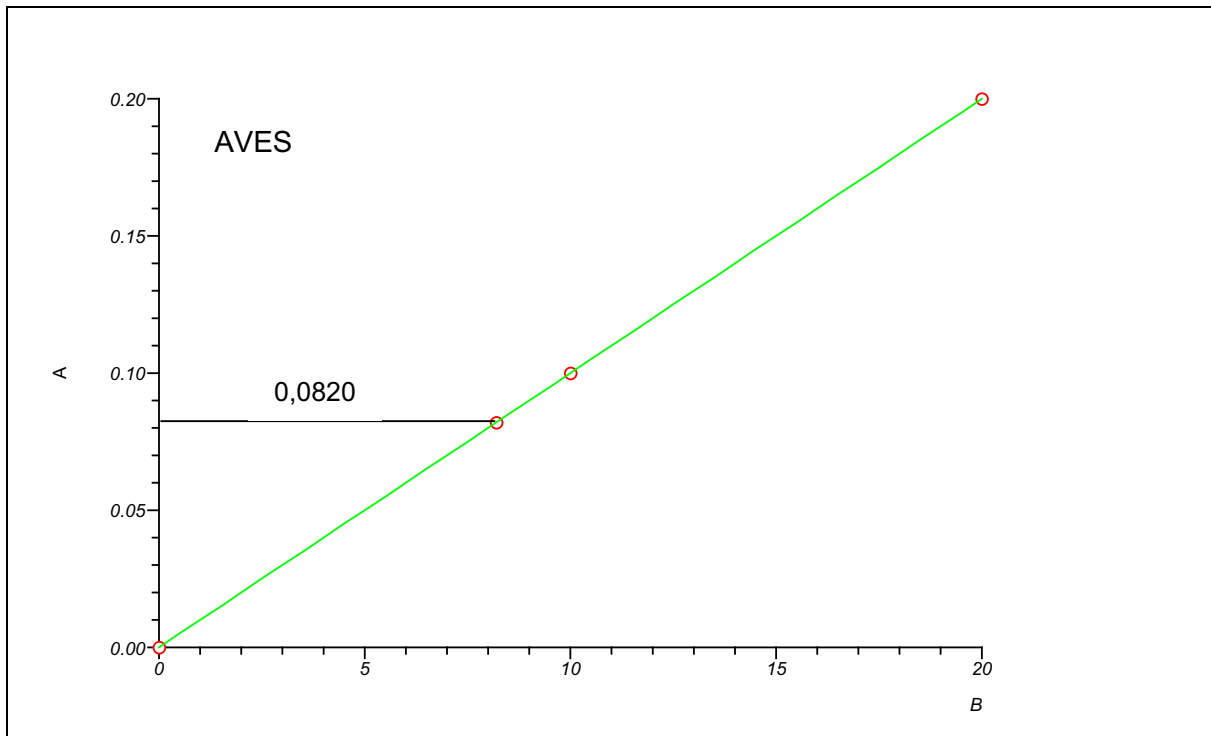


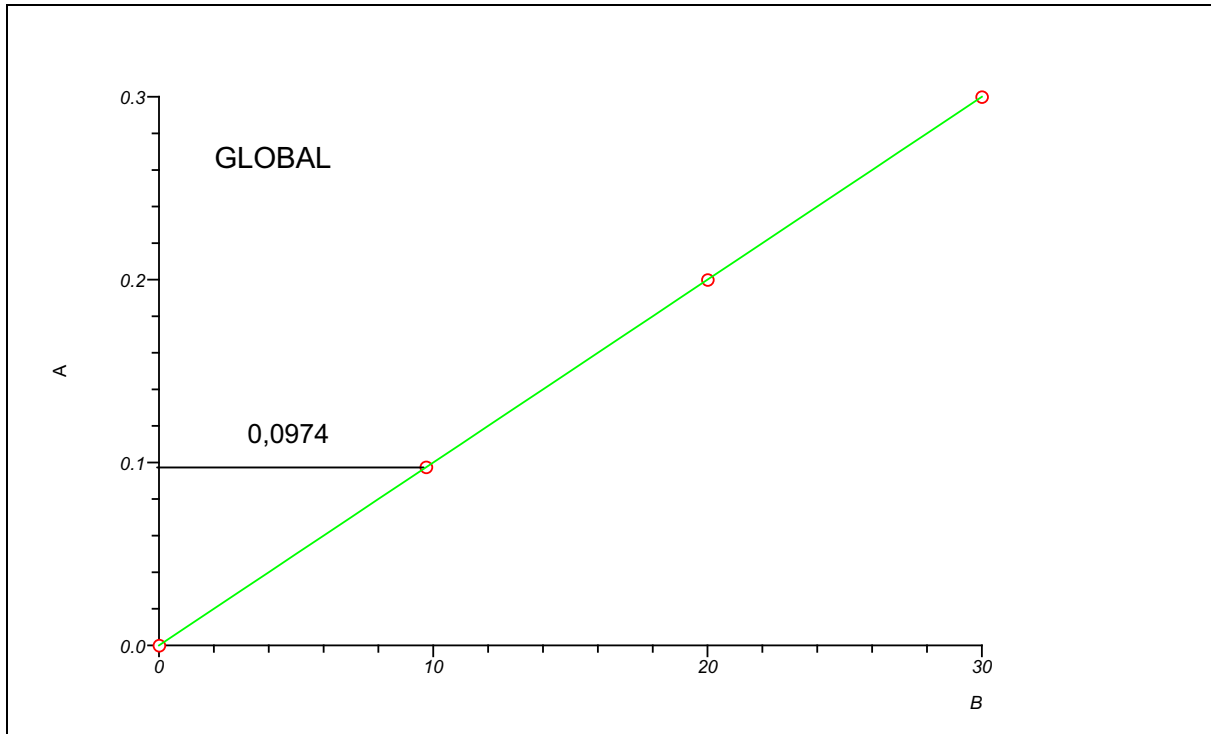


**Índice de endemividad**

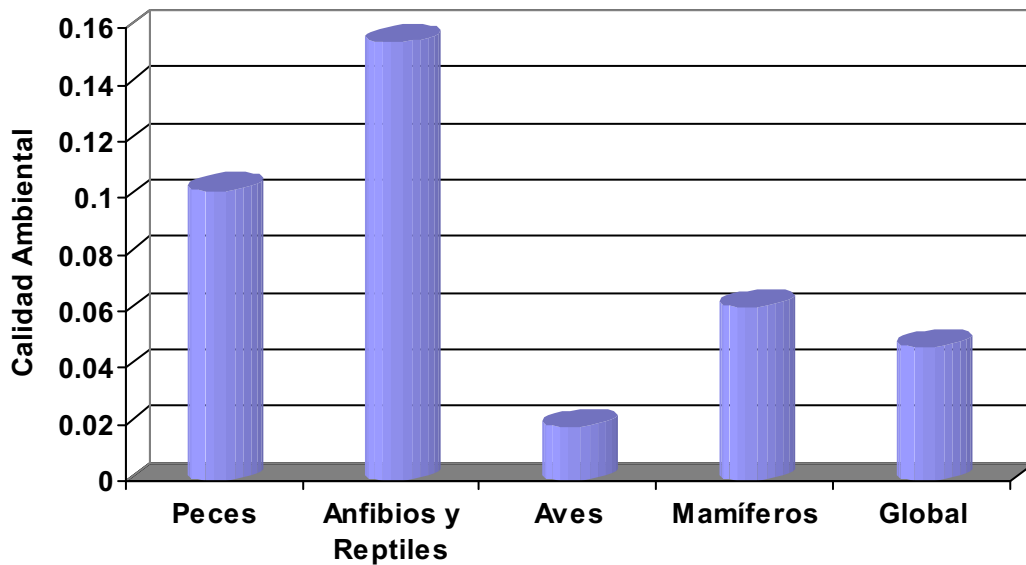
<b>GRUPO</b>	<b>Índice de Endemividad (B)</b>	<b>Índice de Calidad Ambiental (A)</b>
<b>Peces</b>	0,00	0,00
<b>Anfibios y Reptiles</b>	18,18	0,1818
<b>Aves</b>	8,20	0,0820
<b>Mamíferos</b>	13,16	0,1316
<b>GLOBAL</b>	9,74	0,0974





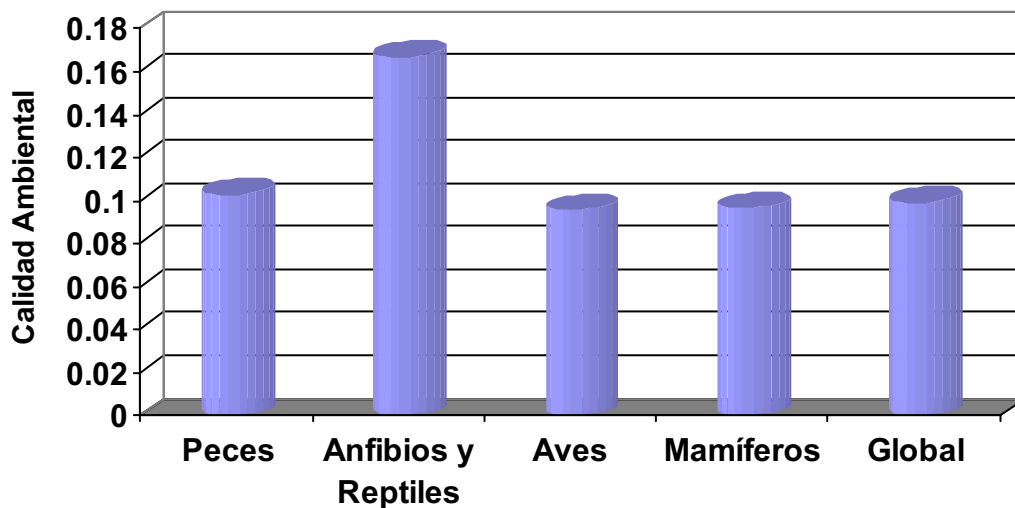


De acuerdo con los resultados de la aplicación de los índices de calidad ambiental y sus funciones de transformación, se pudo observar que el valor de Calidad Ambiental SIN PROYECTO es muy bajo. Ello se puede notar al observar que de acuerdo con los resultados del Índice de Especies amenazadas, el valor más alto resultó para anfibios y reptiles (0,1550), en cambio el más bajo lo fue para aves (0,0191), lo cual puede ser explicado dado el número de especies de este grupo registradas (22) y el número de especies con estatus (ocho), lo que coloca a este grupo como el más vulnerable (gráfica 21).



**Gráfica 21. Calidad Ambiental en función del Índice de Especies con Estatus.**

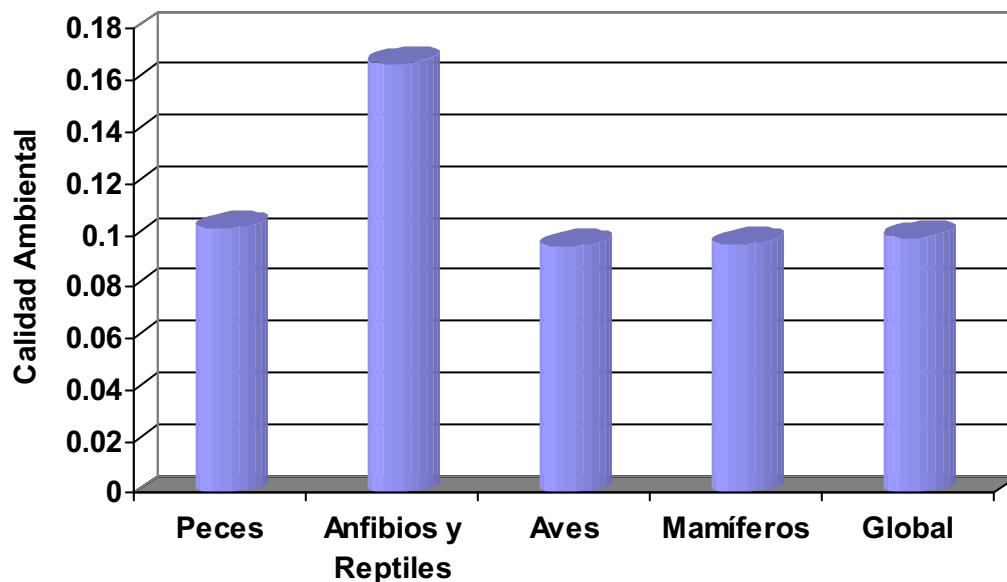
Lo que respecta al Índice de Distribución de Especies, en términos generales el valor resultó bajo para todos los grupos. Se registró que anfibios y reptiles presentaron el valor más alto (0,1667), seguido por peces (0,1026), lo que muestra que ambos grupos presentan especies con estatus con distribución regional o nacional, y por ende no se registran especies cuya distribución sea local. En cambio, tanto aves (0,0956) y mamíferos (0,0965) presentaron el valor de calidad ambiental más bajo (gráfica 22).



**Gráfica 22. Calidad Ambiental en función del Índice de Distribución de Especies con Estatus.**

Finalmente, el índice de endemidad presenta a anfibios y reptiles con el más alto (0,1667) y el menos en aves (0,0956) lo que nuevamente coloca a la herpetofauna como la más vulnerable en el área del PH La Yesca (gráfica

23).



**Gráfica 23. Calidad Ambiental en Función del Índice de Endemicidad.**

Dadas las características topográficas de la zona de estudio, la presencia de actividades antropogénicas que conlleve cambio de uso del suelo no son muy frecuentes. Solamente áreas de planicies, como en Mesa de Flores, son sitios que son modificados para ser utilizados para el pastoreo de ganado. Por ende, en el mediano (5 años) y largo plazo (más de 10 años), no se prevén cambios significativos, SIN PROYECTO, que pongan en peligro la presencia de especies la zona.

Sin embargo, dadas las condiciones de calidad del agua, y en tanto no se realicen obras que permitan el mejoramiento de dicha calidad, conduciría a empeorar la calidad del hábitat del río y con ello la modificación de los patrones de distribución de algunas especies de peces. Esto también, en caso de seguirse consumiendo, podría conducir a probables problemas de salud pública por la bioacumulación de contaminantes.

Dado el bajo impacto antropogénico sobre la Selva Baja Caducifolia, se prevé que en el mediano y largo plazo se mantengan los procesos ecológicos presentes en el área y con ello las especies que utilizan como hábitat este tipo de vegetación y que forman parte de dichos procesos.



## **MEDIO SOCIOECONÓMICO.**

### **Socioeconómico.**

El propósito del análisis de impactos socioeconómicos que tendrá la presa de La Yesca es determinar cómo se afectará a la población durante las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto. La identificación de impactos está dirigida a servir de base para identificar alternativas para el manejo y la mitigación de los impactos de la presa en su región de influencia. En esta sección del estudio se presenta el listado de los impactos que se contempla tendrá el PH La Yesca. Estos impactos se pueden clasificar en las siguientes dimensiones:

- Las variaciones en el sistema urbano y en los asentamientos.
- Los cambios en variables clave de bienestar social tales como empleo, salud, educación y nutrición.
- Los impactos en la vida cotidiana de la población tales como la distribución que hacen de su tiempo, la organización del trabajo y las actividades de entretenimiento.
- Las costumbres de la población incluyendo las relaciones que tienen lugar a nivel familiar, comunitario y regional.
- La calidad del medio ambiente que los rodea.
- Los cambios en las expectativas sociales incluyendo la creación de nuevas oportunidades, acceso a información o cambios en sus valores respecto al futuro de la comunidad.

Tomando en cuenta que existe un amplio debate sobre lo que se considera impacto y cambios asociados a procesos, el análisis que se presentará tomará especial cuidado en distinguir los cambios sociales que ocurrirían en la región sin que se lleve a cabo el proyecto y los cambios asociados a la existencia de dicho proyecto. Para estos últimos se hace la distinción entre cambios sociales de primer orden (tales como crecimiento de población) e impactos directos asociados a dichos cambios.

### **Unidades Ambientales**

Tomando en cuenta las características del proyecto en cuanto a magnitud de la inversión, duración del proyecto y sitios impactados, se contempla utilizar dos tipos de unidades ambientales (territoriales):

#### **Nombre de la Unidad Ambiental 1: Municipios.**

El estudio de impactos socioeconómicos abarca los municipios de Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y Amatitán en el Estado de Jalisco, y el municipio de La Yesca en el Estado de Nayarit. Mediante el análisis a nivel municipal es posible tener una perspectiva general de los cambios sociales

y los impactos que provocará la presa en el entorno regional donde se ubica el proyecto. La selección del municipio como unidad de análisis permite aprovechar toda la gama de estadísticas socioeconómicas que están disponibles a este nivel de desagregación territorial. Esto incluye el uso de información censal e información producida por los propios gobiernos municipales.

### **Nombre de la sub-unidad Ambiental 2: Localidades:**

Adicionalmente se contempla realizar un análisis de cambio social e impacto a nivel de localidad en las localidades que resulten más impactadas por el proyecto. Para este análisis se utilizará principalmente información de campo y, en lo posible, se contempla usar información censal complementaria a nivel de AGEB.

Para el análisis de las condiciones sociales y económicas de vida y los cambios esperados en relación al proyecto se utilizará información censal y cuando sea necesario se utilizará información recabada en trabajo de campo realizado en la zona de influencia. Ocasionalmente se pueden utilizar parámetros observados en situaciones similares o bien información de campo recabada en regiones impactadas por proyectos similares a La Yesca.

### **Variables (indicadores) Ambientales, Funciones de Transformación e Índices de Calidad Ambiental**

#### **Variables para construir el índice de desarrollo humano**

Las variables seleccionadas son similares a las utilizadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO):

- Porcentaje de población analfabeta de 15 años y más
- Porcentaje de población sin primaria completa de 15 años y más
- Porcentaje de ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo
- Porcentaje de ocupantes en viviendas sin energía eléctrica
- Porcentaje de ocupantes en viviendas sin agua entubada
- Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento
- Porcentaje de ocupantes en viviendas con piso de tierra
- Porcentaje de población en localidades con menos de 5 000 habitantes
- Porcentaje de población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos
- Tasa de mortalidad infantil
- Porcentaje de personas de 15 años o más alfabetas
- Porcentaje de las personas de 6 a 24 años que van a la escuela
- PIB per cápita en dólares ajustados
- Índice de sobrevivencia infantil
- Índice de nivel de escolaridad
- Índice de PIB per cápita

Unidades: El índice solo establece las variaciones entre un municipio y otro, de tal manera que el municipio que obtiene un índice negativo es más marginado con respecto al que presenta un índice positivo.

Unidad ambiental: Municipal

Función de transformación: El índice se construye a través del método factorial para todos los municipios de Jalisco y Nayarit considerados como región agregada, por lo cual, estaremos comparando las condiciones de vida con respecto a la región conformada por ambos Estados.

Índice de calidad ambiental: Para la estimación de este índice proponemos una metodología que se enfoca en detectar las variaciones como base fundamental para tomar decisiones. El municipio que obtenga el valor más alto en la región estimada tendrá el valor de 1 y los otros índices serán referidos a éste.

### **Variables para construir el índice integración social**

- Número de clubes y asociaciones.
- Población total
- Número de huelgas
- Número de crímenes del fuero común
- Número de divorcios
- Población ocupada

Unidades: 1 será el número máximo de integración social y 0 significa nula integración social.

Unidad ambiental: Municipal y localidad

Función de transformación: Se dividirán los valores de las variables con respecto a la población total del municipio usando datos disponibles para el periodo 1990-2005

Índice de calidad ambiental: El valor más alto obtenido entre los municipios corresponderá a 1 y los demás serán ponderados con este punto de referencia.

### **Variables para construir el índice de morbilidad**

- morbilidad
- Incidencia de enfermedades:
  - Respiratorias
  - Auditivas
  - Gastrointestinales
  - Transmisión sexual
- Número de accidentes laborales

Unidades: 1 significa que existen importante problemas de salud pública y 0 significa que existe una excelente condición de la población en términos de salud pública.

Unidad ambiental: Municipal

Función de transformación: se sumarán el peso de cada una de las variables.

Índice de calidad ambiental: El municipio que obtenga el valor más alto será 1 y el resto se ponderará con este punto de referencia.

**Variables para construir el índice de potencial económico**

- Distancia a Guadalajara
- Empleos bien pagados
- Nivel de Educación y Oferta Educativa
- Importancia de sectores dinámicos
- Buena infraestructura
- Gobierno eficiente

Unidades: 1 potencial económico alto y 0 sin potencial económico

Unidad ambiental: Municipal

Función de transformación: se sumarán el peso de cada una de las variables.

Índice de calidad ambiental: El municipio que obtenga el valor más alto será 1 y el resto se ponderará con este punto de referencia.

### **Identificación de umbrales de estabilidad y bienestar social aceptable (Banderas rojas)**

No existen indicadores universales o precisos sobre cuáles son los umbrales de cambio que son aceptables socialmente en un entorno regional o comunitario determinado o que definan prioridades sociales para la mitigación de los impactos que ocasiona un proyecto como el de La Yesca. Estos umbrales son construidos combinando un enfoque de preferencias reveladas con uno de percepción social de problemas asociados al proyecto.

La consulta con representantes de la sociedad y con gobiernos locales y el trabajo de campo realizado en la comunidad permitirán identificar umbrales de estabilidad y bienestar social aceptables. Estos umbrales son construidos a partir de las percepciones y valoraciones hechas por los propios residentes respecto al comportamiento de variables clave y las medidas de mitigación que cabría esperar se implementen para prevenir rebasar un umbral determinado.

Para este fin, el trabajo de campo va dirigido a encontrar respuesta a preguntas tales como el tamaño del problema, qué relación tiene con eventos o procesos asociados al proyecto, qué se considera como límite tolerable, cuáles son las alternativas para su solución, en qué forma puede participar la población local en la solución de los problemas, quién sale beneficiado y quién perjudicado y quién tiene liderazgo para coordinar o encausar la búsqueda de soluciones a los problemas percibidos.

#### **IV.2.5 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CAMBIO EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.**

Hace 40 años, la calidad del agua del Río Santiago era mejor debido a que la carga orgánica y de contaminantes aportada por la ZMG era menor, aunado a ello, al no haber estado aún en operación la presa Santa Rosa, no existían variaciones horarias del caudal en el Río Santiago. Por otra parte, tanto el Río Bolaños como el Río Chico no habrían presentado características muy diferentes.

Hace 10 años ya existía una afectación similar a la actual respecto a la variación del flujo en el Río Santiago debido a la operación del PH Santa Rosa. En ese entonces, también la calidad de agua comenzaba a bajar por la explosión demográfica de la ZMG. Las aguas residuales se descargaban sin tratamiento alguno. Aunque la presa de Santa Rosa ha funcionado desde entonces como un regulador de las condiciones del Río Santiago, el proceso de eutrofización que conlleva ha propiciado a través del tiempo que la calidad del agua liberada no sea muy alta.

El índice de calidad ambiental se evaluó considerando las condiciones actuales de la zona de estudio y de los aportes de agua y contaminantes que recibe. Es importante recalcar algunas de estas condiciones: la ZMG, Magdalena ni Tequila tratan sus aguas residuales; la presa Santa Rosa está en funcionamiento y es un fuerte regulador del caudal del Río Santiago

variándolo considerablemente a lo largo del día; el Río Chico y el Río Bolaños tienen una calidad del agua aceptable; la presa El Cajón se encuentra en construcción.

Por lo que respecta a la Geomorfología cuatro décadas atrás, el nivel base de erosión se vio afectado por la presencia de la presa Santa Rosa, cambiando la geomorfología del lugar en el cauce cercano a la descarga y también la zona baja del Río Santiago aunque en menor grado.

El relieve ha presentado algunos cambios debido a la erosión y desgajamiento de laderas principalmente en las zonas más altas y de pendientes empinadas así como las provocadas por la creación de caminos.

En la actualidad existe transporte de sedimentos debido al tamaño de las cuencas y desnivel relativo. Asimismo, existe remoción en masa debido a la construcción de caminos en zonas de alta pendiente.

Realizando un análisis de las imágenes de satélite, la vegetación también presenta un proceso de cambio en la región, en décadas anteriores la deforestación presentaba un avance considerable, ya que las áreas con vegetación nativa era eliminada, con el objetivo de establecer actividades productivas del sector primario, como lo es la agricultura y la ganadería, teniendo un auge mayor en la década de lo 90's, ya que muchos terrenos fueron deforestados para ser utilizados en la siembra de agave para la producción de tequila.

Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de las imágenes de satélite, la deforestación ha disminuido en los últimos años, presentando una tendencia al alza a la recuperación de las selvas y bosques, esto se asume, a que las áreas rurales están siendo abandonada por los pobladores, los cuales emigran hacia el extranjero y en el mejor de los casos a centros de población<sup>11</sup> que cuenten con una mejor expectativa de vida en el mejor de los casos ya que la mayor parte salen de estas áreas con rumbo al extranjero<sup>12</sup>.

#### **IV.2.6 CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS.**

##### **IV.2.6.4 Construcción de escenarios futuros (sin proyecto)**

El área de estudio, ha tenido un desarrollo adecuado a la escasa presencia de actividades antropogénicas a lo largo de su historia. Si bien ha resentido el ecosistema dependiente del río por la presencia de contaminantes en el agua, no ha resultado demasiado afectado debido al acceso tan difícil que tiene la zona. La deforestación de la Selva Baja Caducifolia en años anteriores fue a un nivel elevado, sin embargo, el abandono de las actividades agropecuarias ha permitido una recuperación de la selva misma al invadir de nuevo los antiguos campos de cultivo y de pastoreo. Se ha

<sup>11</sup> Cabeceras Municipales y Ciudades Capitales de los Estados.

<sup>12</sup> EE.UU. como indocumentados.

establecido por medio de los escenarios futuros que se describirán en este apartado, las variables de cambio para la zona sin el proyecto presente.

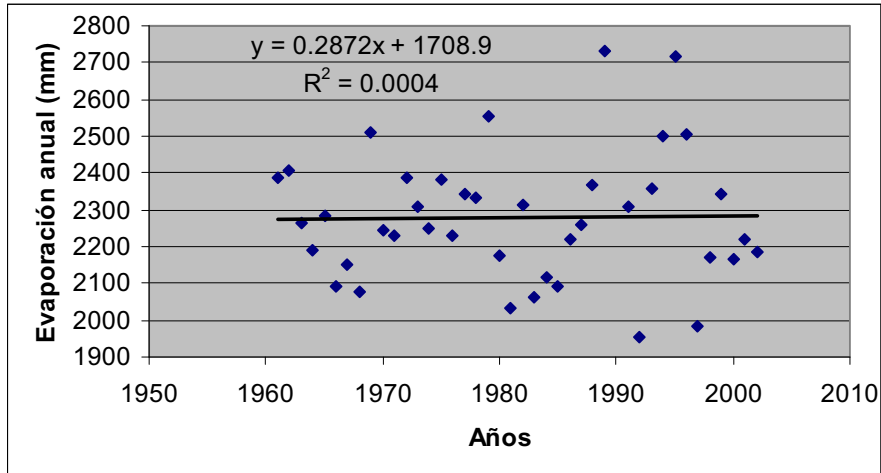
Para que los estudios pudieran enfocar de una mejor manera los resultados y los escenarios futuros previstos se delimitó a tres periodos básicos de tiempo. Los modelos predictivos fueron elaborados a corto plazo (de 1 a 5 años), mediano plazo (de 6 a 10 años) y largo plazo (11 en adelante). De esta manera la calidad ambiental y la situación del sitio de estudio sin el proyecto serán evaluadas de una manera más efectiva, clara y adecuada para la finalidad de este estudio.

Para una mayor facilidad en su estudio, descripción y comprensión de los escenarios a futuro sin proyecto fueron divididos en dos grupos: los escenarios pertenecientes al medio biofísico y los pertenecientes al medio social. De esta manera se tendrá una clasificación más ágil y fácil de emplear.

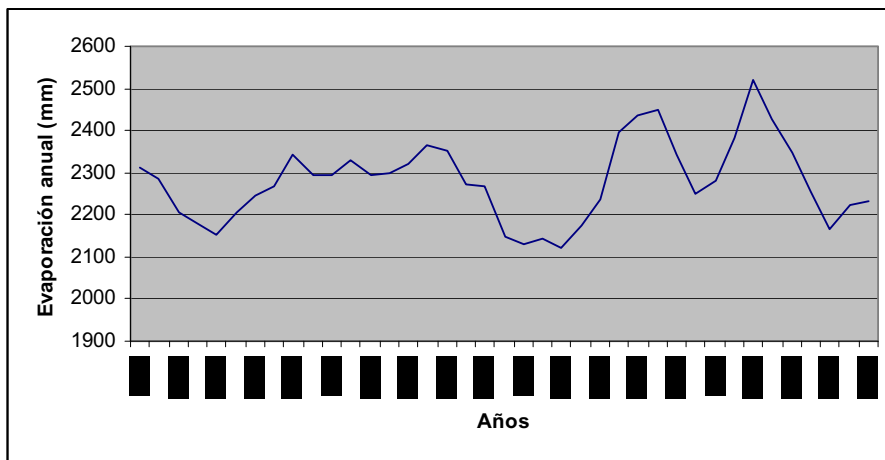
## **MEDIO FÍSICO**

Clima:

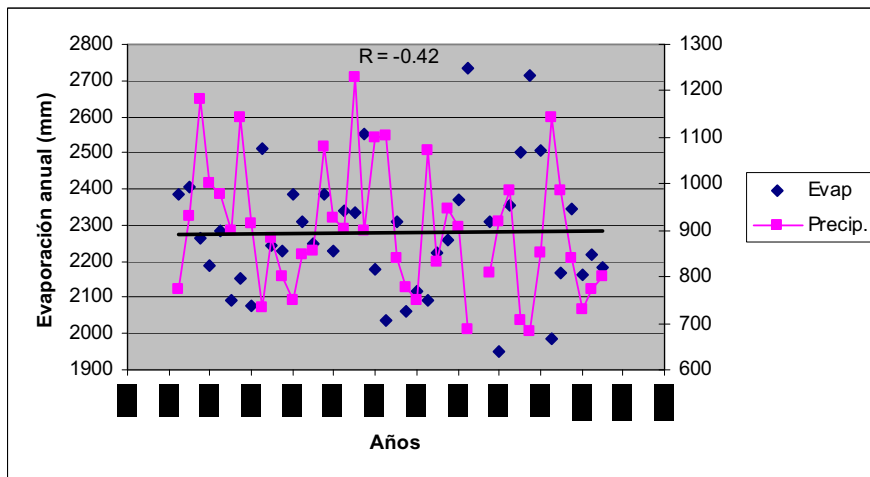
Dentro del medio físico encontramos diversos elementos, para la elaboración de los escenarios que componen el escenario climático futuro a corto, mediano y largo plazo se procedió a identificar inicialmente tendencias en los patrones climáticos regionales. Con este fin se utilizaron datos de estaciones climatológicas cercanas al área de influencia del proyecto, sobre todo la estación de Santa Rosa, la cual está ubicada precisamente en las cercanías del vaso de la Presa de mismo nombre construida y operada por CFE. Primeramente se buscó identificar tendencias en una variable que se asume presentaría uno de los mayores impactos al establecer una presa (o cuerpo de agua), el cual es la evaporación. En la gráfica 24 se aprecia la relación entre tiempo y evaporación. Como puede observarse no existe aparentemente una relación entre el paso de los años y el valor de evaporación anual. Sin embargo al graficar medias móviles de evaporación para periodos de 4 años gráfica 25, se pueden apreciar ciertas tendencias de esta variable en Santa Rosa. A su vez en la gráfica 25 existen aproximadamente dos periodos: uno que va de 1965 a 1980 y otro que va de 1981 a 1996, donde la evaporación anual muestra una tendencia a la alza; antes y después de estos periodos se presenta la tendencia opuesta, esto es una tendencia a la baja. Es de llamar la atención que el primer periodo de tendencia al alta se inicia en 1965, justamente el primer año después del llenado del vaso, lo cual ocurrió en Septiembre de 1964. Esto podría señalar una posible influencia de la presa en el incremento de la evaporación en el área. Sin embargo, al parecer la evaporación no sólo está en función de la presencia de la presa, sino que depende también de otras variables, tal es el caso de la precipitación. En la gráfica 26 se aprecia la relación que guardan la evaporación anual y la precipitación anual en esta localidad. Como se ve existe un coeficiente de correlación de  $-0,42$  el cual es significativo a un alfa de  $0,05$ . Esto significa que la evaporación tiende a tener un mayor valor cuando la precipitación disminuye y viceversa.



Gráfica 24. Relación entre la evaporación anual y tiempo (años) en la estación de Santa Rosa



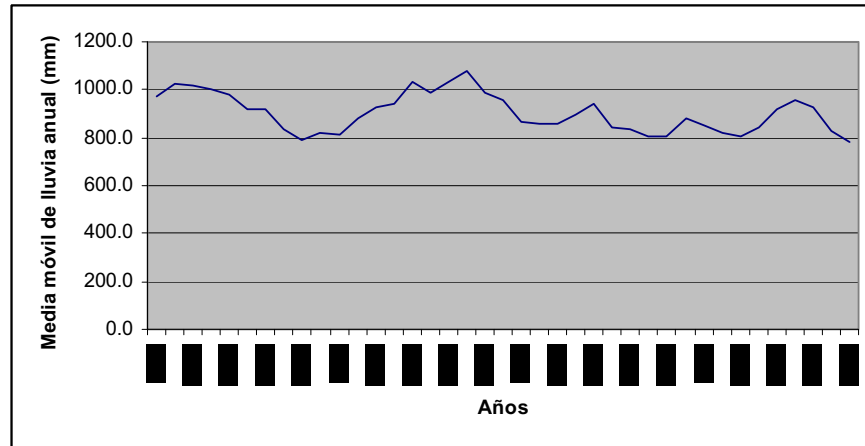
Gráfica 25. Media móvil (período de 4 años) de evaporación acumulada promedio anual para la localidad de Santa Rosa.



Gráfica 26. Relación entre la evaporación anual y precipitación anual en la estación de Santa Rosa.



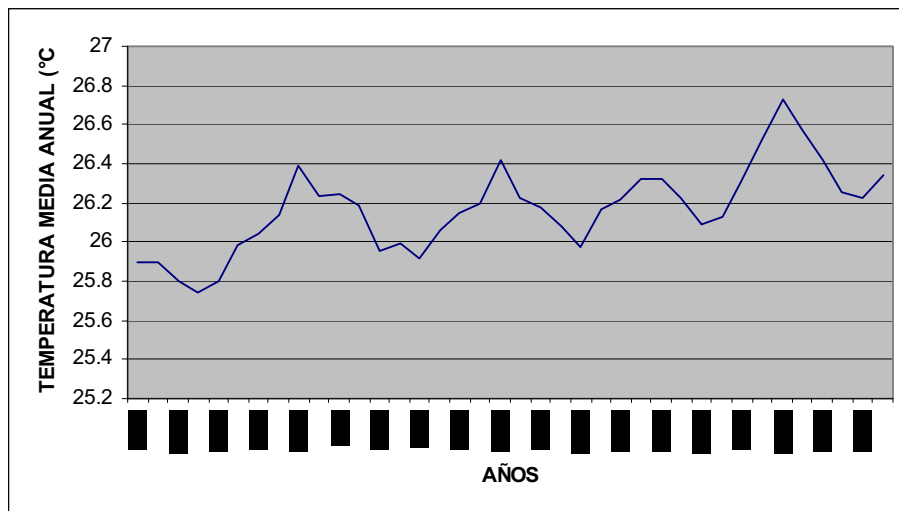
En la gráfica 27 se presentan las medias móviles de precipitación anual en Santa Rosa. Ahí se puede notar que los periodos de incremento de la evaporación (figura 80) coinciden también de manera aproximada con periodos a la baja en cuanto a precipitación (figura 82), por lo que no puede afirmarse de manera contundente que el incremento de la evaporación en su periodo inicial se debió sólo al llenado del vaso de la presa. No es posible separar los efectos que tiene la presencia de la presa sobre la evaporación, de los efectos que tienen sobre esta misma variable los patrones de circulación atmosférica y patrones climáticos regionales.



**Gráfica 27. Media móvil (periodo de 4 años) de precipitación acumulada promedio anual para la localidad de Santa Rosa.**

En la misma gráfica 28, se aprecia una tendencia más o menos bien definida a la baja de la precipitación anual en Santa Rosa, lo cual seguramente ha afectado el cociente de precipitación anual/temperatura anual en la zona. Este índice es un indicador importante de la disponibilidad de agua para la producción de biomasa, y ha sido seleccionado también como índice de calidad ambiental en el estudio climatológico del proyecto.

En la figura 83, se presentan las medias móviles de temperatura media anual en Santa Rosa. Como se puede ver, existen ciclos de alza y descenso de la temperatura, pero estos ciclos mantienen una tendencia general hacia la alza. Este patrón de comportamiento de la temperatura, al combinarse con las tendencias de precipitación da como resultado un cociente P/T que va a la baja, lo cual habla de una pérdida de calidad ambiental en este sentido.



Gráfica 28. Media móvil (período de 4 años) de temperatura media anual para la localidad De Santa Rosa.

Con estos antecedentes se concluyó lo siguiente:

- a) Que la región presenta actualmente una tendencia de aumento de la temperatura y ligero descenso de la precipitación anual, esto hay que recalcar es sin la presencia del proyecto y esta tendencia puede proseguir sin la construcción de la presa lo cual afectaría el microclima de la zona.
- b) De aquí que los escenarios futuros que se plantean a continuación se han generado con un porcentaje de incertidumbre.

A continuación se presentan los escenarios futuros generados sin proyecto para los cuatro índices de calidad ambiental en las tres unidades ambientales.

Tabla 138. Escenarios futuros del albedo e índice de calidad ambiental en las unidades ambientales.

Unidad	Albedo/ICA		
	Sin proyecto		
ambiental	5 años	10 años	15 años
$Aw_0$	0,15/1,0	0,15/1,0	0,15/1,0
$BS_1$	0,20/1,0	0,20/1,0	0,20/1,0
$(A)C(w_0)$	0,12/1,0	0,12/1,0	0,12/1,0
Área de embalse	0,15/1,0	0,15/1,0	0,15/1,0

\* resultado de ponderar por superficie afectada, dentro de la unidad ambiental  $Aw_0$ .

\*\* puede variar dependiendo de la cantidad y contaminación del agua del vaso, así como de la presencia de lirio acuático. El valor de 0,09 es promedio para cuerpos de agua, varía durante el día según el ángulo de incidencia de los rayos solares.

Tabla 139. Escenarios futuros de humedad relativa e índice de calidad ambiental en las unidades ambientales.

Humedad relativa/ICA			
Unidad	Sin proyecto		
ambiental	5 años	10 años	15 años
$Aw_0$ (ES)*	31/0,59	31/0,59	31/0,59
$Aw_0$ (EH)*	62/1,0	62/1,0	62/1,0
$BS_1$ (ES)	27/0,52	27/0,52	27/0,52
$BS_1$ (EH)	57/1,0	57/1,0	57/1,0
(A)C( $w_0$ ) (ES)	37/0,69	37/0,69	37/0,69
(A)C( $w_0$ ) (EH)	72/0,97	72/0,97	72/0,97

\* ES = época seca; EH = época húmeda (lluvias).

\*\* No se considera que el valor de humedad relativa y de ICA varíe significativamente por la presencia de la presa en época de lluvias, debido a que la acción de las lluvias tiende a uniformizar las condiciones climatológicas y a que la dirección dominante del viento en esa época es de este a oeste, y la presa estará ubicada en el extremo oeste.

Tabla 140. Escenarios futuros de temperatura diurna en el mes de Mayo e índice de calidad ambiental en las unidades ambientales.

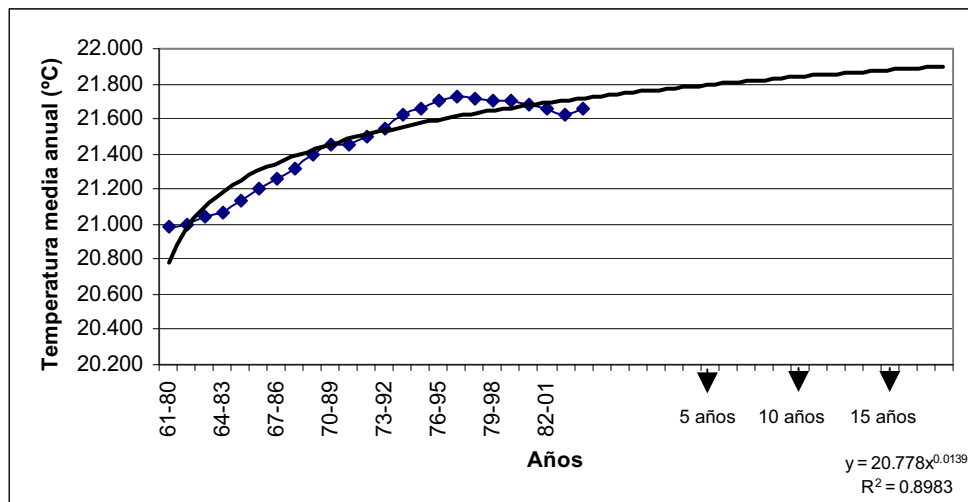
Temperatura diurna media en Mayo/ICA			
Unidad	Sin proyecto		
ambiental	5 años	10 años	15 años
$Aw_0$	33,05°C/0,62	33,1°C/0,61	33,15/0,61
$BS_1$	36,05°C/0,38	36,1°C/0,37	36,15/0,37
(A)C( $w_0$ )	31,05°C/0,75	31,1°C/0,74	31,15/0,74
Área de embalse			
	Valor actual de temperatura diurna media en Mayo e ICA		
$Aw_0$	33,0°C/0,62		
$BS_1$	36,0°C/0,38		
(A)C( $w_0$ )	31,0°C/0,75		

\* Se considera que el incremento de la termorregulación por presencia de la presa será más significativo en el área de construcción de la presa e insignificante en el resto del área como para modificar la tendencia regional de incremento de la temperatura.

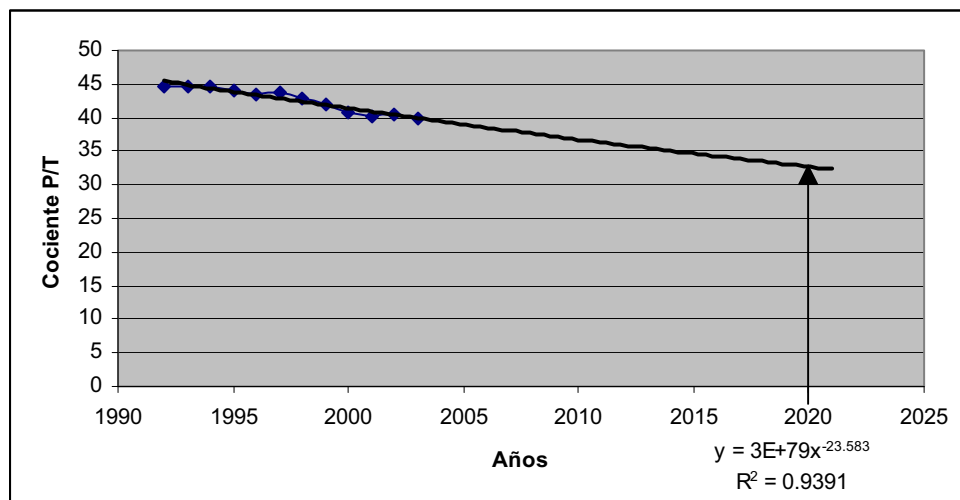
Tabla 141. Escenarios futuros de cociente P/T e índice de calidad ambiental en las unidades ambientales.

Cociente P/T/ICA			
Unidad ambiental	Sin proyecto		
	5 años	10 años	15 años
$Aw_0$	32,5/0,58	31,5/0,55	30,5/0,53
$BS_1$	26,2/0,46	25,5/0,44	25,0/0,42
$(A)C(w_0)$	37/0,67	35/0,62	33/0,58
Valor actual de P/T			
$Aw_0$	35/0,62		
$BS_1$	29/0,50		
$(A)C(w_0)$	39/0,69		

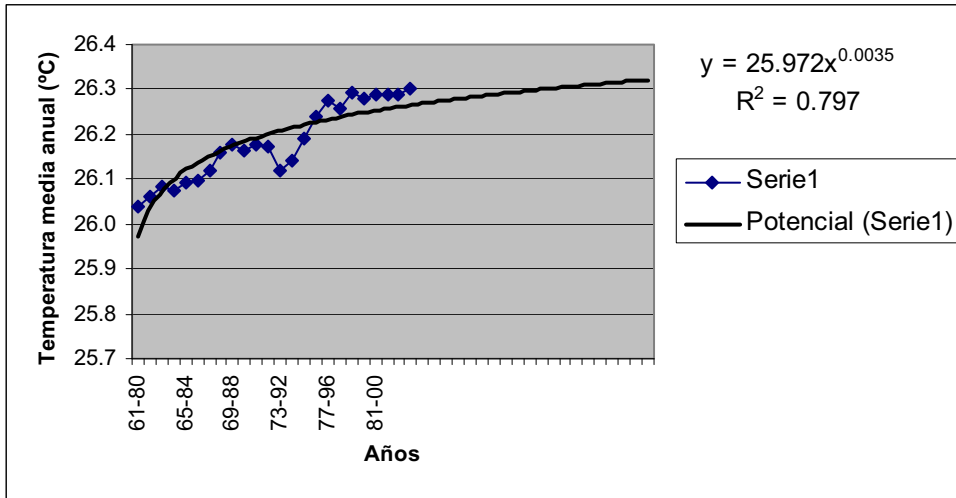
Gráfica 29. Pronóstico de la temperatura media anual en la Unidad Ambiental  $(A)C(w_0)$



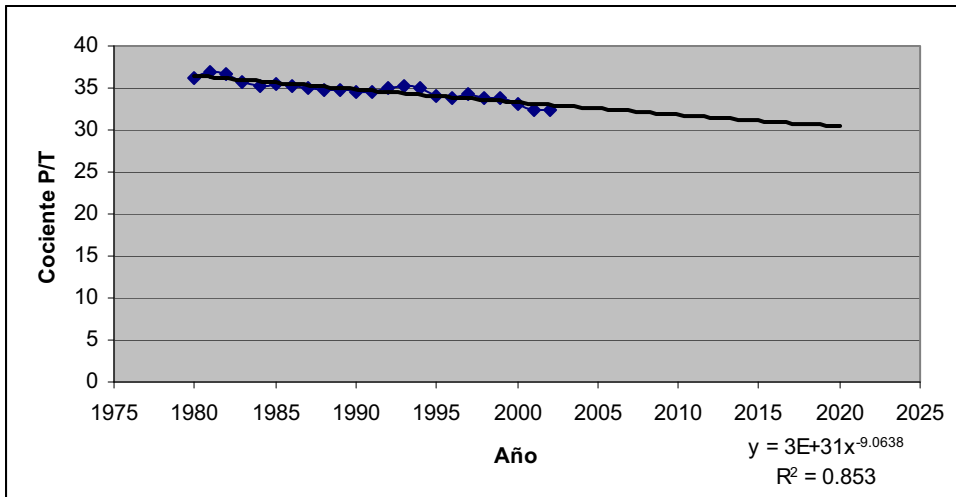
Gráfica 30. Pronóstico del cociente Precipitación anual/Temperatura anual en la Unidad Ambiental  $(A)C(w_0)$



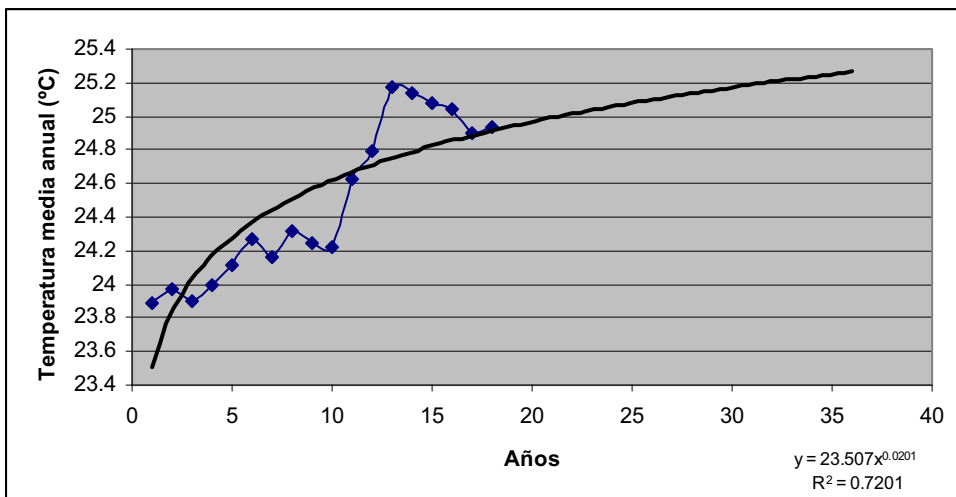
**Gráfica 31. Pronóstico de la temperatura media anual en la Unidad Ambiental (A)w<sub>0</sub>.**



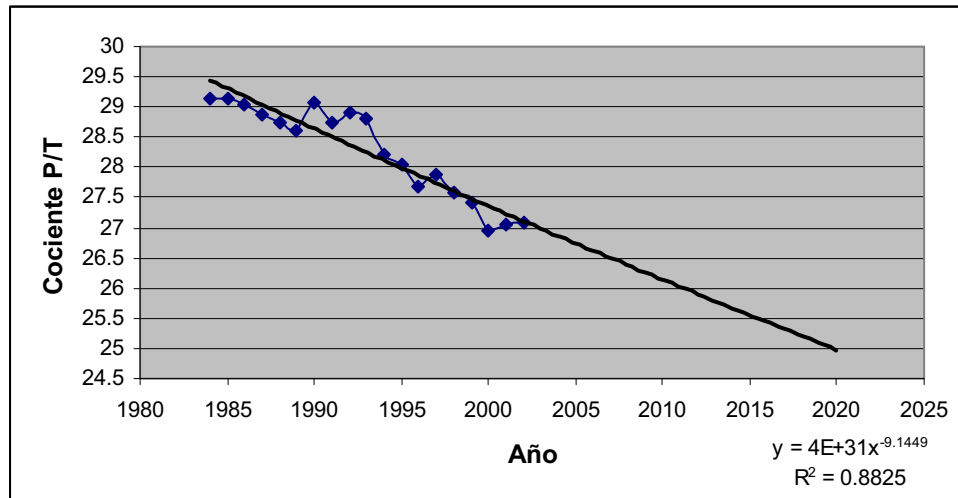
**Gráfica 32. Pronóstico del cociente P/T en la Unidad Ambiental (A)w<sub>0</sub>.**



**Gráfica 33. Pronóstico de la temperatura media anual en la Unidad Ambiental BS<sub>1</sub>.**



**Gráfica 34. Pronóstico del cociente P/T en la Unidad Ambiental BS<sub>1</sub>.**



**Calidad del aire:**

Existen otros factores ambientales a ser considerados, la calidad del aire es una de ellas. El área donde será construida la presa se encuentra conectada a las áreas pobladas por medio de terracerías que producen, en tiempo de secas, grandes cantidades de partículas suspendidas con el paso de vehículos sobre ellas. Sin la construcción del proyecto, la zona de estudio permanecerá prácticamente sin modificación; continúan los caminos no pavimentados, y las emisiones provenientes de la erosión eólica y los incendios forestales, todos estos asociados con la resuspensión de partículas en época de secas, y la emisión de gases de combustión.

**Calidad del agua:**

Otro de los factores que fue evaluado y del que se generó sus respectivos escenarios fue el de la calidad del agua superficial y subterránea.

Sin proyecto construido se modela que a corto plazo la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) trata sus aguas y las libera con la calidad indicada en la NOM 001-ECOL-1996; el vaso del PH El Cajón está lleno y el agua cubre parte de la superficie en la que se proyecta las obras para el PH La Yesca.

A mediano plazo se mantienen las condiciones ya mencionadas y además se construye la presa Arcediano con lo que se regula el flujo de agua que se libera al Río Santiago, y se mantienen en calidad y cantidad las descargas de la ZMG; El PH Santa Rosa se colmata y deja de operar, liberando un flujo constante hacia el Río Santiago y aumentando la cantidad de sedimentos arrastrados.

Al largo plazo, además de las condiciones anteriores el caudal del Río Santiago se podría ver aumentado debido al incremento en la población de la ZMG y sus consecuentes descargas de aguas residuales (aun con una calidad similar).

Los resultados posteriores a la evaluación de los índices para condiciones futuras sin proyecto para las subunidades ambientales definidas en el estudio de hidrología superficial del actual estudio son los siguientes:

ICA SIN PROYECTO															
Grupo de parámetros	SUA 1 (Zona de la cortina)			SUA 2 (Cuenca baja del Río Bolaños)			SUA 3 (Cuenca del río Santiago desde el río Chico al Bolaños)			SUA 4 (Cuenca baja del río Chico)			SUA 5 (Cuenca del río Santiago desde el PH Santa Rosa hasta río Chico)		
	5 años	10 años	15 años	5 años	10 años	15 años	5 años	10 años	15 años	5 años	10 años	15 años	5 años	10 años	15 años
Calidad del Agua	0.82	0.81	0.80	0.95	0.95	0.94	0.80	0.82	0.83	0.97	0.97	0.96	0.78	0.78	0.78
Hidrología Superficial	0.90	0.90	0.89	0.99	0.99	0.99	0.90	0.94	0.94	1.00	1.00	1.00	0.88	0.94	0.94

En términos generales la calidad del agua mejorará significativamente durante los primeros 5 años, estabilizándose a partir de este tiempo. Esta mejora se daría gracias al tratamiento de las aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara y posiblemente de los municipios de Tequila y Magdalena. Esta mejor no será evidente en las subunidades ambientales de las cuentas bajas del Río Chico y del Río Bolaños pues no reciben agua del Río Santiago, aunque podría esperarse una disminución debida al aumento en la erosión natural y antropogénica de la cuenca. En el caso de la subunidad delimitada en la zona de la cortina del PH La Yesca la calidad del agua disminuirá debido a que el embalse de El Cajón inundará dicha área, generando una zona de acumulación de contaminantes y sedimentos, y posiblemente se genere un cuerpo de agua eutrófico.

El índice de hidrología superficial solo sufrirá variaciones una vez que se colmate la cortina de Santa Rosa y no funcione como reguladora del caudal, es decir que permita un paso constante de agua hacia el Río Santiago. Este cambio se vería reflejado principalmente en la cuenca del Río Santiago inmediatamente después de la presa Santa Rosa.

En el caso de la hidrología subterránea en la zona de estudio se obtuvieron resultados para las evaluaciones de los parámetros de aprovechamientos de agua subterránea (AAS) obtenidas sin proyecto en cada microunidad ambiental definida en el estudio de hidrología subterránea y son muestran en la tabla siguiente:

AAS SIN PROYECTO				
PARÁMETRO/ MUA	Micro Unidad Ambiental 1	Micro Unidad Ambiental 2	Micro Unidad Ambiental 3	Micro Unidad Ambiental 4
Calidad	0	0,15	0,15	0,1
Accesibilidad	0.05	0,05	0,05	0,05
Competencia por el recurso	0,05	0,1	0	0,1
Uso actual	0,15	0,15	0	0,1
Uso potencial	0,2	0,2	0	0,2
Transmisibilidad relativa	0,1	0,05	0	0,1
Relación hidráulica con cuerpos	0,02	0,05	0,02	0,05

<b>superficiales</b>				
<b>Función Ecosistémica de la descarga</b>	0,05	0,05	0	0
<b>Σi</b>	<b>0,62</b>	<b>0,8</b>	<b>0,22</b>	<b>0,7</b>

El área de Mesa de Flores muestra, a partir de estas valoraciones, una evaluación relativamente baja debido a que el agua subterránea de esa zona se constituye básicamente de manantiales de baja calidad de agua, difícil accesibilidad y transmisibilidad relativa baja. Además, actualmente la competencia por el recurso es baja debido a que la población es poca y aún cuando hace uso de este recurso no se ha visto afectada la función ecosistémica de estos cuerpos de agua por esta causa. Se considera que el uso potencial podría incrementarse con el tiempo debido a que a pesar de ser de mala calidad son la única fuente de agua subterránea que existe por el momento en este sector.

El área de Hostotipaquillo obtuvo una evaluación alta debido a que además de los manantiales se cuenta con un pozo profundo, ambos de agua de buena calidad. En este caso la limitante es la accesibilidad ya que no se tiene infraestructura adecuada para la distribución del recurso y esto a la vez genera que no se aproveche el agua adecuadamente y por tanto que exista mayor competencia. Debido a que actualmente el principal abastecimiento de esta cabecera municipal es por medio de los manantiales, estos se han entubado y se han realizado pequeñas obras para desviar la descarga natural de manera que se han visto afectadas algunas granjas de mangos e higueras por esta causa.

El área correspondiente a los acuíferos de la zona del Arroyo El Vejete recibió una evaluación baja debido a que en la actualidad estos acuíferos no son explotados a pesar de que se pronostica que son de buena calidad por estar ubicados en una zona de recarga de agua de alta calidad. Por otro lado, al ser acuíferos no cumplen con una función ecosistémica de descarga y su uso potencial es limitado a largo plazo por la infraestructura que se requeriría para su explotación.

La zona correspondiente a Sayulimita, presenta una evaluación relativamente alta. Esto se debe a que a pesar de la poca accesibilidad los manantiales son de buena calidad. Se considera que el uso actual es bajo pero podría aumentar debido a que es la única fuente de agua potable en la zona y la transmisibilidad relativa es suficiente para la demanda del lugar. La relación hidráulica con cuerpos de agua superficiales es relativamente alta pero no cumple una función ecosistémica que limite su aprovechamiento.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del índice de riesgo para las microunidades ambientales geomorfológicas definidas:



**Índice de riesgo para cada microunidad ambiental.**

MICROUNIDAD AMBIENTAL	SIN PROYECTO
	$R_{\text{Sin proyecto}}$
<i>Micro Unidad Ambiental 1</i>	0.30
<i>Micro Unidad Ambiental 2</i>	0.33
<i>Micro Unidad Ambiental 3</i>	0.24
<i>Micro Unidad Ambiental 4</i>	0.21
<i>Micro Unidad Ambiental 5</i>	0.22
<i>Micro Unidad Ambiental 6</i>	0.27
<i>Micro Unidad Ambiental 7</i>	0.20
<i>Micro Unidad Ambiental 8</i>	0.21

En las ocho microunidades ambientales evaluadas en el estudio de geomorfología del proyecto se puede apreciar que el índice de riesgo sin proyecto se encuentra por debajo de la mitad del valor máximo de riesgo (0,75). Las microunidades que presentan la evaluación del índice de riesgo mayor son la 1 y la 2. Esto se debe principalmente a que estas zonas tienen altas pendientes, barrancos y una red de drenaje de alta densidad.

Para la definición de otros escenarios, como los respectivos a geología se consideró que se desarrollan en un medio dinámico pero por periodos de tiempo muy grandes en la escala humana. Por ello cuando se examinan los impactos potenciales de un proyecto en desarrollo, solamente se podrá tener una aproximación de los impactos si se compara con el estado inicial del medio ambiente previsto a futuro, y no solamente considerar la línea base al inicio del proyecto.

La definición de los escenarios se basa en los patrones evolutivos observados para los diferentes componentes ambientales considerados como son la sismicidad histórica regional como fenómeno natural (sin proyecto), la sismicidad inducida provocada por la presencia de la obra (con proyecto) y el movimiento de masas.

Para analizar el sitio en estudio en la etapa sin proyecto se consideraron solamente dos variables a saber: los sismos de tipo regional de gran magnitud y cercanos al proyecto que pudiesen provocar algún tipo de movimiento de masas en el área donde se va a construir la obra, durante un periodo de tiempo determinado para la recurrencia de eventos sísmicos históricos en el área.

Para definir la línea base se consideraron los sismos de tipo regional (> 6 grados Richter) y los cercanos al proyecto (> 7.5 grados Richter). Para ello, se valoró la actividad sísmica entre 1800 y 1990. En la figura 12 se muestra la curva que mejor ajustó a los datos disponibles. La ecuación utilizada es una función exponencial representada por la siguiente expresión:

$$\text{Log}(y) = B * X + A$$

La ecuación con los coeficientes obtenidos queda de la siguiente forma.

$$\text{Log}(y) = -0,0156 * X + 0,4114$$

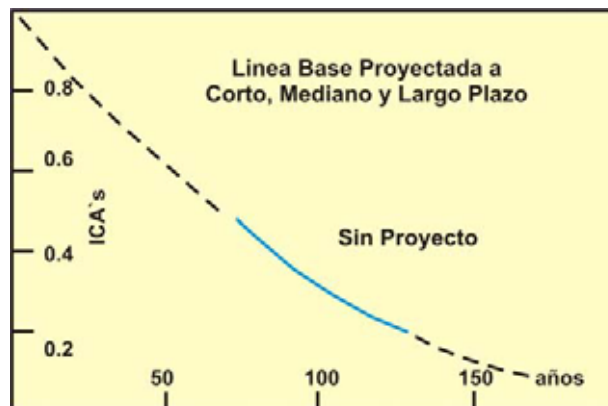
$$y = \exp(0,0156 * X) * 1,5089$$

Donde:

X, = tiempo

Y = Índices de Calidad Ambiental

La tendencia de la curva de la línea base (Fig. 12) sugiere la generación de un impacto potencialmente significativo, pero considerando que en su mayoría los eventos registrados se localizan a más de 100 km (en la zona de subducción) del proyecto el impacto dejaría de ser significativo. Sin embargo, en 1875 ocurrió el denominado sismo de San Cristóbal cuya magnitud estimada fue de 7,5 grados. Asumiendo una recurrencia promedio de 75 años (Singh *et al.*, 1985) y considerando que en los últimos 130 (al 2005) años no ha ocurrido un sismo asociado a la misma región de San Cristóbal, entonces se podría interpretar la posibilidad de que ocurra un evento de estas características.



**Gráfica 34. Línea base proyectada a corto, mediano y largo plazo. Sin proyecto.**

Por lo cual CFE implementó una red para monitorear y estar en posibilidades de conocer, cuantificar así como correlacionar esta información con el ambiente tectónico que la caracteriza.

A partir de 1987 se inició el monitoreo en la cuenca del Río Santiago. El área cubierta va desde la CH Santa Rosa hasta Aguamilpa, incluido el PH El Cajón. Las dos primeras presas se ubican en los extremos del estudio del PH La Yesca. En la actualidad se cuenta con los resultados de 10 años de monitoreo sísmico en el Río Santiago y se puede mencionar que no se han detectado ningún evento de importancia entorno a las centrales y proyectos mencionados. Este periodo de tiempo es pequeño cuando se compara con el promedio de 75 años del periodo de recurrencia.

La actividad sísmica con reportes instrumentales, en términos generales, se ubica en los extremos del graben Tepic-Zacoalco y las magnitudes máximas son del orden 3,4 grados. Debido a las distancias que existen del sitio La Yesca a la zona de subducción, a las diversas fallas regionales y a los resultados de monitoreos sísmicos locales (que no evidencian que las fallas locales sean activas), puede preverse que el sismo de mayor magnitud esperado es de 3,5 grados y con su epicentro dentro del graben Tepic- Zacoalco.

De manera permanente se ha realizado un monitoreo sísmico con una red distribuida a lo largo del Río Santiago y constituida por siete estaciones sísmicas, tres de ellas instaladas en la cuenca baja, tres más en la cuenca alta y una en el volcán San Pedro Lagunillas. Esta red no cuenta con ninguna estación sísmica en la cuenca media del Río Santiago, donde se ubica el sitio La Yesca, por ello se tiene registro alguno sobre la actividad sísmica que pudiera estar ocurriendo en entorno al sitio La Yesca. La red sísmica empezó a funcionar en 1987 y no se registro ningún evento que pudiera considerarse importante para el desarrollo del proyecto.

Finalmente, y aunque en términos reales pudiese ser poco probable, existe riesgo secundario asociado a los volcanes Ceboruco, además de éstos, se encuentran los volcanes Tequila y la Caldera de la Primavera, asociados al graben Tepic-Zacoalco. Sin embargo la posibilidad de un evento explosivo que pudiese poner en riesgo el PH La Yesca es mínima.

Suelo:

Ahora, relacionado con la geomorfología y la geología la variable del suelo así como sus escenarios posibles fueron evaluados y sus resultados fueron incluidos a continuación

Se ha expuesto que el suelo es el resultado de la acción conjunta del factor topográfico, clima, vegetación y la roca, adicionalmente se considera también la acción humana. De éstos la cobertura vegetal y la topografía orientarán de manera significativa la evolución del recurso.

En el caso de factor vegetación, además de su significancia en la formación del suelo, tiene especial importancia por su efecto protector al disminuir el efecto agresivo del agua de lluvia. La interpretación de las imágenes de satélite (Landsat) 1970, 1980, 1990 y 2000, indican un historial de disminución de la cubierta forestal de 1970 a 1990, a partir de la década de los 90,s la selva esta registrando un proceso de recuperación en gran parte debido a la disminución de la actividad productiva del campo y al decrecimiento de la población en los municipios involucrados, de seguir con esta tendencias la influencia benéfica de esta recuperación vegetal implicará un efecto positivo sobre los suelos por lo menos en la estabilidad de ellos y control de erosión.

Orientando los anteriores datos con las estimaciones de la erosión actual y el riesgo de erosión, nos reportan que 59 338,685 ha que representan el 91,30% de los suelos del área de estudio, quedan comprendidos dentro del nivel de erosión "Moderada"; 3 703,949 ha que representan el 5,69% de los

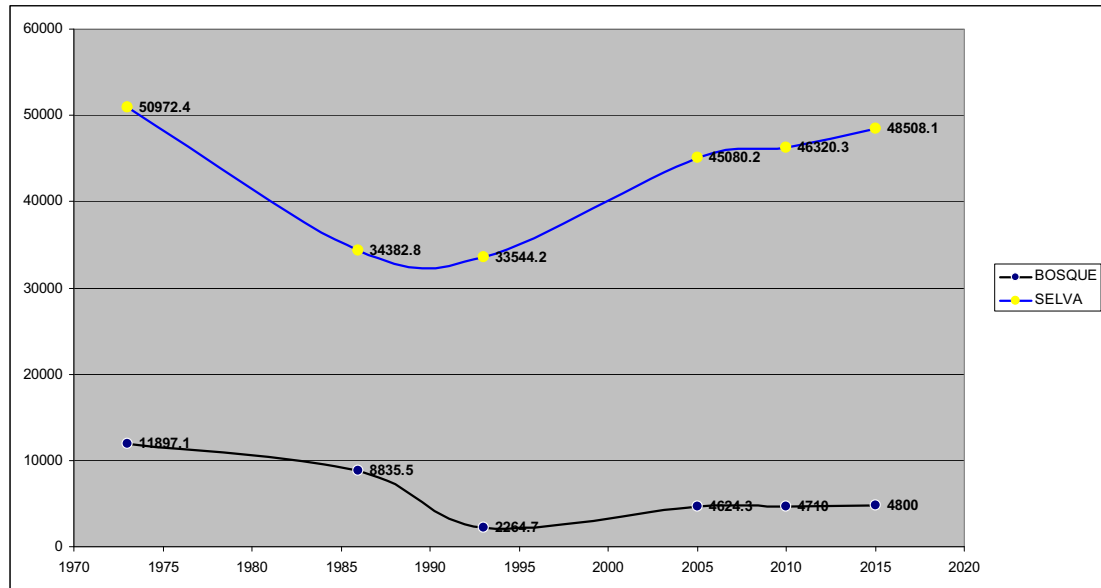
suelos, con pérdidas menores a 10 ton/ha /año con nivel de erosión “Ligera” y con una superficie de 1 957,366 ha con pérdida de suelos “Alta”, para el 3,01% del área de estudio con pérdidas mayores a 50 ton/ha/año. La recuperación forestal manifestada influirá de manera positiva sobre la estabilización de la erosión de los suelos sin embargo no se pronostica una modificación espectacular en los índices de erosión por lo que se considera que este el proceso, continuaría de la misma forma al menos los próximos 50 años.

Para terminar con los escenarios futuros sin proyecto del medio físico la calidad escénica era una de las partes importantes del estudio, debido a su impacto en el aspecto social de la zona. De seguir con las mismas condiciones y actividades que actualmente se desarrollan en la zona, en un futuro se tendrá que la variación en el paisaje será mínima, existirán las mismas características escénicas.

Respecto a la variación de color que se presenta en la zona serán altamente contrastantes entre la temporada de secas y la temporada de lluvias tal como se caracteriza la Selva Baja en la actualidad; respecto a los tipos de vegetación conservaran las mismas características forestales actuales a lo largo del tiempo; cabe hacer mención que la tasa de deforestación no alcanzara el nivel que tenía en los años setentas ya que el aumento tiende a ser muy bajo, se recomienda observar la siguiente tabla.

AÑO	BOSQUE	SELVA
1973	11 897,1	50 972,4
1986	8 835,5	34 382,8
1993	2 264,7	33 544,2
2005	4 624,3	45 080,2
2010	4 710	46 320,3
2015	4 800	48 508,1

**Gráfica 35. Cobertura forestal en la zona de 65 000 ha tomando como base imágenes satelitales LANDSAT desde el año 1970.**



Con los programas de saneamiento planeados para las aguas residuales de la zona metropolitana de Guadalajara se prevé que las condiciones del agua mejoren, propiciando una mejor calidad de dicho elemento, mejorando de igual manera las condiciones para la pesca en el río que actualmente se realiza en condiciones poco favorables.

Dadas las características topográficas de la zona de estudio, la presencia de actividades antropogénicas, la poca presencia de personas, que conlleven al cambio de uso de suelo no muy frecuente en la zona, solamente en áreas de planicies, por lo tanto se prevé que no haya cambios significativos que pongan en peligro la presencia de especies animales en la zona.

Para una mejor apreciación de dicho escenario se realizaron videos digitales donde se muestra el paisaje actual y que se encuentran en los anexos a este estudio.

### **MEDIO BIÓTICO**

Para la vegetación, la no existencia del proyecto representa una continuidad de las variables que actualmente actúan sobre la cobertura vegetal de la zona. El número de especies amenazadas, su endemidad e importancia social y comercial son escasas, lo cual a su amplia distribución en el área de estudio del medio físico y natural genera que los valores de calidad ambiental de estos parámetros son bajos, como se pueden observar en las gráficas respectivas en el estudio de vegetación.

Sin embargo en cuanto a la cobertura forestal presentó un mayor índice de calidad ambiental ya que la mayor de la cubierta forestal correspondiente a la Selva Baja Caducifolia se encuentra con poca perturbación, esto obedece

al aislamiento con que cuenta esta región motivada por la sensibilidad ambiental de altas temperaturas, topografía accidentada, mala calidad del agua resultando de esa manera en una escasa actividad agropecuaria y forestal.

Dado lo anterior, los escenarios a corto y mediano plazo sin proyecto se mantendrán con cambios muy pequeños ya que la tasa de deforestación que se viene dando en las últimas cuatro décadas ha sido relativamente constante, salvo en los últimos 10 años donde ha habido una ligera recuperación de la vegetación lo cual pudo ser observado a través del análisis de imágenes de satélite Landsat 1970, 1980, 1990 y 2000. Bajo este fenómeno el escenario a largo plazo plantea que en el caso de que no se retorne a una explotación agrícola como se venía dando en pasadas décadas el modelado de cubierta vegetal plantea una recuperación elevada del elemento Selva en la zona. El bosque aunque no presentaría recuperación si mantendría su actual cobertura en la zona con una ligera alza al largo plazo.

Debido a que la cobertura vegetal puede variar en función de las condiciones socioeconómicas, el pronóstico realizado tiene una incertidumbre que no se puede eliminar, sin embargo, si se puede tener confianza en que las tendencias planteadas si son adecuadas.

En el caso de la fauna, las características topográficas de la zona de estudio, la presencia de actividades antropogénicas que conlleve un cambio de uso de suelo no son muy frecuentes. Solamente áreas de planicies, como en Mesa de Flores, son sitios que son modificados para ser utilizados para el pastoreo de ganado. Por ende, en el corto plazo, mediano y largo plazo no se prevén cambios significativos sin proyecto presente, que pongan en peligro la presencia de especies en la zona.

#### **MEDIO SOCIOECONÓMICO**

Las proyecciones de población correspondientes al periodo entre 2000 al 2030 utilizaron los datos que se encuentran disponibles; se utilizan las tasas de crecimiento de población de los últimos diez años, es decir, 1990-2000, por lo que se ha tomado como población base para realizar las proyecciones de población reportada para el año 2000.

Las hipótesis que son consideradas para explicar el cambio de la población en el período de proyección son las siguientes:

- El crecimiento de la población es instante a instante por tanto el cálculo de la tasa de crecimiento se trata como un proceso continuo.
- El crecimiento de la población no es constante, por lo que su tasa de crecimiento es considerada como decreciente. Para lo cual se ajusta la proyección de la región del Proyecto La Yesca con base en los valores de la tasa de crecimiento estimados para Jalisco.

IV.2.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS .....	213
IV.2.3.1 Contexto Regional.....	213
IV.2.3.1.1 Dinámica Poblacional 1970-2000.....	213
IV.2.3.1.2 Dinámica Económica 1970-2000.....	221
IV.2.3.1.3 Dinámica Sociocultural, Área de Estudio .....	248
IV.2.3.2 Contexto Local.....	270
IV.2.3.2.1 Localidades en el Área Afectable Directamente por el PH La Yesca ...	270
IV.2.3.2.2 Perspectiva de la Población con Respecto a la Posible Realización del PH La Yesca.....	275
IV.2.3.2.3 Evaluación de Impacto y Participación Ciudadana.....	276
IV.2.3.3 Mapa de Uso Actual de Suelo .....	277
IV.2.3.3.1 Metodología.....	277
IV.2.3.3.2 Descripción Uso Actual de Suelo. ....	281
IV.2.3.4 Seguridad e Higiene Ocupacional .....	288

## IV.2.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

### IV.2.3.1 Contexto Regional

#### IV.2.3.1.1 Dinámica Poblacional 1970-2000

El área de estudio de estudio del medio sociopolítico se configuró a través de las extensiones territoriales del municipio de La Yesca del estado de Nayarit y por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y San Martín de Bolaños pertenecientes al estado de Jalisco. El análisis que se presenta a continuación se refiere a la área integrada por estos municipios excluyendo a San Martín de Bolaños dado que su vinculación a zona de influencia del proyecto es nula.<sup>1</sup>

El área ocupa una superficie de 4 931 km<sup>2</sup>, con una población de 87 787 distribuida en 647 localidades para el año 2000 (tabla 67).

	Extensión territorial	%	Población	%	Localidades	%
Municipio	207	4,2	12509	14,2	37	5,7
Amatitán	647	14,1	8659	9,9	54	8,3
Magdalena	445	9,0	18177	20,7	20	3,1
Tequila	1364	27,7	35502	40,4	188	29,1
La Yesca	2218	45,0	12940	14,7	348	53,8
Total	4931	100	87787	100	647	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos del XII Censo General de Población y Vivienda 2000

Para realizar la manifestación del impacto ambiental del PH La Yesca, se contempla hacer una descripción del sistema ambiental desde la perspectiva socioeconómica a nivel regional, microregional y local.

Esta parte del trabajo analiza el componente socioeconómico de la dinámica poblacional a partir del crecimiento de la población para el periodo 1970-2000. Para lo cual se hace uso de las bases de datos sobre población (principalmente proveniente de los censos de población y vivienda, y de las estadísticas vitales) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

La población de esta área para el año de 1970 era de 59 124 personas y para el 2000 llegó a tener 87 787 habitantes mostrando un notable incremento de 28 663, es decir, un 48,5 % más con respecto al año de 1970. De este incremento los municipios que estuvieron por arriba del promedio de la área fueron Amatitán, Magdalena y Tequila siendo en éste último, más del 70,0 % el incremento de la población. Por el contrario el municipio que tuvo un incremento por debajo del promedio fue La Yesca. Además el único caso que mostró un crecimiento negativo fue Hostotipaquillo con un 12,4 % menor

<sup>1</sup> El municipio de San Martín de Bolaños no tiene ninguna funcionalidad económica ó social con la área de influencia del proyecto, incluso por carretera hay una distancia aproximada de siete horas. Esto significa que no hay relaciones mercantiles, religiosas ó de otra índole. Algunos habitantes que viven en torno al río Bolaños y que están cerca de la zona de influencia del proyecto son reconocidos por el Ayuntamiento de Tequila como habitantes del municipio, mientras el Ayuntamiento de San Martín de Bolaños los desconoce. Sin embargo la información básica de San Martín de Bolaños se anexa en este capítulo.



con respecto al mismo periodo. Por último es importante señalar que el comportamiento que presentaron estos municipios es similar al de sus localidades principales, también conocidas como cabeceras municipales (tabla 68).

<b>Tabla 68. Crecimiento de la población por municipio, localidad, área de estudio sociopolítica 1970-2000.</b>				
Municipio		Total Municipio	Localidad	Área
Amatitán	1970	8602	5050	
	2000	12509	9303	
	% crecimiento	55,2	84,21	
Hostotitpaquillo	1970	9886	3054	
	2000	8659	3030	
	% crecimiento	-12,4	-0,8	
Magdalena	1970	11690	7715	
	2000	18177	13471	
	% crecimiento	55,5	70,2	
Tequila	1970	20460	11839	
	2000	35502	24024	
	% crecimiento	73,5	102,9	
La Yesca	1970	9022	9022	
	2000	12940	12940	
	% crecimiento	43,4	43,4	
Total	1970			59129
	2000			87787
	% crecimiento			48,5

Fuente: Elaboración propia con base en datos del IX Censo General de Población 1970 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

En cuanto, a la distribución de la población en esta área en el año 2000 el 72,6 % de la población residía en 646 asentamientos rurales, menores de 15 mil habitantes, en tanto el resto de la población, es decir, el 27,4 % se encontraba residiendo en 1 asentamiento urbano entre 15 mil y 49 999 habitantes, como es el caso de la cabecera municipal de Tequila. Por lo que de acuerdo a estos datos de 1970 podemos decir que la distribución de la población total de habitantes se encontraba residiendo en asentamientos rurales. Así mismo, de acuerdo a los datos de 2000 y con base a los criterios que identifican un asentamiento urbano, podría argumentarse que la cabecera municipal de Magdalena sería uno de los asentamientos rurales a convertirse en asentamiento urbano en los próximos años, dependiendo ello del aumento en la dinámica socioeconómica y de la concentración poblacional de esta área (tablas 69 y 70). Además, tomando en cuenta este último argumento, también tenderían a mejorar los demás municipios de esta área y en el caso específico, con el establecimiento de las actividades operativas del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca en Hostotitpaquillo, se esperaría un impacto positivo directo, indirecto e inducido en el nivel socioeconómico en la localidad en el corto plazo. Así mismo en el largo plazo mejoraría la dinámica poblacional de este municipio.

**Tabla 69, Distribución de la población por tamaño de localidad a nivel regional 1970-2000**

Rangos de población	1970				2000				La diferencia entre los años 1970-2000			
	Población	%	Localidades	%	Población	%	Localidades	%	Población	%	Localidades	%
1-99	10423	17,6	441	86,5	9477	10,8	572	88,4	-946	-6,8	131	1,9
10-499	10561	17,9	52	10,2	11717	13,3	55	8,5	1156	-4,6	3	-1,7
500-999	8061	13,6	11	2,2	8287	9,4	11	1,7	226	-4,2	0	-0,5
1000-4999	5275	8,9	3	0,6	11508	13,1	6	0,9	6233	4,2	3	0,3
5000-9999	12965	21,9	2	0,4	9303	10,6	1	0,2	3662	-5,3	-1	-1,2
10000-14999	11839	20,0	1	0,2	13471	15,3	1	0,2	1632	-4,7	0	0
15000-49999					24024	27,4	1	0,2	24024	27,4	1	0,2
Total	59124	100	510	100	87787	100	647	100	28663		137	

Fuente: Elaboración propia con base en datos del IX Censo General de Población 1970 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

**Tabla 70, Distribución de la población por tamaño de localidad y municipio 1970-2000**

Municipio	Año		Rangos de población						Total
			1-99	10-499	500-999	1000-4999	5000-9999	10000-149999	
Amatitán	1970	Población	1119	1269	624		5050*		8062
		%	13,9	15,7	7,7		62,6		100
		Localidades	30	8	1		1		40
		%	75	20,0	2,5		2,5		100
	2000	Población	517	1624		1065	9303*		12509
		%	4,1	13,0		8,5	74,4		100
Localidades		26	9		1	1		37	
%		70,3	24,3		1,1	2,7		100	
Hostotipaquillo	1970	Población	1907	31133	1792	3054*			9886
		%	19,3	31,7	18,1	30,9			100
		Localidades	70	13	3	1			87
		% localidades	80,5	14,9	3,4	1,1			100
	2000	Población	811	2829	1989	3030*			8659
		%	9,4	32,7	23,0	35			100
Localidades		38	12	3	1			54	
%		70,4	22,2	5,6	1,9			100	
Magdalena	1970	Población	94	899	1678	1104	7915*		11690
		%	0,8	7,7	14,4	9,4	67,7		100
		Localidades	2	4	2	1	1		10
		%	20	40	20	10,0	10,0		100
	2000	Población	212	494	2402	1598		13471*	18177
		%	1,2	2,7	13,2	8,8		74,1	100
Localidades		12	3	3	1		1	10	
%		60,0	15,0	15,0	5,0		5,0	100	
Tequila	1970	Población	3574	2715	2336			11839*	20464
		%	17,5	13,3	11,4			57,9	100
		Localidades	153	14	3			1	171
		%	89,5	8,2	1,8			0,6	100
	2000	Población	3051	4113	901	3413			24024
		%	8,6	11,2	2,5	9,6			67,7
Localidades		165	19	1	2			1	
%		87,8	10,1	0,5	1,1			0,5	
La Yesca	1970	Población	3729	2545	1631	1117*			9022
		%	41,3	28,8	18,1	12,4			100
		Localidades	186	13	2	1			202
		%	92,1	64,4	1,0	0,5			100
	2000	Población	4886	2657	2995	2402*			12940
		%	37,8	20,5	23,1	18,6			100
Localidades		331	12	4	1			348	
%		95,1	3,4	1,1	0,3			100	

Fuente: Elaboración propia con base en datos del IX Censo General de Población 1970 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

La densidad de población de esta área en el año 2000 era de 17,8 habitantes por kilómetro cuadrado. En cuanto a los municipios que son densamente poblados sobresalen Amatitán con el valor más alto (60,3 hab./km<sup>2</sup>), le siguen Magdalena (48,0 hab./km<sup>2</sup>) y Tequila (26,0 hab./km<sup>2</sup>). La densidad más baja se localiza en los municipios de La Yesca (5,8 hab./km<sup>2</sup>) y Hostotipaquillo (12,4 hab./km<sup>2</sup>). Con respecto al año de 1970, la densidad de población es más baja en la área y en la mayoría de los municipios, excepto el caso de Hostotipaquillo que era más alto su valor respecto al valor que presentó en el año 2000 (tabla 71).

**Tabla 71. Densidad de población por municipio y región, 1970-2000 (las cifras están en habitantes por kilómetro cuadrado).**

Año	Amatitán	Hostotipaquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca	Total
1970	38,9	14,2	26,2	15,0	4,1	11,9
1980	42,3	11,1	31,8	19,6	5,0	13,9
1990	48,5	11,6	34,5	20,6	4,8	14,7
2000	60,3	12,4	40,8	26,0	5,8	17,8

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI.

Durante el periodo de 1970 - 2000 el comportamiento de la tasa de crecimiento promedio anual de la población de esta área fue de 1,3 %, lo cual puede decirse que tuvo un crecimiento lento (1,0 -1,9). Respecto al ritmo de crecimiento promedio anual que presentaron los municipios, Amatitán, Magdalena, Tequila y La Yesca también tuvieron un crecimiento lento con una tasa de 1,5 Amatitán y Magdalena, 1.9 Tequila y 1,2 La Yesca. Sólo el caso de Hostotipaquillo tuvo un decremento de -0,4 %. Adicionalmente podría argumentarse que el caso del municipio de Tequila es el que presentó el crecimiento promedio más alto llegando a representar un crecimiento moderado (2,0-2,9) de 2,0 % para el caso de las mujeres (tablas 72 y 73).

**Tabla 72. Evolución de la tasa de crecimiento promedio anual por municipio región y sexo, 1970-2000.**

Municipio y región	Población total	Hombres	Mujeres
Amatitán	1,5	1,4	1,5
Hostotipaquillo	-0,4	-0,4	-0,4
Magdalena	1,5	1,4	1,6
Tequila	1,9	1,7	2,0
La Yesca	1,2	1,2	1,2
Total	1,3	1,2	1,4

Fuente: Elaboración propia con base en datos del IX Censo General de Población 1970 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

**Tabla 73. Evolución de la tasa de crecimiento promedio anual por municipio, región y sexo, 1970-1980, 1980-1990 y 1990-2000.**

Tasa de crecimiento de:		Amatitán	Hostotipaquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca	Total
Población Total	1970-1980	0,8	-2,4	2,0	2,7	2,1	1,5
	1980-1990	1,4	0,4	0,8	0,5	-0,4	0,5
	1990-2000	2,2	2,5	1,7	2,4	1,9	2,0
Hombres	1970-1980	0,9	-2,7	1,4	2,3	2,1	1,2
	1980-1990	1,2	0,7	0,8	0,4	-0,2	0,5
	1990-2000	2,2	0,7	1,8	2,4	1,8	2,0
Mujeres	1970-1980	0,8	-2,1	2,4	3,1	2,2	1,8
	1980-1990	1,6	0,1	0,8	0,6	-0,5	0,5
	1990-2000	2,2	0,7	1,6	2,3	1,9	1,9

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI: IX Censo General de Población 1970, X Censo General de Población y vivienda 1980, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Respecto a la población por grandes grupos de edad en el año 1970 residían en esta área 2 383 personas de 65 años o más lo que representa sólo el 4.0 % de la población total. En el otro extremo de la pirámide de edades, había más de 28 mil niños (menores de 15 años) representando el 47,5 % de la población. Para el año 2000 la población de la tercera edad aumentó a 4 966 personas representando así el 5,7 % de la población. Así mismo la población infantil aunque aumentó a 33 754 redujo su población a 38,4 % del total de la población. Por último un caso importante fue el incremento que tuvo la

población de 15 a 39 años pasando de 20 mil en 1970 a más de 33 mil en el año 2000, representando así el 38,5 % de la población.

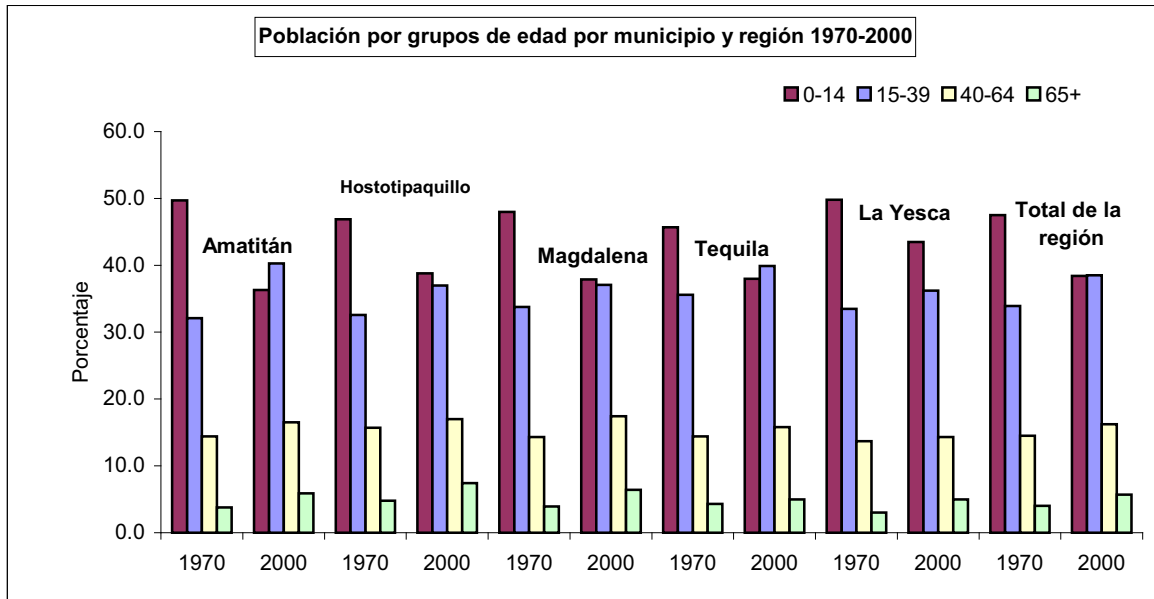
En cuanto a la población por grupo de edad de los municipios de esta área, Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena y Tequila, presentan un crecimiento similar al de su región. Pero respecto al municipio de La Yesca es que después de 30 años (1970-2000) sigue presentando altos niveles de fecundidad (tabla 74 y gráfica 17).

**Tabla 74. Población por grandes grupos de edad 1970-2000.**

Municipio	Año	Rango de edad								Total	%
		0-14	%	15-39	%	40-64	%	65 +	%		
Amatitán	1970	4003	49,7	2588	32,1	1164	14,4	307	3,8	8062	100
	2000	4547	36,3	5045	40,3	2058	16,5	737	5,9	12509	100
Hostotipaquillo	1970	4640	46,9	3226	32,6	1550	15,7	470	4,8	9886	100
	2000	3184	38,8	3207	37,0	1474	17,0	645	7,4	8659	100
Magdalena	1970	5608	48,0	3953	33,8	1671	14,3	458	3,9	11690	100
	2000	6898	37,9	6737	37,1	3169	17,4	1157	6,4	18177	100
Tequila	1970	9356	45,7	7284	35,6	2947	14,4	877	4,3	20464	100
	2000	13496	38,0	14152	39,9	5623	15,8	1778	5,0	35502	100
La Yesca	1970	4493	49,8	3019	33,5	1240	13,7	270	3,0	9022	100
	2000	5629	43,5	4685	36,2	1856	14,3	649	5,0	12940	100
Total	1970	28100	47,5	20070	33,9	8572	14,5	2382	4,0	59124	100
	2000	33754	38,4	33826	38,5	14180	16,2	4966	5,7	87787	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos del IX Censo General de Población 1970 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

**Gráfica 17. Población por grupos de edad por municipio, área de estudio sociopolítica**

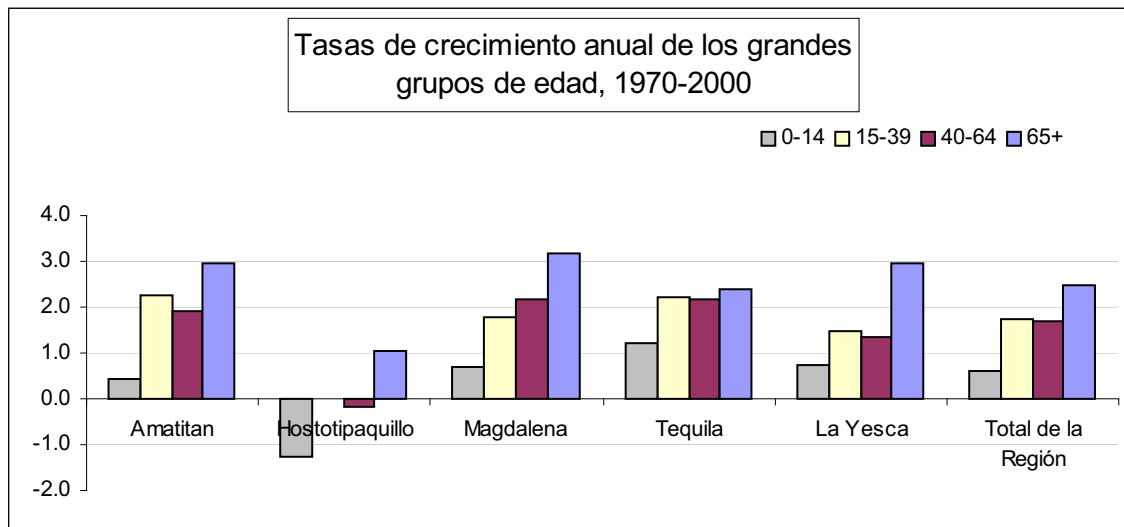


Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI.

El ritmo de crecimiento anual promedio que presentaron estos grandes grupos de edad en 1970-2000 a nivel regional fue muy lento (0,1–0,9) en los menores de 15 años, lento (1,0-1,9) en los mayores de 15 pero menores de 65 años, y moderado (2,0-2,9) en los mayores de 65 años. Así mismo en cuanto al crecimiento anual promedio de los grandes grupos de edad de los municipios de esta área destaca el crecimiento fuerte (3,0–4,9) de Magdalena, moderado (2,0- 2,9) de Amatitán, Tequila y La Yesca, y lento (1,0–1,9) de Hostotipaquillo en la población de la tercera edad. Por otro lado,

el crecimiento anual promedio de la población infantil fue muy lento (0.1-0.9) en los municipios de Amatitán, Magdalena y La Yesca, lento (1,0–1,9) en Tequila y con un decremento (-0,01,-0,09) el municipio de Hostotipaquillo (gráfica 18).<sup>2</sup>

**Gráfica 18. Tasa de crecimiento anual de los grandes grupos de edad, 1970-2000.**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI.

La distribución de la población por grupos de edad y sexo de esta área y sus municipios que la componen se reproduce casi exactamente como la figura de pirámide con una amplia base (población infantil) que tiende a reducirse a medida que ascendemos en la escala de grupos de edad. Al comparar la distribución de edad de las poblaciones de 1970–2000 observamos que las pirámides de 1970 quedan totalmente sumidas dentro de la del año 2000 (excepto el caso de Hostotipaquillo que queda fuera la pirámide de 1970). Eso significa que en el año 2000 hay más población en cada grupo de edad que en 1970, excepto en el municipio de Hostotipaquillo. De esta forma podemos concluir que en estas tres décadas el fenómeno demográfico más importante ha sido el crecimiento absoluto de la población en esta área, excepto Hostotipaquillo (gráfica 18).<sup>3</sup>

El crecimiento poblacional de esta área de estudio se debe en gran parte al crecimiento natural, que en 1990 registro 31,3 por cada 1 000 habitantes, con una tasa de natalidad de 37,2 por cada mil personas y una tasa de mortalidad de 5,9 por cada mil habitantes. Para el 2000 esta área presentó una baja en el crecimiento natural de 25,6, en la natalidad de 30,5 y en la mortalidad de 4,9. A nivel municipal para el año 2000 las tasas más bajas del crecimiento natural y de la natalidad se encuentran en Hostotipaquillo con 16,3 y 21,5 respectivamente y la tasa de mortalidad más baja se encuentra en La Yesca con 2,6 por cada mil habitantes. Respecto a las tasas más altas de crecimiento natural y de la natalidad se encuentran en el municipio de La Yesca con 32,8 y 35,4 respectivamente y la tasa más alta de mortalidad en Magdalena con 5,8 por cada mil habitantes.

<sup>2</sup> Ver Juárez, G. María, y Rafael Sánchez (2003), "Riviera mexicana: dinámica de la población, 1970-2000", *Revista de información y análisis*, núm. 23, p.39.

<sup>3</sup> Ver Canales, I. Alejandro y Israel Montiel (2004), Situación actual y perspectiva del envejecimiento en Jalisco, Ed. Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, p.43.

Respecto a la tasa de migración neta de esta área de estudio para el año 2000 fue de 63,2 por cada mil habitantes. A nivel municipal, la tasa más alta se presenta en La Yesca con 126,1 y la tasa más baja en Magdalena con 38,3 por cada mil habitantes (tabla 75).

**Tabla 75. Tasa de crecimiento natural y crecimiento migratorio neto 1990-2000  
(las cifras son por cada 1000 habitantes).**

Municipio y región	Tasa de natalidad		Tasa de mortalidad		Tasa de inmigración		Tasa de emigración		Tasa de crecimiento natural		Tasa de crecimiento migratorio neto		Tasa de crecimiento de la población	
	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000
Amatitán	32,3	25,8	6,7	5,4	46,9	49,5	13,7	11,2	25,6	20,5	33,2	38,3	58,8	58,8
Hostotipaquillo	19,0	21,5	6,2	5,2	91,1	94,0	20,1	22,9	12,8	16,3	71,0	71,1	83,8	87,4
Magdalena	46,8	32,6	7,4	5,8	102,0	98,0	25,8	26,2	39,4	26,8	76,2	71,8	115,6	98,7
Tequila	38,8	31,4	5,8	5,0	63,9	62,3	18,7	19,6	33,0	26,4	45,3	42,7	78,2	69,1
La Yesca	37,7	35,4	3,3	2,6	158,7	160,4	39,2	34,2	34,5	32,8	119,4	126,1	153,9	159,0
Total	37,2	30,5	5,9	4,9	86,8	85,5	22,7	22,2	31,3	25,6	64,1	63,2	95,3	88,8

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI: XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

Por último, en cuanto a la presencia de grupos étnicos en esta área para el año de 1970 era de 354 indígenas y para el 2000 llegó a tener 3 558 mostrando un notable incremento de 3 204, es decir, un 905,1 % más con respecto al año de 1970. De este incremento, el municipio La Yesca presentó el 94,6 % debido al crecimiento de la población de etnias indígenas en forma creciente en este municipio. Por el contrario el resto de los municipios presentaron bajo crecimiento y poca presencia de grupos étnicos durante este periodo, excepto el caso de los municipios de Magdalena y Tequila en 1980 (tabla 76).

**Tabla 76. Población indígena\* por municipio, área de estudio sociopolítica 1970-2000.**

Año	Amatitán	Hostotipaquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca	Total
1970	1	82	8	2	261	354
1980	75	70	230	393	1448	2 216
1990	3	10	20	16	1861	1 910
2000	50	40	26	76	3366	3 558

Fuente: Elaboración propia con base en datos del IX Censo General de Población 1970 y XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
Nota: \* Se identificó a la población indígena como aquellos que se identificaban como tales o que decían conocer alguna lengua indígena.

#### IV.2.3.1.1.1 Proyección de Población 2000-2030 del área de estudio socioeconómica

Este apartado presenta las proyecciones de población correspondientes al periodo comprendido entre 2000-2030, que son hechas para la área del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca. En dichas estimaciones debido a los datos que se encuentran disponibles se utilizan las tasas de crecimiento de población de los últimos diez años, es decir, 1990-2000, por lo que se ha tomado como población base para realizar las proyecciones de población la del año 2000.

Las hipótesis que son consideradas para explicar el cambio en la dinámica de la población en el periodo de proyección son las siguientes:

- El crecimiento de la población es instante a instante, por tanto el cálculo de la tasa de crecimiento se trata como un proceso continuo.
- El crecimiento de la población no es constante, por lo que su tasa de crecimiento es considerada como decreciente. Para lo cual se ajusta la proyección de la región del Proyecto La Yesca con base en los valores de la tasa de crecimiento estimados para Jalisco.

La metodología que se utiliza para estimar la proyección de la población de esta área, es el método matemático, que comprende a su vez el método exponencial y el método logístico. El siguiente Tabla muestra que Hostotipaquillo y La Yesca se reactivarían en su dinámica poblacional producto del impacto del proyecto PH La Yesca.

Año	Amatitán	Hostotipaquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca	Área
1970	8 062	9 886	11 690	20 464	9 022	59 124
1980	8 771	7 760	14 181	26 718	11 142	68 572
1990	10 069	8 069	15 361	28 088	10 758	72 345
2000	12 509	8 659	18 177	35 502	12 940	87 787
2005	13 610	9 421	19 777	38 628	14 079	95 516
2010	14 447	10 001	20 994	41 004	14 945	101 391
2015	15 148	10 486	22 012	42 991	15 670	106 306
2020	15 752	10 904	22 889	44 706	16 295	110 546
2025	16 346	11 315	23 753	46 393	16 910	114 718

Nota: Esta estimación toma en cuenta la participación porcentual que tiene cada municipio con la área de estudio del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca para el año 2000, así mismo toma en cuenta la tasa de crecimiento de la área para los años 1990-2000.

#### **IV.2.3.1.2 Dinámica Económica 1970-2000**

En este apartado se presenta el análisis de la dinámica económica formada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena y Tequila en el Estado de Jalisco y La Yesca en el Estado de Nayarit. El análisis sigue principios de las teorías de localización de empresas y de crecimiento económico en las que se sugiere que el crecimiento de una región depende de la existencia de condiciones que facilitan la localización de empresas capaces de colocar su producción a otras regiones a precios competitivos y con la calidad que buscan los consumidores. Algunos de los postulados que establecen estas teorías<sup>4</sup> que son ampliamente aceptados tanto por expertos como por practicantes del desarrollo económico establecen que para crear más y mejores empleos en una región es necesario contar con buena infraestructura y recursos humanos calificados así como la existencia de arreglos institucionales y la capacidad de gobierno para facilitar la coordinación económica y el desarrollo empresarial.

Tomando en cuenta que la zona de estudio del medio sociopolítico, la área en términos generales tiene una economía basada principalmente en actividades primarias y en menor medida en actividades comerciales y de servicios, se consideró pertinente utilizar indicadores estándares para el análisis de la dinámica económica y hacer adaptaciones al cálculo e interpretación de los mismos, éstos se explican en cada caso en las páginas siguientes.

##### **IV.2.3.1.2.1 Población Económicamente Activa en el área de estudio sociopolítica**

La Población Económicamente Activa (PEA) de los municipios representa aproximadamente el 1 % del total de la PEA en sus respectivos Estados. En el caso de los municipios de Jalisco, la PEA de la área pasó de trece mil ciento veintiocho personas en 1970 a veintidós mil quinientos veinte nueve personas en el año 2000. Como se muestra en la tabla 12, esto representó un crecimiento anual del 0.65 %, entre 1970 y 1990, y un crecimiento de 4,19 % anual entre 1990 y el año 2000. Los datos anteriores muestran que, entre 1970 y 1990 los municipios de Jalisco crecieron más lentamente que el resto del estado de Jalisco en donde se registró un crecimiento de 2,89 %, pero tuvieron una recuperación relativa en el periodo 1990-2000 cuando la PEA mantuvo un crecimiento ligeramente superior al registrado en el Estado de Jalisco.

En el caso del municipio de la Yesca, la PEA pasó de dos mil doscientos seis personas en 1970 a dos mil ochocientos ochenta y ocho en 2000. Lo cual representó una dinámica muy inferior a la presentada en el Estado de Nayarit en donde el crecimiento fue de 2,51 % anual entre 1970 y 1990 y del 3,07 entre 1990 y 2000.

---

<sup>4</sup> Como Davis, H. Craig (1990) Regional economic impact analysis and project evaluation. Vancouver: University of British Columbia Press.



<b>Tabla 78. Población Económicamente Activa (PEA)</b>					
	PEA 1970	PEA 1990	Tasa de crecimiento 1970 a 1990	PEA 2000	Tasa de crecimiento 1990 a 2000
Jalisco	898 184	1 588 190	2,89%	2 385 586	4,15%
Municipios de Jalisco (Amatitán Hostotipaquillo Magdalena Tequila)	13 128	14 950	0,65%	22 529	4,19%
Peso de los Mpios. en Jalisco	1,46%	0,94%		0,94%	
Nayarit	144 914	238 079	2,51%	322 077	3,07%
Municipios en Nayarit (La Yesca)	2 206	2 432	0,49%	2 888	1,73%
Peso de La Yesca en Nayarit	1,52%	1,02%		0,90%	
<b>Macroregión<sup>1</sup></b>	1 043 098	1 826 269	2,84%	2 707 663	4,02%
<b>Área de estudio<sup>2</sup></b>	15 334	17 382	0,63%	25 417	3,87%
<b>Peso del área de estudio sociopolíticae en la Macroregión</b>	<b>1,47%</b>	<b>0,95%</b>		<b>0,94%</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI: IX Censo General de Población 1970 XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Los datos del Censo de Población y Vivienda 1980 están disponibles por entidad federativa por municipios no se disponen por la pérdida de estos en el terremoto de 1985 en el D.F.

<sup>1</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

<sup>2</sup> El área de estudio sociopolítica es la suma de los municipios en Jalisco y en Nayarit que son: Amatitán Hostotipaquillo Magdalena Tequila y La Yesca.

En la tabla 78 se observa también que, en conjunto la PEA de la área de estudio pasó de un poco más de quince mil trescientas en el año 1970, para llegar a poco más de 25 mil personas en el año 2000. Para toda la área el crecimiento entre 1990 y 2000 fue de 3,87, mientras que para la macroregión formada por los dos estados fue de 4,02.

En las tablas 79, 80 y 81 se muestra el comportamiento de la PEA en los tres grandes sectores de actividad. Esta información pone en evidencia el predominio de las actividades agropecuarias y forestales en la economía del área de estudio sociopolítica. En la tabla 13 se puede observar que si bien hay una tendencia a la baja en la PEA del sector primario, al final del periodo, (2000) dicha proporción sigue siendo muy alta con respecto al total de la PEA. Las tablas 80 y 81 muestran los cambios registrados en los sectores secundario y terciario respectivamente. En lo que se puede considerar un cambio consistente con lo observado a nivel general de la economía, estos sectores registraron un crecimiento a lo largo del periodo. El sector que más crecimiento registró fue el sector secundario cuya PEA pasó de 1 989 a 7 860 entre 1970 y 2000, gracias a un crecimiento de casi 7 % registrado en el periodo 1990-2000.

<b>Tabla 79. Población económicamente activa (PEA) ocupada en el sector primario.</b>					
	PEA Sec. 1rio. 1970	PEA Sec. 1rio. 1990	Tasa de crecimiento 1970 -1990	PEA Sec. 1rio. 2000	Tasa de crecimiento 1990- 2000
Jalisco	306 299	287 070	-0,32%	236 926	-1,90%
Municipios de Jalisco (Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila)	8 556	6 075	-1,70%	5 824	-0,42%
Peso de los Mpios. en Jalisco	2,79%	2,12%		2,46%	
Nayarit	87 445	98 783	0,61%	88 686	-1,07%
Municipios en Nayarit (La Yesca)	1 999	1 798	-0,53%	1 636	-0,94%
Peso de La Yesca en Nayarit	2,29%	1,82%		1,84%	
<b>Macroregión<sup>1</sup></b>	<b>393 744</b>	<b>385 853</b>	<b>-0,10%</b>	<b>325 612</b>	<b>-1,68%</b>
<b>Área de estudio<sup>2</sup></b>	<b>10 555</b>	<b>7 873</b>	<b>-1,46%</b>	<b>7 460</b>	<b>-0,54%</b>
<b>Peso del área de estudio sociopolíticae en la Macroregión</b>	<b>2,68%</b>	<b>2,04%</b>		<b>2,29%</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI: IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Los datos del Censo de Población y Vivienda 1980 están disponibles por entidad federativa, por municipios no se disponen por la pérdida de estos en el terremoto de 1985 en el D.F.

<sup>1</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

<sup>2</sup> La Área de estudio es la suma de los municipios en Jalisco y en Nayarit que son: Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

<b>Tabla 80. Población Económicamente Activa (PEA) ocupada en el sector secundario.</b>					
	PEA Sec. 2rio. 1970	PEA Sec. 2rio. 1990	Tasa de crecimiento 1970- 1990	PEA Sec. 2rio. 2000	Tasa de crecimiento 1990-2000
Jalisco	245 432	508 679	3,71%	753 159	4,00%
Municipios de Jalisco (Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila)	1 952	3 718	3,27%	7 352	7,06%
Peso de los Mpios. en Jalisco	0,80%	0,73%		0,98%	
Nayarit	16 267	41 086	4,74%	56 151	3,17%
Municipios en Nayarit (La Yesca)	37	285	10,75%	508	5,95%
Peso de La Yesca en Nayarit	0,23%	0,69%		0,90%	
<b>Macroregión<sup>1</sup></b>	<b>261 699</b>	<b>549 765</b>	<b>3,78%</b>	<b>809 310</b>	<b>3,94%</b>
<b>Área de estudio<sup>2</sup></b>	<b>1 989</b>	<b>4 003</b>	<b>3,56%</b>	<b>7 860</b>	<b>6,98%</b>
<b>Peso del área de estudio sociopolíticae en la Macroregión</b>	<b>0,76%</b>	<b>0,73%</b>		<b>0,97%</b>	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI: IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Los datos del Censo de Población y Vivienda 1980 están disponibles por entidad federativa, por municipios no se disponen por la pérdida de estos en el terremoto de 1985 en el D.F.

<sup>1</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

<sup>2</sup> La Área de estudio es la suma de los municipios en Jalisco y en Nayarit que son: Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

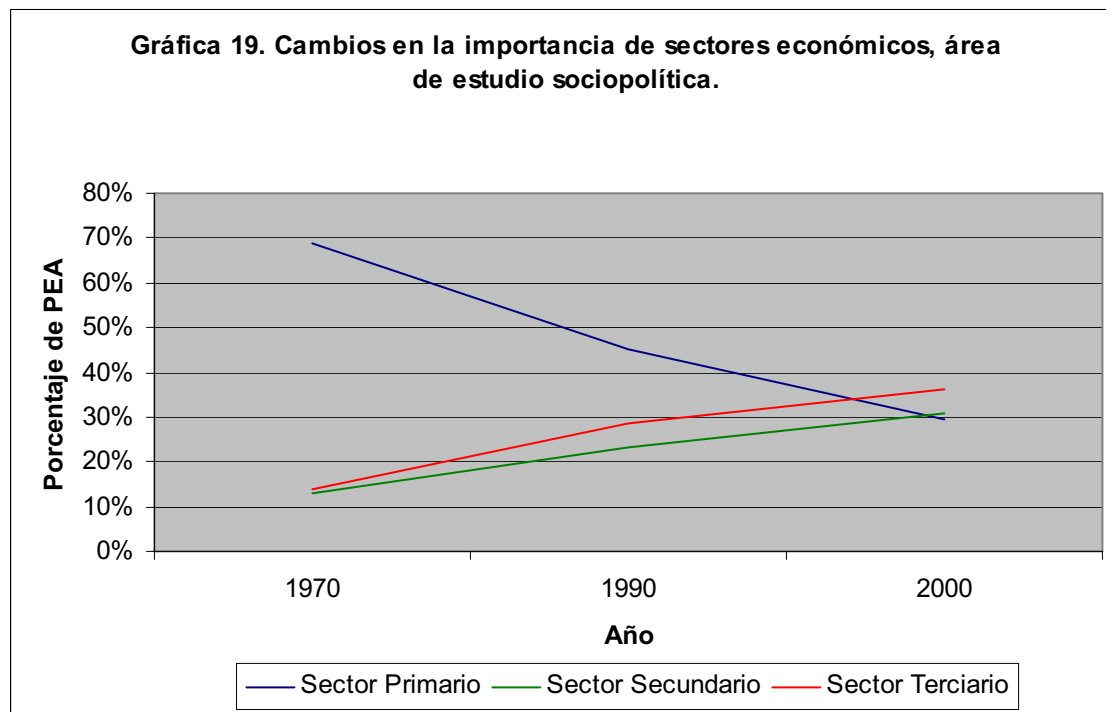
<b>Tabla 81. Población Económicamente Activa (PEA) ocupada en el sector terciario.</b>					
	PEA 1970	PEA 1990	Tasa de crecimiento 1970-1990	PEA 2000	Tasa de crecimiento 1990-2000
Jalisco	292 624	757 453	4,87%	1 298 921	5,54%
Municipios de Jalisco (Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila)	2 035	4 631	4,20%	8 558	6,33%
Peso de los municipios en Jalisco	0,70%	0,61%		0,66%	
Nayarit	34 237	93 131	5,13%	168 240	6,09%
Municipios en Nayarit (La Yesca)	112	302	5,08%	651	7,98%
Peso de La Yesca en Nayarit	0,33%	0,32%		0,39%	
<b>Macroregión<sup>1</sup></b>	<b>326 861</b>	<b>850 584</b>	<b>4,90%</b>	<b>1 467 161</b>	<b>5,60%</b>
<b>Área de estudio<sup>2</sup></b>	<b>2 147</b>	<b>4 933</b>	<b>4,25%</b>	<b>9 209</b>	<b>6,44%</b>
<b>Peso del área de estudio sociopolíticae en la Macroregión</b>	<b>0,66%</b>	<b>0,58%</b>		<b>0,63%</b>	
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI: IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Los datos del Censo de Población y Vivienda 1980 están disponibles por entidad federativa, por municipios no se disponen por la pérdida de estos en el terremoto de 1985 en el D.F.					
<sup>1</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.					
<sup>2</sup> La Área de estudio es la suma de los municipios en Jalisco y en Nayarit que son: Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.					

En la tabla 82 y la gráfica 19 se presenta una síntesis de los cambios registrados en la estructura económica de la área a nivel de sector de actividad. Como ya se señaló, el sector primario sigue siendo un sector importante al final del periodo pero se observa una transición importante hacia actividades manufactureras, comerciales y de servicio. Como resultado de esta transición, en el año 2000 ya se aprecia que el sector que da empleo al mayor número de personas en la área es el terciario en el que se empleaban un total de nueve mil doscientas nueve personas. Esto representaba ya un 36 % de la PEA. El sector secundario tuvo un comportamiento similar pero menos acelerado lo cual dio como resultado que para el año 2000 representara un 31 % del total de la PEA del área de estudio sociopolítica.

**Tabla 82. Cambios en la importancia de los sectores económicos en el área de estudio sociopolítica.**

	1970		1990		2000	
	PEA	% que representa de la PEA Total en la Área de estudio	PEA	% que representa de la PEA Total en la Área de estudio	PEA	% que representa de la PEA Total en la Área de estudio
<b>PEA Total</b>	15 334		17 382		25 417	
<b>Sector Primario</b>	10 555	<b>69%</b>	7 873	<b>45%</b>	7 460	<b>29%</b>
<b>Sector Secundario</b>	1 989	<b>13%</b>	4 003	<b>23%</b>	7 860	<b>31%</b>
<b>Sector Terciario</b>	2 147	<b>14%</b>	4 933	<b>28%</b>	9 209	<b>36%</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI: IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
 El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.  
 NOTA: La suma de los sectores primario, secundario y terciario no es igual al Total de la Población Económicamente Activa por que el rubro "No especificado" no se incluye en ninguno de los tres sectores.



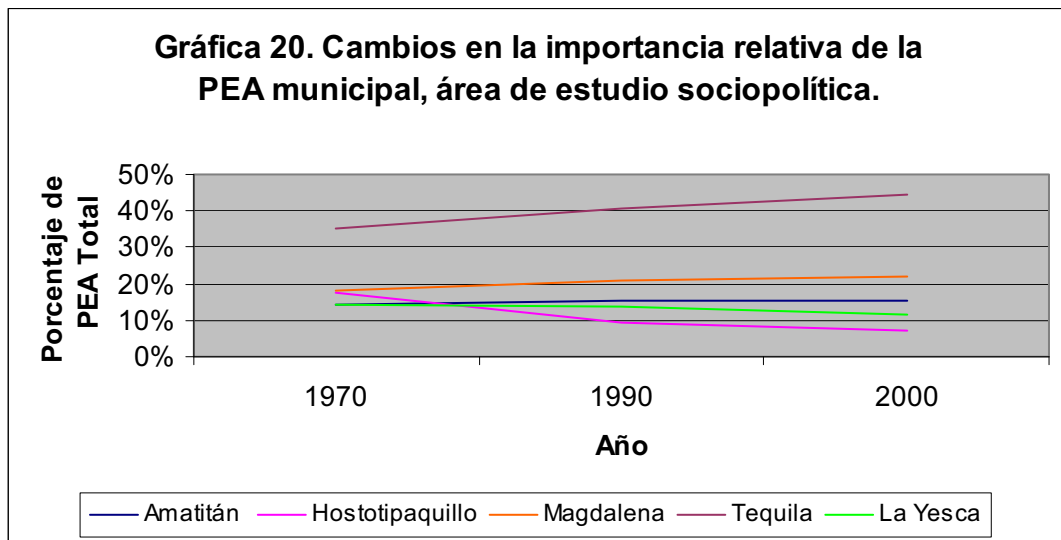
#### IV.2.3.1.2.1 El comportamiento de la Población Económicamente Activa por municipio.

En términos generales el comportamiento de la economía de los cinco municipios ubicados en el área de estudio, presenta un comportamiento similar al observado a nivel regional. Sin embargo, considerando el objeto del presente estudio que es evaluar los impactos que tendrá el Proyecto Hidrológico La Yesca, es importante revisar las variaciones observadas al interior de la región.

En la tabla 83 se muestra el peso relativo que tiene la economía de los distintos municipios usando como referente solamente el tamaño de la PEA en cada uno de ellos y el peso que representa dicha población en el total de la PEA de la área. Cabe resaltar que se observa un proceso de concentración de la actividad económica en el corredor Amatitán-Tequila-Magdalena que tiene a Tequila como principal centro de crecimiento económico. Este municipio que en 1970, tenía el 35 % de la PEA de la área, para el año 2000 concentraba ya el 45 %. Como se puede observar claridad en la gráfica 20, la concentración económica registrada en Tequila, y en menor grado en Magdalena dejó a otros municipios de la misma región rezagados en términos de dinámica económica. El caso más drástico de pérdida de dinamismo se observa en el municipio de Hostotipaquillo, cuya PEA pasó de representar el 18 % de la PEA regional en 1970 a representar solo el 7 % 30 años después.

<b>Tabla 83. Población Económicamente Activa (PEA) peso de los municipios en el área de estudio sociopolítica.</b>						
	1970		1990		2000	
	PEA	Peso municipal en la región	PEA	Peso municipal en la región	PEA	Peso municipal en la región
<b>Área de estudio<sup>1</sup></b>	15 334	100%	17 382	100%	25 417	100%
Amatitán	2 219	14%	2 629	15%	3 923	15%
Hostotipaquillo	2 726	18%	1 663	10%	1 754	7%
Magdalena	2 773	18%	3 630	21%	5 529	22%
Tequila	5 410	35%	7 028	40%	11 323	45%
La Yesca	2 206	14%	2 432	14%	2 888	11%

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.



En los tablas 84, 85 y 86, se puede apreciar que la importancia relativa adquirida por Tequila en la área se debe a cambios observados en todos los sectores. De esta manera, para el año 2000, Tequila contaba con el 34 % de la PEA en el sector agropecuario de la área (Tabla 84), 49 % del sector secundario (Tabla 85), y el 50 % de la PEA en el sector terciario (Tabla 86). En el otro extremo del dinamismo económico se encuentra Hostotipaquillo cuyo peso en los distintos sectores cayó drásticamente. Para el año 2000, este municipio que en 1970 tenía el 20, 15 y 15 % de la PEA de los sectores primario secundario y terciario respectivamente, en el año 2000 solo representaba el 11, 4 y 6 %. En este mismo periodo La Yesca logró mantener un dinamismo más o menos a fin al observado en la área en su conjunto. El peso de este municipio en la PEA regional por sector pasó del 19 al 22 % en el sector primario (tabla 84), del 2 al 6 % en el sector secundario (tabla 85) y del 5 al 7 % en el sector terciario (tabla 86).

<b>Tabla 84. PEA ocupada en el sector primario. Peso de los municipios, área de estudio sociopolítica<sup>1</sup>.</b>						
	1970		1990		2000	
	PEA Sector Primario	Peso municipal en la área	PEA Sector Primario	Peso municipal en la área	PEA Sector Primario	Peso municipal en la área
<b>Área de estudio<sup>1</sup></b>	10 555	100%	7 873	100%	7 460	100%
Amatitán	1 490	14%	1 304	17%	1 297	17%
Hostotipaquillo	2 080	20%	1 106	14%	833	11%
Magdalena	1 672	16%	1 262	16%	1 156	15%
Tequila	3 314	31%	2 403	31%	2 538	34%
La Yesca	1 999	19%	1 798	23%	1 636	22%

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

<b>Tabla 85. PEA ocupada en el sector secundario. Peso de los municipios, área de estudio sociopolítica <sup>1</sup>.</b>						
	1970		1990		2000	
	PEA Sector Secundario	Peso municipal en la región	PEA Sector Secundario	Peso municipal en la región	PEA Sector Secundario	Peso municipal en la región
<b>Área de estudio<sup>1</sup></b>	1989	100%	4 003	100%	7 860	100%
Amatitán	325	16%	626	16%	1 418	18%
Hostotipaquillo	293	15%	249	6%	300	4%
Magdalena	381	19%	783	20%	1 790	23%
Tequila	953	48%	2 060	51%	3 844	49%
La Yesca	37	2%	285	7%	508	6%

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

<b>Tabla 86. PEA ocupada en el sector terciario. Peso de los municipios, área de estudio sociopolítica<sup>1</sup></b>						
	<b>1970</b>		<b>1990</b>		<b>2000</b>	
	<b>PEA Sector Terciario</b>	<b>Peso municipal en la región</b>	<b>PEA Sector Terciario</b>	<b>Peso municipal en la región</b>	<b>PEA Sector Terciario</b>	<b>Peso municipal en la región</b>
<b>Área de estudio<sup>1</sup></b>	2 147	100%	4 933	100%	9 209	100%
Amatitán	303	14%	592	12%	1 092	12%
Hostotipaquillo	314	15%	247	5%	517	6%
Magdalena	567	26%	1 440	29%	2 350	26%
Tequila	851	40%	2 352	48%	4 599	50%
La Yesca	112	5%	302	6%	651	7%

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

#### IV.2.3.1.2.2 Empleo y Subempleo

Para los efectos de este estudio se entiende por subempleo la situación en la que las personas realizan actividades económicas y no reciben ingresos por su trabajo. Dadas las dificultades para obtener estadísticas de subempleo a nivel de municipios para el tipo de localidades utilizaremos información indirecta para determinar el grado de subempleo observado en los municipios de la Área de estudio.

Un indicador disponible para analizar esta situación es el del porcentaje de población económicamente activa ocupada que no recibe ingresos. Este dato está disponible para 1990 y 2000 y se presenta en la tabla 21. Para 1990, en toda la Área de estudio, casi una quinta parte de la población se encuentra en situación de subempleo ya que el 18 % de la PEA estaba ocupada sin recibir ingresos por su trabajo. La situación mejoró un poco y para 2000 ese porcentaje se había reducido a 13,55 %. La situación presenta pequeñas variaciones entre los municipios de Jalisco y el Municipio de La Yesca en el Estado de Nayarit. En el primer caso, la población que en el año de 1990 estaba en situación de desempleo representaba el 15,40 mientras que en la Yesca era de 33,88. Para el año 2000, los municipios de Jalisco habían registrado una mejoría ya que el porcentaje de población en subempleo era de 9,41 mientras que en La Yesca se observó una tendencia opuesta por lo que para el año 2000 la población en subempleo ascendía al 45,8 del total de la PEA.

<b>Tabla 87. Empleo y subempleo. Distribución de PEA según situación de ingresos.</b>						
	1990			2000		
	PEA	Empleo= Total de PEA ocupada que recibió ingresos por su trabajo	Subempleo= Total de PEA ocupada que no recibió ingresos por su trabajo	PEA	Empleo= Total de PEA ocupada que recibió ingresos por su trabajo	Subempleo= Total de PEA ocupada que no recibió ingresos por su trabajo
Jalisco	1 588 190	1 469 960	83 242	2 385 586	2 229 118	133 278
Municipios de Jalisco (Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila)	14 950	12 121	2 303	22 529	20 182	2 121
Peso de los Mpios. en Jalisco	<b>0,94%</b>	<b>0,82%</b>	<b>2,77%</b>	<b>0,94%</b>	<b>0,91%</b>	<b>1,59%</b>
% de PEA según situación de Empleo en los mpios.de Jalisco con respecto a su PEA Total		<b>81,08%</b>	<b>15,40%</b>		<b>89,58%</b>	<b>9,41%</b>
Nayarit	238 079	213 122	19 878	322 077	282 879	35 958
Municipios en Nayarit (La Yesca)	2 432	1 561	824	2 888	1 542	1 324
Peso de La Yesca en Nayarit	<b>1,02%</b>	<b>0,73%</b>	<b>4,15%</b>	<b>0,90%</b>	<b>0,55%</b>	<b>3,68%</b>
% de PEA según situación de Empleo en La Yesca con respecto a su PEA Total		<b>64,19%</b>	<b>33,88%</b>		<b>53,39%</b>	<b>45,84%</b>
Macroregión <sup>1</sup>	1 826 269	1 683 082	103 120	2 707 663	2 511 997	169 236
Área de estudio <sup>2</sup>	17 382	13 682	3 127	25 417	21 724	3 445
<b>Peso de la Área de estudio en la Macroregión</b>	<b>0,95%</b>	<b>0,81%</b>	<b>3,03%</b>	<b>0,94%</b>	<b>0,86%</b>	<b>2,04%</b>
<b>% de PEA según situación de Empleo en Área de estudio con respecto a su PEA Total</b>		<b>78,71%</b>	<b>17,99%</b>		<b>85,47%</b>	<b>13,55%</b>

Fuente: XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Los datos del Censo de Población y Vivienda 1980 no se disponen a nivel municipal por la pérdida de estos en el terremoto de 1985 en el D.F. Tampoco se dispone de este dato en el IX Censo General de Población 1970.

<sup>1</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

<sup>2</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

Si hacemos un análisis al interior de la Área de estudio podemos ver que el porcentaje de PEA ocupada subempleada disminuyó con respecto a la PEA Total de un 18 % en 1990 a un 14 % en el año 2000. Sin embargo, si revisamos el comportamiento de cada uno de los municipios podemos ver que mientras todos los municipios que pertenecen al estado de Jalisco tienen este mismo comportamiento, el municipio de La Yesca tiene un comportamiento contrario, ya que su proporción de subempleo aumentó del 34 % en 1990 al 46 % para el año 2000 (tabla 88).



<b>Tabla 88. Empleo y subempleo. Peso de los municipios, área de estudio sociopolítica <sup>1</sup>.</b>								
	1990				2000			
	PEA Total	Empleo <sup>2</sup> = Total de PEA Ocupada que recibió ingresos por su trabajo	Subempleo = Total de PEA Ocupada que no recibió ingresos por su trabajo	% que representa el Subempleo de la PEA Total	PEA Total	Empleo= Total de PEA ocupada que recibió ingresos por su trabajo	Subempleo = Total de PEA ocupada que no recibió ingresos por su trabajo	% que representa el Subempleo de la PEA Total
Área de estudio <sup>1</sup>	17 382	13 682	3 127	18%	25 417	21 724	3 445	14%
Amatitán	2 629	2 194	328	12%	3 923	3 553	345	9%
<b>Peso de Amatitán en la Área de estudio</b>	<b>15%</b>	<b>16%</b>	<b>10%</b>		<b>15%</b>	<b>16%</b>	<b>10%</b>	
Hostotipaquillo	1 663	1 030	572	34%	1 754	1 409	329	19%
<b>Peso de Hostotipaquillo en la Área de estudio</b>	<b>10%</b>	<b>8%</b>	<b>18%</b>		<b>7%</b>	<b>6%</b>	<b>10%</b>	
Magdalena	3 630	3 196	289	8%	5 529	5 090	362	7%
<b>Peso de Magdalena en la Área de estudio</b>	<b>21%</b>	<b>23%</b>	<b>9%</b>		<b>22%</b>	<b>23%</b>	<b>11%</b>	
Tequila	7 028	5 701	1 114	16%	11 323	10 130	1 085	10%
<b>Peso de Tequila en la Área de estudio</b>	<b>40%</b>	<b>42%</b>	<b>36%</b>		<b>45%</b>	<b>47%</b>	<b>31%</b>	
La Yesca	2 432	1 561	824	34%	2 888	1 542	1 324	46%
<b>Peso de La Yesca en la Área de estudio</b>	<b>14%</b>	<b>11%</b>	<b>26%</b>		<b>11%</b>	<b>7%</b>	<b>38%</b>	

Fuente: XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Los datos del Censo de Población y Vivienda 1980 no se disponen a nivel municipal por la pérdida de estos en el terremoto de 1985 en el D.F. Tampoco se dispone de este dato en el IX Censo General de Población 1970.

<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

<sup>2</sup> Para obtener el empleo real se tomo el total de PEA ocupada que incluye a los trabajadores que reciben ingresos y que no reciben ingresos y se le resto a estos últimos.

Siguiendo con este análisis podemos ver claramente este comportamiento en la tabla 89 donde la variación porcentual del subempleo es negativa de 1990 al 2000 en todos los casos excepto en el de La Yesca que tiene un aumento de 12 %. La disminución más significativa la podemos ver en el municipio de Hostotipaquillo que tuvo una variación porcentual de menos 16 %, seguido por Tequila con menos 6 % y por Amatitán con menos 4 %.

<b>Tabla 89. Dinámica de la PEA subempleada según municipio 1990-2000.</b>			
	% de PEA que no recibió ingresos <b>1990</b>	% de PEA que no recibió ingresos <b>2000</b>	Variación porcentual <b>1990-2000</b>
Área de estudio <sup>1</sup>	18%	14%	-4%
Amatitán	12%	9%	-4%
Hostotipaquillo	34%	19%	-16%
Magdalena	8%	7%	-1%
Tequila	16%	10%	-6%
La Yesca	34%	46%	12%

Fuente: XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tampoco se dispone de este dato en el IX Censo General de Población 1970.

<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

#### IV.2.3.1.2.3 Especialización económica

Esta sección analiza la especialización económica de los municipios que forman la Área de estudio usando como indicador el coeficiente de localización. Este cociente se calcula comparando el peso relativo que tienen una actividad económica o un sector en la economía del municipio con el peso relativo que tiene dicha actividad en una región más amplia que sirve como marco de referencia. En este caso se hicieron dos estimaciones del cociente de localización para nueve grandes ramas de actividad por municipio. El primer cociente compara la especialización del municipio con respecto a la macroregión formada por los estados de Jalisco y Nayarit. El método usado está basado en supuestos de la teoría de base exportadora<sup>5</sup> que señalan que suponen que cada unidad territorial divide su producción en dos mercados, el mercado interno y el mercado externo.

Según este método los cocientes superiores a 1 significan que un municipio satisface sus necesidades de los productos o servicios que se generan en un sector o rama de actividad y puede exportar al resto de la zona estudiada. Es decir tiene cierta especialización en dicha rama. El propósito de presentar los resultados de las dos comparaciones es contar con un referente que permita apreciar mejor la magnitud de los cambios observados en la economía de los municipios dentro de la dinámica de desarrollo económico regional a dos escalas. Mientras que un cociente de especialización alto a nivel macroregional no permite distinguir si dicho cociente es reflejo de una especialización interna o si revela una dinámica económica observada en toda la Área de estudio. Esta diferenciación interna queda más clara en la comparación microregional y por lo tanto proporciona un referente para observar los cambios que puede tener el PH La Yesca en la estructura económica de la área.

Los resultados obtenidos por este método para la área de estudio arrojan los siguientes resultados.

##### IV.2.3.1.2.3.1 Especialización en el Contexto Macroregional

En esta sección se presentan los resultados del análisis de especialización económica que compara a los municipios de la Área de estudio con el comportamiento observado en la macroregión formada por Jalisco y Nayarit.

#### **Agricultura, Ganadería y Caza**

Como ya se había indicado en el análisis de la PEA, las actividades primarias son muy importantes en todos los municipios de la área. El análisis desagregado de la especialización económica conforma a la teoría de la base exportadora muestra que entre 1970 y 2000 todos los municipios registran cocientes de localización superiores a 1 cuando se comparan con Jalisco y Nayarit. Como se puede observar en la tabla 90, en dos municipios,

---

<sup>5</sup> Para una consulta más amplia véase Davis, H. Craig (1990) *Regional economic impact analysis and project evaluation*. Vancouver: University of British Columbia Press.

La Yesca y Hostotipaquillo se registró una ligera tendencia de crecimiento en el cociente de localización para esta actividad. Otros dos municipios, Magdalena y Tequila, mostraron una tendencia contraria y Amatitán terminó el periodo con un cociente similar al que tenía en 1970.

<b>Tabla 90. Variaciones en los niveles de especialización económica en agricultura a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup>.</b>			
	<b>Agricultura ganadería, caza y pesca</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	1,7826	2,6754	1,7809
Hostotipaquillo	2,0257	3,5372	2,9591
Magdalena	1,6007	1,7846	1,0908
Tequila	1,6281	1,7018	1,1453
La Yesca	2,4057	3,8664	3,6558

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

## Minería

La especialización mostrada por los municipios en este sector en el contexto regional fue muy inestable. Aparentemente debido al tamaño reducido de la PEA en los municipios y el peso relativamente pequeño que tiene la actividad en los Estados de Jalisco y Nayarit hace que la incorporación de fuerza de trabajo a actividades de minería en los municipios hace modifica sustancialmente de un periodo a otro el cociente de especialización. Así, en la tabla 91 se observa que solo Amatitán y Magdalena tuvieron un comportamiento más o menos estable mientras que en los demás municipios se observaron importantes variaciones en el cociente de localización. En la área el municipio más especializado en minería es el de Magdalena.

<b>Tabla 91. Variaciones en los niveles de especialización económica en minería a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup></b>			
	<b>Minería</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	2,2221	0,3835	0,0000
Hostotipaquillo	14,9463	0,0795	12,5862
Magdalena	14,0378	21,2229	16,4706
Tequila	1,4887	13,3472	5,6153
La Yesca	0,2353	12,3640	2,1241

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

### Industria manufacturera

En el periodo estudiado (1970-2000), ninguno de los municipios de la Área de estudio alcanzó a registrar un cociente de localización superior a 1. No obstante, el tabla 92 muestra que con excepción de Tequila observaron un crecimiento en dicho cociente lo que sugiere que ganaron presencia como centros manufactureros en el entorno regional. Por otro lado se observa que los municipios más cercanos a alcanzar un cociente de localización cercano a 1 son Amatitán y Tequila.

<b>Tabla 92. Variaciones en los niveles de especialización económica en la industria manufacturera a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup></b>			
	<b>Industria Manufacturera</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,3782	0,7770	0,8345
Hostotipaquillo	0,1828	0,0022	0,2880
Magdalena	0,2535	0,3976	0,5718
Tequila	0,7310	0,8167	0,6817
La Yesca	0,0404	0,1779	0,3198

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000  
<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit

### Electricidad y agua.

En la tabla 93 se puede observar que los municipios con cocientes de localización superiores a 1 son Amatitán y Tequila. En el primer caso se observa una drástica reducción de 10,9 en 1970 a 1,2 en el 2000, lo cual sugiere que en Amatitán hubo una concentración temporal de trabajadores en esta actividad. Por su parte Tequila registra a lo largo de todo el periodo cocientes ligeramente superiores a 1 lo que seguramente está asociado a su importancia dentro de la Área de estudio.

<b>Tabla 93. variaciones en los niveles de especialización económica en electricidad y agua a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup>.</b>			
	<b>Electricidad y Agua</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	10,9424	1,6599	1,2249
Hostotipaquillo	0,6765	0,0037	0,1320
Magdalena	0,7759	1,2007	0,3858
Tequila	1,0238	1,8130	1,2915
La Yesca	0,0000	0,1755	0,2492

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

## Construcción

Aunque ninguno municipio registró un cociente mayor a 1 en el periodo, todos los municipios de la área tenían en el año 2000 un cociente mayor al que registraban en 1970. En la tabla 94 se observa que el municipio que culminó el periodo con el cociente más alto es La Yesca, con un cociente de 0,8 en el año 2000. Este es un dato interesante si se toma en cuenta que en este municipio se reportó una proporción muy alta de población ocupada que no recibía ingresos. La combinación de ambas evidencias sugiere que en ese municipio se ha registrado en los últimos años cierta actividad informal de construcción.

<b>Tabla 94. Variaciones en los niveles de especialización económica en construcción a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup>.</b>			
	<b>Construcción</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,5811	0,8536	0,6403
Hostotipaquillo	0,2471	0,0100	0,6097
Magdalena	0,6246	1,1071	0,7065
Tequila	0,5377	1,0753	0,6313
La Yesca	0,1570	0,6834	0,8078

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

## Comercio

El análisis de la PEA mostraba que en la área de estudio una transformación económica en la que el sector primario ha perdido importancia relativa y el sector comercio y servicios ha registrado un importante crecimiento. Sin embargo, la especialización económica medida con el cociente de localización revela que ninguno de los municipios tiene una especialización que se destaque en el entorno macroregional. En la tabla 95 se muestra que la especialización de estos municipios ha tendido a disminuir, ya que en 1970 Magdalena y Tequila tenían un cociente superior a 0,5 y para el año 2000 ningún municipio superaba esa cifra.

**Tabla 95. Variaciones en los niveles de especialización económica en comercio a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup>.**

	<b>Comercio</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,3345	0,3204	0,2917
Hostotipaquillo	0,3449	0,0025	0,3659
Magdalena	0,8601	0,7413	0,4877
Tequila	0,5439	0,7676	0,4618
La Yesca	0,1750	0,1567	0,2794

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

### Transporte y comunicación

La medida de especialización de la economía de los municipios estudiados refleja que este es un sector que muestra poco dinamismo en este tipo de municipios. En la tabla 96 se puede observar que solo la Yesca, que tenía un coeficiente de 0 en 1970 registra una variación ascendente en el periodo aunque su coeficiente en el 200 es mínimo. Para este año ninguno de los municipios, incluyendo Magdalena que había logrado un cociente superior a 1 en 1990 tiene cocientes de 0,5 o más.

**Tabla 96. Variaciones en los niveles de especialización económica en transporte y comunicación a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup>.**

	<b>Transporte y Comunicación</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,6024	0,4902	0,2698
Hostotipaquillo	0,5394	0,0054	0,4041
Magdalena	0,6749	1,4117	0,4944
Tequila	0,7298	0,7505	0,4714
La Yesca	0,0000	0,1495	0,2080

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

### Servicios

Según se puede observar en la tabla 97 Magdalena y Tequila son los municipios con mayor especialización en servicios. El primero de ellos mostró una pérdida de especialización a lo largo del periodo mientras que Tequila mostró un ligero crecimiento. Para el año 2000, en términos generales ninguno de los municipios tenía una especialización en servicios de importancia para Jalisco y Nayarit ya que ninguno de ellos tenía un cociente superior a 0,5.

<b>Tabla 97. Variaciones en los niveles de especialización económica en servicios a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup>.</b>			
	<b>Servicios <sup>2</sup></b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,4658	0,5805	0,3552
Hostotipaquillo	0,3383	0,0028	0,3688
Magdalena	0,5111	0,8668	0,4980
Tequila	0,4432	0,7001	0,4591
La Yesca	0,1122	0,2994	0,3260

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>2</sup> Para el año de 1990 se sumaron los rubros que aparecen en el Censo como: Servicios financieros, servicios comunales y sociales, servicios profesionales y técnicos, servicios de restaurantes y hotelería y servicios personales y mantenimiento. Para el año 2000 se sumaron los rubros que aparecen en el Censo como: Servicios financieros y de seguros, servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes inmuebles, servicios profesionales, servicios de apoyo a los negocios, servicios educativos, servicios de salud y asistencia social, servicios de esparcimiento y culturales, servicios de hoteles y restaurantes y otros servicios excepto gobierno.

<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

### Actividades de gobierno.

Con la acepción de Hostotipaquillo, todos los municipios observaron una medida de especialización en estas actividades. El cambio registrado en dicho municipio se puede deber a que hubo una disminución más rápida del empleo en otras actividades pero no en las de gobierno. En la tabla 98 se observa que para el año 2000 los municipios con cocientes más altos, aunque inferiores a 1, son Hostotipaquillo, La Yesca y Magdalena.

<b>Tabla 98. Variaciones en los niveles de especialización económica en actividades de gobierno a nivel municipal en el contexto macroregional<sup>3</sup>.</b>			
	<b>Actividades de Gobierno</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,6201	0,6201	0,4560
Hostotipaquillo	0,0042	0,0042	0,9663
Magdalena	0,7411	0,7411	0,5133
Tequila	0,6937	0,6937	0,4974
La Yesca	0,6982	0,6982	0,6079

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>3</sup> La Macroregión es igual a la suma de Jalisco y Nayarit.

#### IV.2.3.1.2.3.2 Especialización en el Contexto de la Área de Estudio

En esta sección se presentan los resultados de la comparación de la especialización de los municipios en comparación con lo observado en la Área de estudio. Este indicador refleja con mayor detalle la dinámica económica intraregional que se registró en la área y por lo tanto es un mejor referente para observar los cambios que puede tener el PH La Yesca en la zona de estudio.

## Agricultura, Ganadería y Caza.

El cociente de especialización de este sector a nivel microregional muestra cuales son los municipios que tienen una economía más dependiente del sector agropecuario. En este caso esa condición corresponde a los municipios de Hostotipaquillo y la Yesca, en la tabla 99 ambos municipios tuvieron a lo largo del periodo cocientes mayores de uno. Para el Año 2000, el municipio de Amatitán registraba también un cociente superior a 1 mientras que los municipios de Tequila y Magdalena se mantuvieron como los únicos dos municipios de la área que no tienen una especialización económica en esta actividad.

<b>Tabla 99. Variaciones en los niveles de especialización económica en agricultura a nivel municipal en el contexto del área de estudio sociopolítica <sup>1</sup></b>			
	<b>Agricultura ganadería, caza y pesca</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,98	1,14	1,12
Hostotipaquillo	1,11	1,51	1,62
Magdalena	0,88	0,76	0,72
Tequila	0,89	0,72	0,76
La Yesca	1,32	1,65	1,93

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

## Minería.

En la tabla 100 se observa que Magdalena es el único municipio de la área que muestra de manera consistente una especialización intraregional en minería. A lo largo del periodo mantuvo en forma consistente un cociente de especialización elevado (entre 1,71 y 2,34). El otro municipio que ha registrado cocientes superiores a 1 es Hostotipaquillo, pero eso ocurrió solo en 1970 y 2000, lo cual sugiere que hay incorporación temporal de trabajadores en ese sector.

<b>Tabla 100. Variaciones en los niveles de especialización económica en minería a nivel municipal en el contexto de la Área de estudio<sup>1</sup>.</b>			
	<b>Minería</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,37	0,03	0,00
Hostotipaquillo	2,46	0,68	1,49
Magdalena	2,31	1,71	2,34
Tequila	0,24	1,07	0,81
La Yesca	0,04	0,99	0,24

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.



### Industria manufacturera.

Al interior de la área el municipio con mayor especialización en la industria manufacturera es el de Tequila, sus cocientes fueron mayores de uno en los tres periodos estudiados. En la tabla 101 se puede ver que en la área se empieza a conformar un corredor manufacturero formado por el eje Amatitán-Tequila-Magdalena ya que en el año 2000, Amatitán registró un nivel de especialización superior a 1 y Magdalena alcanzo su cociente más alto del periodo el cual fue muy cercano a 1.

<b>Tabla 101. Variaciones en los niveles de especialización económica en la industria manufacturera a nivel municipal en el contexto del área de estudio sociopolítica<sup>1</sup></b>			
	<b>Industria Manufacturera</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,95	1,34	1,33
Hostotipaquillo	0,46	0,41	0,40
Magdalena	0,64	0,69	0,95
Tequila	1,84	1,41	1,15
La Yesca	0,10	0,31	0,43

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca

### Electricidad y agua.

En la tabla 102, se muestra que el municipio con especialización en esta rama de actividad es Amatitán. El cociente ha mostrado una tendencia hacia la baja ya que en 1970 era de 4,96 y en el año 2000 era solo de 1,34. Esta perdida de especialización intraregional se explica por el crecimiento que ha tenido el municipio de Tequila que inició el periodo con un cociente de 0,46 y terminó con uno de 1,49.

<b>Tabla 102. Variaciones en los niveles de especialización económica en electricidad y agua a nivel municipal en el contexto del área de estudio sociopolítica<sup>1</sup></b>			
	<b>Electricidad y Agua</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	4,96	1,28	1,34
Hostotipaquillo	0,31	0,30	0,12
Magdalena	0,35	0,93	0,44
Tequila	0,46	1,40	1,49
La Yesca	0,00	0,14	0,23

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.  
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

## Construcción

Se identifica un patrón claro de especialización en esta actividad a lo largo del tiempo con los municipios de Tequila y Magdalena registrando cocientes superiores a uno en las tres décadas estudiadas. Los demás municipios presentan movimientos irregulares ya que todos registraron por lo menos una vez un cociente superior a uno. Amatitán lo registró en 1970, Hostotipaquillo en 1990 y La Yesca en 2000 (tabla 103) Estos resultados son en cierta forma esperados ya que el sector de la construcción suele tener ciclos muy marcados de expansión y contracción si no se presenta un ritmo decrecimiento continuo de la economía de una región.

<b>Tabla 103. Variaciones en los niveles de especialización económica en construcción a nivel municipal en el contexto del área de estudio sociopolítica <sup>1</sup>.</b>			
	<b>Construcción</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	1,28	0,86	0,96
Hostotipaquillo	0,55	1,07	0,79
Magdalena	1,38	1,12	1,10
Tequila	1,19	1,08	1,00
La Yesca	0,35	0,69	1,01

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

## Comercio

En la área las actividades de comercio han estado claramente concentradas en los municipios de Tequila y Magdalena los cuales han registrado en forma consistente los coeficientes de localización más alto. En la tabla 104 se puede observar que, aunque leve, se observa una tendencia hacia la concentración de actividades comerciales en Tequila que a diferencia de lo que ha ocurrido en Magdalena, tiene cocientes de localización a la alza. Es probable que esta tendencia esté relacionada con el surgimiento paulatino de Tequila como destino de visitas guiadas para observar la producción de las empresas tequileras.

<b>Tabla 104. Variaciones en los niveles de especialización económica en comercio a nivel municipal en el contexto del área de estudio sociopolítica <sup>1</sup>.</b>			
	<b>Comercio</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,69	0,57	0,69
Hostotipaquillo	0,72	0,48	0,75
Magdalena	1,78	1,32	1,20
Tequila	1,13	1,37	1,16
La Yesca	0,36	0,28	0,56
Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.			
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.			

### Transporte y comunicación

En esta actividad se repite el patrón observado para otras actividades de comercio y servicios. Una vez más Tequila y Magdalena son los municipios que muestran cierta especialización en esta actividad con cocientes superiores a uno, y solo en 1970 se registró en Amatitán un cociente similar (tabla 105).

<b>Tabla 105. Variaciones en los niveles de especialización económica en transporte y comunicación a nivel municipal en el contexto del área de estudio sociopolítica <sup>1</sup>.</b>			
	<b>Transporte y Comunicación</b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	1,07	0,66	0,64
Hostotipaquillo	0,96	0,77	0,84
Magdalena	1,20	1,89	1,23
Tequila	1,30	1,00	1,19
La Yesca	0,00	0,20	0,42
Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.			
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca			

## Servicios

En la tabla 106 se puede observar que los municipios que tienen cierta especialización en este sector son Magdalena y Tequila lo cual es consistente con los resultados obtenidos en otras actividades y con el patrón general de transformación económica que se observa en la área. Un dato interesante para la evaluación de los impactos que tendrá el proyecto hidrológico es que La Yesca es el municipio con los cocientes de especialización más bajos en servicios. Este es un dato interesante porque sugiere que en ese municipio son muy pocos los trabajadores en el sector lo que da lugar a un peso relativo muy bajo del mismo, de manera que la creación de mas empleos en este sector asociados al desarrollo del proyecto tendrá impactos significativos.

<b>Tabla 106. Variaciones en los niveles de especialización económica en servicios a nivel municipal en el contexto del área de estudio sociopolítica<sup>1</sup>.</b>			
	<b>Servicios<sup>2</sup></b>		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	1,19	0,93	0,81
Hostotipaquillo	0,86	0,48	0,73
Magdalena	1,30	1,39	1,19
Tequila	1,13	1,13	1,11
La Yesca	0,29	0,48	0,62

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>2</sup> Para el año de 1990 se sumaron los rubros que aparecen en el Censo como: Servicios financieros, servicios comunales y sociales, servicios profesionales y técnicos, servicios de restaurantes y hotelería y servicios personales y mantenimiento. Para el año 2000 se sumaron los rubros que aparecen en el Censo como: Servicios financieros y de seguros, servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes inmuebles, servicios profesionales, servicios de apoyo a los negocios, servicios educativos, servicios de salud y asistencia social, servicios de esparcimiento y culturales, servicios de hoteles y restaurantes y otros servicios excepto gobierno.

<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca

## Actividades de gobierno.

En esta actividad Amatitán es el único municipio que nunca ha registrado un cociente superior a uno en el periodo estudiado. En cambio Magdalena registró un cociente que refleja especialización regional en los tres periodos estudiados. Estos datos se deben tomar con cierto cuidado ya que un cociente de especialización en Gobierno en este tipo de municipios revela por una parte que algún municipio ha funcionado como base o destacamento de funcionarios públicos pero también que el gobierno municipal es uno de los empleadores más importantes, lo que eleva su cociente al comparar el numero de empleados de gobierno con el resto de los que trabajan en otras actividades (tabla 107).

<b>Tabla 107. Variaciones en los niveles de especialización económica en actividades de gobierno a nivel municipal en el contexto del área de estudio sociopolítica<sup>1</sup>.</b>			
	Actividades de Gobierno		
	Cociente de Localización 1970	Cociente de Localización 1990	Cociente de Localización 2000
Amatitán	0,85	0,93	0,85
Hostotipaquillo	0,86	0,67	1,56
Magdalena	1,33	1,11	1,00
Tequila	0,82	1,04	0,98
La Yesca	1,35	1,04	0,95

Fuente: INEGI, IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca

En suma, los resultados presentados arriba arrojan dos tendencias generales en cuanto a especialización económica. Por un lado están los municipios de La Yesca y Hostotipaquillo, los cuales se especializan en actividades básicas y esporádicamente han registrado una mayor especialización en alguna actividad de otro tipo. En el otro extremo, se encuentran Tequila y Magdalena como los municipios de la área que han mostrado cierto crecimiento de actividades manufactureras y de servicio. Amatitán se ha venido sumando a estos dos últimos municipios para constituir un corredor comercial y de servicios para toda la área.

Estos resultados muestran por lo tanto que los municipios de la Yesca y Hostotipaquillo serán los municipios cuya economía serán las mas relacionadas por la construcción de el PH La Yesca, ya que además de ser los que están más cerca del proyecto, son los que presentan economías mas frágiles.

### **Ingresos y egresos**

En esta sección se analizan las condiciones observadas en los municipios estudiados respecto a los niveles de ingreso. Esta es una variable importante para la evaluación del impacto económico y social que tendrá el proyecto la Yesca en la medida que la generación temporal de empleos permanentes puede inducir cambios en las estructuras de los niveles de ingreso de los municipios. Este impacto favorecerá a los municipios que en este caso, se encuentran más cercanos del proyecto.

### **Niveles de ingreso en la área**

En términos generales, los empleos que existen en la área son de bajos ingresos. Si se comparan los resultados observados en los tres periodos estudiados se observa que ha habido una disminución sostenida en la proporción de población con ingresos inferiores a un salario mínimo, pero esa recuperación es relativa ya que como se sabe el salario mínimo ha perdido una gran parte de su poder de compra en las ultimas décadas. En la Tabla

108 se puede ver que la proporción de población con ingresos de un salario mínimo o menos bajo de 81 % que registraba en 1970 (suma de tres primeras columnas) a un 11 % para el año 2000. Esa disminución se reflejó en un engrosamiento del sector de población que gana de uno a cinco salarios mínimos. En la Tabla mencionado se aprecia que ese segmento pasó de representar el 9 % al principio del periodo estudiado (1970), para llegar a ser del 51 % en 1990 y del 61 % en el 2000.

Esta es una recuperación importante que seguramente tiene que ver con la pérdida relativa de la importancia del sector agropecuario y el surgimiento del sector secundario y terciario como las principales fuentes de empleo en la área. Un aspecto que llama la atención es que el segmento de más alto ingreso no registró mayores cambios durante el periodo estudiado. Comparados con los cambios observados en el sector de ingresos medios, los que se observaron en el de ingresos altos son insignificantes. Para el año 2000, la proporción de la PEA que recibía cinco salarios mínimos o más, era apenas del 6 %, dos puntos más que en la década anterior.

<b>Tabla 108. Porcentaje de PEA en del área de estudio sociopolítica según nivel de ingresos (1970-2000).</b>									
	Total PEA	Hasta un 50% de un salario mínimo	De más del 50%, hasta menos de un salario mínimo	De un salario mínimo	De más de 1 hasta 2 salarios mínimos	De más de 2 hasta menos de 3 salarios mínimos	De 3 hasta 5 salarios mínimos	De más de 5 hasta 10 salarios mínimos	De más de 10 salarios mínimos
<b>1970</b>									
% de PEA en cada nivel de ingreso en Área de estudio <sup>1</sup>	15 334	10,3%	34,2%	36,7%	4,7%	2,1%	1,1%	0,2%	0,2%
<b>1990</b>									
% de PEA en cada nivel de ingreso en Área de estudio <sup>1</sup>	17 382	7,4%	8,3%	0,2%	29,2%	14,8%	6,7%	2,8%	1,4%
<b>2000</b>									
% de PEA en cada nivel de ingreso en Área de estudio <sup>1</sup>	25 417	3,5%	7,4%	0,0%	28,2%	21,1%	12,4%	4,4%	1,9%
FUENTE: Elaboración propia con base en datos de INEGI; IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.									
<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca .									

#### IV.2.3.1.2.3.3 Variaciones Municipales en el Nivel de Ingreso

Las variaciones observadas a nivel municipal arrojan información interesante sobre las condiciones del empleo observadas en la Área de estudio sociopolítica. En este caso vale la pena destacar el comportamiento observado tanto en La Yesca como en Hostotipaquillo que son los municipios que pueden resentir los impactos económicos más fuertes. En el caso de Hostotipaquillo se observa que el porcentaje de población de ingresos de hasta un salario mínimo disminuyó a lo largo del periodo pasando del 19,1 % al 10,6 %. En cambio el municipio de la Yesca terminó el periodo con un porcentaje similar al observado en 1970 aunque en el 90 dicho porcentaje casi se duplicó. No obstante, estos datos revelan que en ambos municipios todavía hay una gran proporción de la población que recibe bajos ingresos.

Más aún, en ambos municipios la proporción de población con ingresos de cinco o más salarios mínimos ni siquiera fue del 7 % en el año 2000 y en el caso de Hostotipaquillo apenas fue del 2,5. % (tabla 109).

En términos generales los municipios con una mayor proporción de población ganado ingresos superiores a cinco salarios mínimos son Magdalena y Tequila. Este último municipio tenía en el 2000 más de la mitad de la población económicamente activa con ese nivel de ingresos lo cual es consistente con la primacía económica que ha representado el municipio en la área.

**Tabla 109. Porcentaje de PEA municipal según nivel de ingresos con respecto al área de estudio sociopolítica<sup>1</sup>.**

	1970			1990			2000		
	Total de PEA que:			Total de PEA que:			Total de PEA que:		
	Recibe hasta un salario mínimo o menos	Recibe más de 1 hasta 5 salarios mínimos	Recibe de 5 salarios mínimos en adelante	Recibe hasta un salario mínimo o menos	Recibe más de 1 hasta 5 salarios mínimos	Recibe de 5 salarios mínimos en adelante	Recibe hasta un salario mínimo o menos	Recibe más de 1 hasta 5 salarios mínimos	Recibe de 5 salarios mínimos en adelante
PEA (%)	PEA (%)	PEA (%)	PEA (%)	PEA (%)	PEA (%)	PEA (%)	PEA (%)	PEA (%)	
Área de estudio <sup>1</sup>	12 446	3179	71	2 765	8 818	737	2 782	15 686	1 598
Amatitán	14,6%	16,7%	18,3%	14,1%	16,7%	14,5%	8,9%	17,1%	17,2%
Hostotipaquillo	19,1%	10,7%	11,3%	8,0%	6,4%	4,6%	10,6%	5,7%	2,5%
Magdalena	17,7%	25,7%	28,2%	20,0%	26,5%	23,2%	26,6%	23,2%	18,5%
Tequila	36,5%	41,8%	33,8%	36,6%	43,0%	42,5%	41,7%	47,6%	55,9%
La Yesca	12,0%	5,1%	8,5%	21,2%	7,5%	15,2%	12,3%	6,4%	5,9%

FUENTE: Elaboración propia con base en datos de INEGI; IX Censo General de Población 1970, XI Censo General de Población y Vivienda 1990, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

<sup>1</sup> El Área de estudio sociopolítica esta integrada por los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca.

#### IV.2.3.1.2.4 Índice de Potencial Económico.

Tomando en cuenta que la área está formada por municipios con una fuerte dependencia de las actividades agropecuarias pero que están relativamente cerca de la ciudad de Guadalajara se tomaron diversas variables que de acuerdo a las teorías de localización de empresas son factores clave para estimular la generación de empleos bien remunerados. Debido que la área comprende únicamente cinco municipios se decidió utilizar moderadores simples para estimar un índice agregado de potencial de desarrollo. Para el calculo del índice solo se tomaron en cuenta los valores de las variables seleccionadas en el para el año 2000. Las ponderaciones y las variables usadas en la construcción del Índice de Potencial son las siguientes.

**Distancia a Guadalajara:** La Zona Metropolitana de Guadalajara es el principal centro urbano, industrial y comercial en el Occidente de México. Su dinamismo tiene impactos en una vasta región y sobretodo en los municipios que están cercanos a ella. En los últimos años el proceso de urbanización empieza a afectar directamente a los municipios ubicados a una distancia aproximada de 50 kilómetros como son: Chapala o Zapotlanejo. En la zona estudiada el impacto de la urbanización ya se empieza a observar en Amatitán y en menor medida en Tequila. Tomando en cuenta que este es un factor que puede atraer inversión a la zona se tomo en cuenta la distancia a Guadalajara como primer indicador para el cálculo del potencial económico. La ponderación usada fue una simple comparación de las distancias entre la cabecera municipal y la Zona Metropolitana de Guadalajara dando el valor más alto al municipio más cercano. Esta ponderación es consistente con las teorías de movimiento gravitacional y fricción del espacio que sugiere que la interacción económica entre dos localidades es mayor a menor distancia y que tiende a ocurrir atraída por la localidad más importante, que en este caso es la Zona Metropolitana de Guadalajara.

**Empleos bien pagados:** Las teorías de desarrollo económico indican que la existencia de empleos bien remunerados generan a la larga circuitos virtuosos de desarrollo económico pues contribuyen al ahorro y la inversión, creando condiciones para seguir acumulando capital humano que es considerado crucial en el crecimiento económico de una región. En este caso, por tratarse de una región sin un fuerte desarrollo industrial o de servicios avanzados al productor se tienen niveles de ingreso relativamente bajos. Por esta razón. Con el afán de perder de vista la importancia que tiene esta variable para el desarrollo económico se decidió considerar como empleos bien pagados a las personas que ganan 3 o más salarios mínimos. Para la construcción del índice, se utilizó como valor absoluto el porcentaje de personas ocupadas que tenían ese nivel de ingresos.

**Nivel de educación y oferta educativa:** Las teorías más recientes de desarrollo económico<sup>6</sup> señalan al capital humano como el principal activo para el desarrollo de una región, sobre todo si está expuesta a procesos de apertura económica y reestructuración productiva. Según esta perspectiva una mayor calificación de la fuerza de trabajo es una condición indispensable para crear en dicha región empleos bien remunerados. Tomando en cuenta estas teorías que han sido demostradas con amplitud en diversos contextos, en este estudio se incluyeron dos variables como variables aproximadas del capital humano en los municipios. La primera variable se refiere al nivel de educación medido en porcentaje de población de 15 años y más que tienen educación secundaria completa. En la construcción del índice se utilizó el porcentaje como valor absoluto. La segunda variable usada es la del número de escuelas de bachillerato y escuelas técnicas. Para la ponderación se uso simplemente el número de escuelas disponibles en cada municipio.

**Importancia de sectores dinámicos:** La inclusión de esta variable se basa en el supuesto de la teoría de base exportación que sugiere que son los sectores dinámicos y con capacidad de exportación los que son responsables del desarrollo económico. Para este fin se sumaron los

<sup>6</sup> Sánchez Bernal, Antonio (comp.) (2001) *La ruta del cambio institucional. Ensayos sobre desarrollo local*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.



empleos de sectores que teóricamente son impulsores de crecimiento económico y se estimó un cociente de localización para este tipo de actividades en cada municipio en comparación con lo observado en la región formada por Jalisco y Nayarit. El cociente obtenido se multiplicó a fin de tener datos comparados a los porcentajes usados en las otras variables y se usó el valor absoluto obtenido mediante dicho cálculo.

**Buena infraestructura:** A nivel general se estima que hay una relación directa entre la calidad de infraestructura que se tienen en una región o país y su dinámica económica. Algunos estudios recientes han criticado este enfoque sugiriendo que es necesario considerar otros factores como capital social y aspectos institucionales, sin embargo la infraestructura sigue siendo un factor importante para el crecimiento económico. Tomando en cuenta lo anterior se hizo una jerarquización de las condiciones de infraestructura observadas en cada municipio dando un valor de cinco para el valor más alto de cada tipo de infraestructura. Este es un dato que puede tener ciertos problemas ya que se da el mismo peso a infraestructuras que tienen un impacto diferenciado en el desarrollo económico, sin embargo dado que solo se trata de cinco municipios que tienen muchas características afines se estimó que el sesgo sería mínimo. Además, algunos de esos sesgos se eliminan al incluir la variable distancia a Guadalajara. Las infraestructuras seleccionadas fueron: Kilómetros de carretera troncal, federal (pavimentada), kilómetros de caminos rurales revestidos, disponibilidad de ferrocarril (en este caso, solo se dió un valor 1 a los municipios que contaban con vías en su territorio y 0 si no era así); y longitud de pistas aéreas disponibles. Una vez que se ponderaron estas infraestructuras se sumaron los datos y el resultado fue tomado como medida agregada de la calidad de la infraestructura y el dato obtenido se utilizó en el cálculo del índice.

**Gobierno eficiente:** La existencia de gobiernos eficientes ha ganado terreno en la literatura especializada como una variable clave para estimular el desarrollo económico. Aunque los resultados obtenidos para probar esta hipótesis todavía no arrojan suficientes evidencias como para asegurar que hay una clara relación entre ambas directa entre ambas cosas, se han encontrado algunas evidencias que sugieren la existencia de dicha relación. Para este indicador se utilizaron los resultados obtenidos en un estudio sobre eficiencia de gobierno en el que se evaluó la eficiencia de los gobiernos municipales en todo México. Se utilizó el índice obtenido para los municipios de la área y el dato en absoluto fue usado en el cálculo del índice de potencial de desarrollo económico.

#### **IV.2.3.1.2.4.1 Potencial de Desarrollo Económico por Municipio**

Los resultados obtenidos con el procedimiento usado se muestran en la tabla 110, y se observa que el municipio con más potencial de desarrollo es Tequila, seguido por Magdalena, Amatitán, Hosotitpaquillo, y al último se encuentra La Yesca. De acuerdo con el método utilizado el Municipio de tequila tiene un potencial 70 % más alto de desarrollo que La Yesca ya que hay una distancia de casi 40 puntos entre un municipio y otro.

<b>Tabla 110. Importancia de sectores dinámicos. Índice de potencial económico.</b>								
	Distancia a Guadalajara	Empleos bien pagados <sup>1</sup>	Cociente de Localización del Sector Impulsor de Crecimiento <sup>3</sup>	Nivel de educación <sup>2</sup>	Oferta educativa técnica*	Buena infraestructura <sup>a</sup>	Gobierno eficiente <sup>o</sup>	<b>Índice de Potencial Económico</b>
Amatitán	5	20,65%	48,19	17,23%	0	6	50,96	<b>110,53</b>
Hostotipa-quillo	2	8,55%	34,45	13,41%	0	9	48,59	<b>94,26</b>
Magdalena	3	15,08%	51,67	18,97%	1	5	55,32	<b>116,33</b>
Tequila	4	23,75%	53,07	17,92%	3	8	54,35	<b>122,84</b>
La Yesca	1	9,49%	30,60	10,89%	2	6	46,32	<b>86,13</b>

Fuentes: Cálculos y elaboración propia con base en el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y a datos de la Secretaría de Educación Pública publicados en: [www.sep.gob.mx](http://www.sep.gob.mx)

<sup>1</sup> Es igual al porcentaje de población con respecto a la PEA que gana 3 salarios mínimos y más.

<sup>2</sup> Es igual al porcentaje de población de 15 años y más con secundaria completa.

<sup>3</sup> El Sector Impulsor de Crecimiento es la suma de la población ocupada en los siguientes sectores: Industria manufacturera, Electricidad y Agua, Comercio, Transportes y comunicación y todo tipo de Servicios. Para calcular el C.L. se tomo como referencia el nivel municipal con respecto a la Macroregión (Jalisco y Nayarit). Después se multiplico el resultado por 100 para aumentar su peso en el Índice de Potencial Económico dada su importancia para éste cálculo.

\* Oferta educativa técnica es igual al número de bachilleratos y escuelas técnicas en el municipio.

<sup>a</sup> La cifra para la Buena Infraestructura es el resultado de una ponderación simple que se realizó tomando en cuenta la posición relativa de un municipio con respecto a los otros en cuanto a los kilómetros de carretera pavimentada y de caminos rurales con que cuenta, los metros de longitud de pistas aéreas y si tiene acceso o no a vías ferreas.

<sup>o</sup> El indicador de Gobierno eficiente es un indicador que mide el desempeño de los gobiernos municipales. Se ha calculado para todos los municipios del país y esta publicado en: <http://ineser.cucea.udg.mx/RIMjalisco/LinSecundaria/menuindices.htm>

Estos datos demuestran una vez más que en la área los municipios de Hostotipaquillo y La Yesca se están quedando fuera de la tendencia de consolidación de un eje del eje de desarrollo Amatitán-Tequila-Magdalena.

En este contexto los impactos positivos de la presa La Yesca pueden tener tres consecuencias favorables para el potencial de desarrollo económico de la área:

- El primero y más urgente es la disminución de las desigualdades que se observan al interior de la área mediante la creación de oportunidades en los municipios de Hostotipaquillo y La Yesca.
- El segundo es el mejoramiento de la infraestructura en todos los municipios y el fortalecimiento de las habilidades técnicas de la fuerza de trabajo.
- El tercero y más general es la consolidación de la formación de un eje de desarrollo regional en el corredor Amatitán-Tequila- Magdalena con importantes ramificaciones hacia la zona de La Yesca.

### IV.2.3.1.3 *Dinámica Sociocultural, Área de Estudio*

#### IV.2.3.1.3.1 **Condiciones de vida**

##### IV.2.3.1.3.1.1 **Educación**

A pesar de las políticas educativas para fomentar el estudio en los niveles de educación básica, el nivel educativo en los cinco municipios que conforman la área la Yesca es bajo y aún no logra abatir el rezago en esta materia. Aunque hay que reconocer que ha habido una mejoría sustancial en cuanto a la reducción en el número de personas analfabetas en la área desde 1970 al 2000, donde en algunos casos se logró reducir el analfabetismo hasta en casi dos veces, al pasar de rangos entre el 30 y el 11,9 % como es el caso del municipio de Amatitán, este índice sigue siendo alto y presenta niveles preocupantes de analfabetismo en los municipios más marginados de la área como son los municipios de La Yesca y Hostotipaquillo que no han podido salir del atraso educacional que ya tenían en los setenta con índices de analfabetismo del 30 %, mismos que sólo han logrado reducirse en once puntos porcentuales, en ambos casos (tabla 101).

**Tabla 101. Población analfabeta según grupos quinquenales de edad, área de estudio sociopolítica, 1970-2000.**

Área de estudio	1970		1980		1990		2000	
Grupos quinquenales de edad	% analfabeta		% analfabeta		% analfabeta		% analfabeta	
15-19 años	17,85		7,32		3,42		1,90	
20 - 24 años	13,66		10,98		4,06		3,72	
25 - 29 años	0,00		14,30		6,21		3,25	
30 - 34 años	20,49		17,95		8,54		4,74	
35 - 39 años	0,00		19,50		12,52		6,91	
40 - 44 años	32,76		23,38		14,66		8,25	
45 - 49 años	0,00		28,40		19,74		12,71	
50 - 54 años	0,00		30,63		22,47		16,18	
55 - 59 años	0,00		30,83		28,20		19,17	
60 - 64 años	0,00		36,73		31,88		22,65	
65 y más años	0,00		44,24		37,20		35,11	
Población analfabeta total y porcentaje	6981	22,50	7142	19,93	5549	13,35	5106	9,639

Fuente: Secretaría de Industria y Comercio. IX Censo de Población y Vivienda, 1970; INEGI. X Censo de Población y Vivienda, 1980; XI Censo de Población y Vivienda, 1990 y XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

En la área de estudio del medio socioeconómico, el analfabetismo es más alto entre el grupo de mujeres, 54,59%, pero son los municipios de La Yesca, Magdalena y Amatitán los que tienen los porcentajes más altos de mujeres analfabetas (tabla 102).

Municipio	Población total	Población analfabeta	% Analfabeta	% Hombres	% Mujeres	% No especificado
Amatitán	5 969	713	11,95	43,48	56,52	0,25
Hostotipaquillo	4 718	873	18,50	50,97	49,03	0,15
Magdalena	8 803	803	9,12	43,46	56,54	0,15
Tequila	16 387	1 910	11,66	46,39	53,61	0,18
La Yesca	7 190	1 325	18,43	42,57	57,43	0,04
<b>Total regional</b>	<b>43 067</b>	<b>5 624</b>	<b>13,06</b>	<b>45,41</b>	<b>54,59</b>	<b>1,19</b>

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

El nivel de estudios de la población de 5 años y más en los cinco municipios que conforman la área de estudio es bajo. La población entre 5 y 18 años que no asiste a la escuela está en el rango de 8,2 y 13,1 %, con una fuerte concentración en el grupo de 5-9 años. Tal vez esto se deba a que en la mayoría de los municipios de la área las familias de campesinos no acostumbran enviar a los niños a preescolar, lo cual podría combinarse con una alta deserción escolar a edades muy jóvenes.

Los cinco municipios presentan un promedio de escolaridad que oscila entre el 4,4 y el 7,5; en comparación, el promedio estatal es de 8.2. El municipio de La Yesca tiene el promedio más bajos de educación, seguido por el municipio de Hostotipaquillo (tabla 103)

Municipio	Promedio de escolaridad
Amatitán	7,2
Hostotipaquillo	4,4
Magdalena	7,5
Tequila	7,5
La Yesca	5,7

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

La población sin instrucción en los cinco municipios de la área de estudio oscila entre 13 y 20 %. Son los municipios de La Yesca y Hostotipaquillo los que tienen los niveles más altos de población sin instrucción, 16,9 y 20,7 %, respectivamente.

Entre el 17 y 22 % de la población de cinco años y más que habita en estos municipios tiene la educación primaria completa. El municipio con el índice más bajo de primaria completa es La Yesca, 17 %. A esto se suma el hecho de que una gran mayoría de la población no sigue estudiando después de la primaria, así, por ejemplo, el porcentaje de población sin educación posprimaria está entre el 58 y 77 %.

Entre la población de 12 años y más, sólo entre el 9 y 17 % tiene secundaria terminada. Este porcentaje disminuye drásticamente cuando se llega a la educación preparatoria completa donde el rango oscila entre 1,8 y 7,1 %. En ambos casos, La Yesca y Hostotipaquillo tienen los niveles más bajos de población con secundaria (9,6 y 12,4 % respectivamente) y preparatoria terminada (1,8 y 3 % respectivamente).

Nivel de estudios	Amatitán	%	Hostotipa- quillo	%	Magdalena	%	Tequila	%	La yesca	%
Sin instrucción	1 497	13,76	641	16,92	2 135	13,53	4 233	13,90	2 275	20,71
1-5 grado de primaria	3 639	33,45	1538	40,59	5 389	34,14	9 805	32,20	4 964	45,18
Primaria completa	2 255	20,73	845	22,30	3 198	20,26	6 288	20,65	1 869	17,01
Sin instrucción posprimaria	5 223	60,27	4 363	73,40	7 397	59,19	14 028	58,39	6 432	77,67
1-2 grado de secundaria o estudios técnicos o comerciales	674	7,78	467	7,86	1 079	8,68	1 955	8,14	617	7,45
Secundaria o nivel técnico, comercial completo	1 384	15,97	739	12,43	2 139	17,21	3 940	16,40	796	9,61
Sin instrucción media superior	6 222	79,36	4 775	89,65	8 837	79,87	16 784	77,87	6 444	89,62
1-2 preparatoria incompleta	399		112		515		1 078		122	
Preparatoria completa	528	6,73	160	3,00	739	6,68	1 548	7,18	135	1,88
1-3 grados de normal básica	9		4		16		5		0	
Normal básica terminada	15		6		25		26		11	
Sin instrucción superior	6 637	94,06	4 692	98,16	9 261	94,80	17 866	92,77	6 125	97,41
1-3 grados de instrucción superior	112		18		150		371		22	
Con instrucción superior concluida	191		26		243		616		69	
Maestría y Doctorado	27		7		23		79		8	

Para nivel de secundaria el tamaño de población es de 12 años y más. El porcentaje de representación se mide en estos términos  
 Preparatoria completa incluye estudios técnicos en el mismo nivel (después de secundaria). Se considera como preparatoria completa desde 3 años terminados en adelante.  
 El porcentaje de población sin instrucción superior está calculado en base a la población de 18 años y más.  
 Sin instrucción media superior se calculó para población de 16 años y más.  
 El porcentaje de Sin instrucción posprimaria se calculó sobre la población de 12 años y más.  
 Fuente: INEGI. *XII Censo de Población y Vivienda, 2000.*

Los niveles de estudio que se logran cursar en la educación técnica o comercial se concentran principalmente en dos áreas: administrativa y comunicación y la industrial y tecnológica. El área de salud representa una tercera opción en los municipios de Tequila y Magdalena, mientras que en Amatitán es el área agropecuaria. (tabla 105)

**Tabla 105. Áreas de estudio en educación técnica o comercial, área de estudio sociopolítica, 2000.**

Áreas de educación	Total Área	Hombres	Mujeres	Porcentaje del área de estudio
Agropecuaria	12	11	1	1,71
Salud	46	5	41	6,56
Ambiental o química	12	7	5	1,71
Administrativas y comunicación	441	55	386	62,91
Educación artística e idiomas	13	3	10	1,85
Industrial y tecnológica	120	92	28	17,12
Servicios de belleza	10		10	1,43
No especificado	47	23	24	6,70
<b>Total regional</b>	<b>701</b>	<b>196</b>	<b>505</b>	<b>100</b>

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000

La educación superior es un bien escaso entre la población de 18 años y más de los cinco municipios de la área de estudio. La población de los cinco municipios que ha cursado algún grado de educación superior oscila entre 1,9 y 7,3 %. Los municipios más urbanos, Tequila y Amatitán, son los que tienen los porcentajes más altos de población con educación superior (7,3 y 6 % de manera respectiva).

El nivel de postgrado es casi inexistente en los cinco municipios de la área de estudio. Del total de la población de 18 años y más, menos de medio punto porcentual tiene nivel de maestría y doctorado. Al igual que en el nivel profesional, son los municipios más grandes y los más urbanizados los que concentran el mayor número población con educación de postgrado, pero aún en estos casos, el porcentaje es bastante bajo: 0,41 % en Tequila y 0,38 % en Amatitán.

Es claro que la población que tiene educación superior y de postgrado es baja, sin embargo es importante resaltar que con respecto a la educación profesional del municipio, la licenciatura o educación equivalente tiene una participación entre el 88,3 y 94,4 % (Hostotipaquillo y Magdalena). Mientras que el postgrado tiene una participación que está entre 5,4 y 11,6 % (Magdalena y Hostotipaquillo).

La educación en licenciatura, en términos absolutos por municipio, se concentra principalmente en las áreas de educación y humanidades en todos los municipios de la área (33,72 %), siguiendo en importancia las ciencias sociales y administrativas (24,62 %).

Las áreas de educación en el postgrado (maestría y doctorado) son en ingeniería y tecnología (47,05 %) y en las áreas de educación y humanidades (22,96 %) (tabla 106).

Áreas de educación	Profesional				Maestría y doctorado			
	Total Área	Hombres	Mujeres	Porcentaje del área de estudio	Total Área	Hombres	Mujeres	Porcentaje del área de estudio
Agropecuaria	126	117	9	7,03	10	10	0	2,80
Salud	185	91	104	10,32	27	16	11	7,56
Ciencias naturales y exactas	23	10	13	1,28	4	2	2	1,12
Ciencias sociales y administrativas	441	251	190	24,62	17	13	4	4,76
Educación y humanidades	604	208	396	33,72	82	50	32	22,96
Ingeniería y tecnología	257	210	47	14,34	168	135	33	47,05
No especificado	155	127	138	8,65	49	27	22	13,72
<b>Total regional</b>	<b>1791</b>	<b>1014</b>	<b>897</b>	<b>100</b>	<b>357</b>	<b>253</b>	<b>104</b>	<b>100</b>

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

A nivel municipal destacan otras áreas, así, por ejemplo, Amatitán y La Yesca cuentan con profesionales formados principalmente en las áreas de educación y humanidades, ciencias sociales y administrativas y agropecuaria. Hostotipaquillo en educación y humanidades principalmente. Mientras que los municipios más urbanizados como Magdalena y Tequila tienen profesionales en áreas más diversas del conocimiento. Así, Magdalena tiene profesionales en las áreas de educación y humanidades, ciencias sociales y administrativas, salud, ingeniería y tecnología y agropecuaria; y, Tequila en las áreas de educación y humanidades, ciencias sociales y administrativas, ingeniería y tecnología, salud y agropecuaria.

La situación de la educación en la población joven presenta un escenario poco favorable pues carecen de bases sobre las cuales construir su propio crecimiento. En los municipios de la área la población joven sin instrucción está entre 1,8 y 7,02 %. Sólo entre el 37,81 y 23,51 % tienen primaria terminada. Y entre el 17,66 y el 37,81 % tienen secundaria o equivalente en escuela técnica completa. El tamaño de población joven con nivel de preparatoria terminada es bajo, entre 2,2 y 12,18 % (tabla 107).

	Amatitán	Hostotipaquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca
Sin instrucción	2,04	3,14	1,83	1,8	7,02
Primaria completa	27,81	37,81	23,51	25,78	29,71
Secundaria o técnica completa	24,69	23,56	30,12	25,62	17,66
Preparatoria completa	7,84	5,28	12,18	10,54	2,2

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

Entre los municipios de la área, son los municipios de La Yesca y Hostotipaquillo los que tienen los números más altos de población joven sin instrucción, 7,02 y 3,14 % respectivamente. En los cinco municipios de la área la situación de los jóvenes sin instrucción varía. Así, por ejemplo, Hostotipaquillo, Amatitán y Tequila, los niveles más altos de jóvenes sin instrucción se concentran en la población masculina, lo cual indica que las mujeres de estos municipios tienden a tener más instrucción formal que los hombres. Sin embargo, los índices más altos de mujeres sin instrucción son elevados en los municipios de La Yesca (56,80 %) y Magdalena (52,38 %). De acuerdo con los grupos de edad, los niveles más altos de población joven sin instrucción están en el grupo de edad de los jóvenes más maduros (20-24 años) y no entre el grupo de los más jóvenes (15-19 años). Esto podría ser indicativo de que las generaciones más jóvenes tienden a continuar en la ruta de la educación formal.

Nivel de estudios	Amatitán	%	Hostotipaquillo	%	Magdalena	%	Tequila	%	La yesca	%
Población joven	2 398	100	1 592	100	3 449	100	6 952	100	2 407	100
<b>Sin instrucción</b>	<b>49</b>	<b>2,04</b>	<b>50</b>	<b>3,14</b>	<b>63</b>	<b>1,83</b>	<b>125</b>	<b>1,80</b>	<b>169</b>	<b>7,02</b>
15-19 años	16	32,65	17	34,00	29	46,03	49	39,20	63	37,28
20-24 años	33	67,35	33	66,00	34	53,97	76	60,80	106	62,72
<b>1-5 grado de primaria</b>	<b>266</b>	<b>11,09</b>	<b>178</b>	<b>11,18</b>	<b>271</b>	<b>7,86</b>	<b>728</b>	<b>10,47</b>	<b>639</b>	<b>26,55</b>
15-19 años	135	50,75	73	41,01	132	48,71	322	44,23	322	50,39
20-24 años	131	49,25	105	58,99	139	51,29	406	55,77	317	49,61
<b>Primaria completa</b>	<b>667</b>	<b>27,81</b>	<b>602</b>	<b>37,81</b>	<b>811</b>	<b>23,51</b>	<b>1 792</b>	<b>25,78</b>	<b>715</b>	<b>29,71</b>
15-19 años	327	49,03	297	49,34	395	48,71	932	52,01	417	58,32
20-24 años	340	50,97	305	50,66	416	51,29	860	47,99	298	41,68
<b>1-2 grado de secundaria o estudios técnicos o comerciales</b>	<b>191</b>	<b>7,96</b>	<b>167</b>	<b>10,49</b>	<b>325</b>	<b>9,42</b>	<b>646</b>	<b>9,29</b>	<b>274</b>	<b>11,38</b>
15-19 años	145	75,92	126	75,45	254	78,15	498	77,09	217	79,20
20-24 años	46	24,08	41	24,55	71	21,85	148	22,91	57	20,80
<b>Secundaria o nivel técnico, comercial completo</b>	<b>592</b>	<b>24,69</b>	<b>375</b>	<b>23,56</b>	<b>1039</b>	<b>30,12</b>	<b>1 781</b>	<b>25,62</b>	<b>425</b>	<b>17,66</b>
15-19 años	318	53,72	229	61,07	624	60,06	967	54,30	263	61,88
20-24 años	274	46,28	146	38,93	415	39,94	814	45,70	162	38,12
<b>Sin instrucción media superior</b>	<b>1 767</b>	<b>73,69</b>	<b>1 372</b>	<b>86,18</b>	<b>2 509</b>	<b>72,75</b>	<b>5 075</b>	<b>73,00</b>	<b>2 222</b>	<b>92,31</b>
<b>1-2 preparatoria incompleta</b>	<b>272</b>	<b>11,34</b>	<b>150</b>	<b>9,42</b>	<b>411</b>	<b>11,92</b>	<b>784</b>	<b>11,28</b>	<b>90</b>	<b>3,74</b>
15-19 años	218		79		350		639		57	
20-24 años	54		18		61		145		33	
<b>Preparatoria completa</b>	<b>188</b>	<b>7,84</b>	<b>84</b>	<b>5,28</b>	<b>420</b>	<b>12,18</b>	<b>733</b>	<b>10,54</b>	<b>53</b>	<b>2,20</b>
15-19 años	53		13		169		280		9	
20-24 años	135		71		251		453		44	

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.



Después de la primaria, la población joven tiene educación principalmente de secundaria que, en los municipios más urbanizados como Tequila, puede llegar a representar la misma proporción de los jóvenes que tienen primaria terminada; sin embargo, del otro lado, puede llegar a estar catorce puntos porcentuales más abajo respecto a los niveles de primaria de los jóvenes de la área, tal es el caso de Hostotipaquillo.

Las diferencias educacionales se empiezan a marcar en el nivel de instrucción media superior. Las diferencias entre el tamaño de población joven con preparatoria concluida respecto a los que tienen nivel de secundaria, son abismales. Estas pueden ser de más de ocho veces; tal es el caso del municipio de La Yesca donde sólo el 2,2 % de la población joven tiene preparatoria terminada. En los municipios más urbanizados como Tequila y Magdalena, el tamaño de población joven con preparatoria terminada puede llegar a representar alrededor de 1,5 veces más que aquellos que tienen secundaria terminada.

De acuerdo a los grupos de edad, la instrucción de preparatoria completa se concentra entre el grupo de edad más adulta (20-24 años) y no entre los jóvenes del primer grupo (15-19 años) como cabría esperar. Al respecto, se puede pensar que los jóvenes de los cinco municipios de la área de estudio terminan la preparatoria a edades más adultas, o bien, el nivel de educación entre los jóvenes de estos cinco municipios está bajando, lo cual sería sumamente preocupante para el futuro de la área y del estado en su conjunto.

La población joven que tiene educación superior es baja para los cinco municipios. Los porcentajes en este rubro están entre el 1,33 y el 4,1 %, correspondientes a La Yesca y Tequila, respectivamente. Las diferencias entre la educación superior de hombres y mujeres jóvenes no son sustanciales aunque llama la atención que, en general, el grupo de mujeres tiende a ser más grande, en casi todos los casos, que el de los hombres.

La participación del grupo de mujeres jóvenes en el nivel educativo de instrucción superior está en el rango de 48-59 % respecto a los hombres de este grupo poblacional. Dentro de los cinco municipios destaca el hecho de que La Yesca y Hostotipaquillo, que son los municipios más marginados de la área con los niveles más bajos de educación, presentan las mayores participaciones de mujeres jóvenes con instrucción superior (58,8 y 59 % respectivamente) en comparación con los hombres.

Por otra parte, por la edad escolar, no es de extrañar que, con excepción de Hostotipaquillo, el grupo de jóvenes con instrucción superior más numeroso esté en el grupo de edad de los 20-24 años.

### IV.2.3.1.3.1.2 Servicios de Salud y Morbilidad de la Población

Los índices de derecho a servicios de salud en los cinco municipios que forman la área de estudio son muy desiguales. Así por ejemplo, el índice más alto de derecho a servicios de salud lo tiene el municipio de Amatitán, 39,5 %, siguiendo en importancia Tequila, 35,7 %, Magdalena, 26,9 %; y Hostotipaquillo, 10,8 %, y La Yesca, 5 % respecto al total de la población, con los niveles más bajos de población con servicios médicos (tabla 109)

<b>Tabla 109. Población con servicios de salud, según municipio, área de estudio sociopolítica, 2000.</b>					
Grupos de edad	Amatitán	Hostotipaquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca
	Total	Total	Total	Total	Total
0-4 años	638	98	526	1 672	108
5-9 años	651	117	539	1 584	89
10-14 años	530	82	567	1 344	61
15-19 años	417	86	625	1 170	44
20-24 años	424	68	387	1 065	52
25-29 años	448	64	313	1 100	60
30-34 años	379	71	268	912	45
35-39 años	311	48	266	775	45
40-44 años	255	39	257	626	23
45-49 años	169	42	244	549	18
50-54 años	150	43	215	470	23
55-59 años	152	33	170	368	15
60-64 años	121	44	152	310	22
65-69 años	112	25	118	239	12
70 y más años	171	74	249	484	31
No especificado	20	2	7	20	0
<b>TOTAL</b>	<b>4 948</b>	<b>936</b>	<b>4 903</b>	<b>12 688</b>	<b>648</b>
Porcentaje Derechohabientes en el municipio	39,56	10,81	26,97	35,74	5,01

Datos del año 2004, explican que el total de usuarios de servicios médicos en el municipio de La Yesca son parte de la política de asistencia social para la prestación de servicios de salud dentro de tres programas principales: IMSS<sup>7</sup>-oportunidades, SSN<sup>8</sup> y el INI<sup>9</sup> con una cobertura a usuarios de 8 206, para el primer caso y 4 424 y 97 para los otros dos.<sup>10</sup> Por otro lado, en este tipo de municipios altamente marginados, sólo se tiene acceso a unidades médicas de servicio de consulta externa; incluso, entre las unidades de SSN se incluyen una buena parte de unidades móviles (cuatro de nueve en el caso de La Yesca).<sup>11</sup> Los municipios más urbanizados recurren a los

<sup>7</sup> Instituto Mexicano del Seguro Social

<sup>8</sup> Sistema de Salud Nacional

<sup>9</sup> Instituto Nacional Indigenista

<sup>10</sup> INEGI. *Anuario Estadístico del Estado de Nayarit, 2004*, Aguascalientes, Aguascalientes, 2004.

<sup>11</sup> Ibid.

servicios de salud del DIF<sup>12</sup> local, tal es el caso de Magdalena (93 usuarios declarados en 2004)<sup>13</sup>.

Un análisis por grupos de edad permite ver que, en general, las poblaciones con menos acceso a derechos de salud son los niños, las mujeres y la población de la tercera edad. Aunque hay variaciones por municipio.

En Amatitán, los grupos más desprotegidos respecto a servicios de salud son las mujeres de los grupos de edad de 15-19 años y de 70 años y más. Mientras que los hombres tienen el nivel de desprotección más baja en el grupo de 20-24 años. En el municipio de Hostotipaquillo los grupos con el menor número de acceso a servicios de salud son los grupos de hombres y mujeres de 10-15 años y el grupo de hombres de 20-25 años. En Magdalena, los grupos de edad más desprotegidos son los hombres de 35-39 años y 25-30 años de edad; y, las mujeres en los grupos de 0-4 años y 5-9 años. En el municipio de Tequila, el problema está presente en los grupos de población de adolescentes y jóvenes tanto en hombres como en mujeres; así, por ejemplo, los grupos de edad con el menor acceso a servicios de salud entre las mujeres son los de 15-19 años y 10-14 años. Mientras que en los hombres abarca un espectro más amplio que va desde los grupos de edad de 5-9 años hasta el de 20-24 años. En La Yesca, todos los grupos de edad tienen servicios de acceso a la salud bastante bajos, podría decirse casi inexistentes; sin embargo, son los grupos de edad de hombres y mujeres adolescentes y jóvenes (10-14 y 15-19) los que más carencias tienen, además del grupo de hombres de 55-59 años.

Los servicios de salud para los habitantes con el derecho, son provistos por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Servicios de Seguridad Social para los Trabajadores del Estado (ISSSTE), PEMEX, la Defensa y Marina Nacional, y otras instituciones. El IMSS y el ISSSTE son las dos instituciones más importantes en cuanto a la prestación de servicios de salud a derechohabientes en la área. El IMSS atiende al 88 % de los derechohabientes de la área y el ISSSTE al 11,25 %. PEMEX, la Defensa y Marina Nacional, y otras instituciones tienden a tener más presencia en los municipios más urbanizados aunque su participación es muy mínima, éstas instituciones atienden al 0,23 % y 0,04 % de los derechohabientes de la área (tabla 110).

Municipio	En el IMSS	En el ISSSTE	en PEMEX, Defensa o Marina	En otra institución
Amatitán	4 644	301	6	0
Hostotipaquillo	786	139	9	0
Magdalena	3 683	1 208	24	5
Tequila	11 939	766	18	5
La Yesca	341	309	1	1
<b>Total Regional</b>	<b>21 393</b>	<b>2 723</b>	<b>58</b>	<b>11</b>

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

<sup>12</sup> Desarrollo Integral de la Familia

<sup>13</sup> INEGI. Anuario Estadístico del Estado de Jalisco, 2004, Aguascalientes, Aguascalientes, 2004

La presencia de las instituciones de salud en cuanto al a prestación del servicio es más fuerte en unos municipios que en otros. Aunque el IMSS es el más importante y cubre más del 90 % de la población derechohabiente de los municipios de Tequila y Amatitán, en la Yesca sólo atiende a 52,6 % de los derechohabientes del municipio, pues casi la mitad de los derechohabientes de ese municipio reciben prestación del servicio de salud del ISSSTE (Ver tabla 111).

**Tabla 111. Derechohabientes según las instituciones más importantes por grupos de edad, área de estudio sociopolítica, 2000.**

Grupos de edad	En el IMSS					En el ISSSTE				
	Amatitán	Hostoti paquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca	Amatitán	Hostoti paquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca
0-4 años	608	86	391	1 598	60	30	11	133	79	48
5-9 años	614	96	399	1 492	43	37	19	139	94	46
10-14 años	486	73	397	1 264	38	44	9	167	85	24
15-19 años	392	75	493	1 094	27	25	11	132	81	17
20-24 años	412	64	338	1 023	25	12	4	46	38	27
25-29 años	435	51	260	1 061	27	11	10	53	39	33
30-34 años	352	64	197	854	24	27	7	70	64	20
35-39 años	278	36	175	717	15	33	12	89	59	30
40-44 años	235	31	178	580	13	19	8	79	49	10
45-49 años	159	37	175	497	9	9	5	68	53	10
50-54 años	141	38	164	439	12	9	5	51	30	11
55-59 años	145	22	136	343	10	7	8	34	25	5
60-64 años	113	34	118	293	14	7	8	35	15	9
65-69 años	103	20	79	223	5	10	5	39	14	7
70 y más años	151	57	176	444	19	21	17	73	38	12
No especificado	20	2	7	17	0	0	0	0	3	0
<b>TOTAL</b>	<b>4 644</b>	<b>786</b>	<b>3 683</b>	<b>11 939</b>	<b>341</b>	<b>301</b>	<b>139</b>	<b>1 208</b>	<b>766</b>	<b>309</b>
% de derechohabientes por institución	93,85	83,97	75,11	94,09	52,62	6,08	14,85	24,63	6,03	47,68

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

La población con discapacidad en los municipios de la área la Yesca, aunque es mínima, entre el 1,6 y 2,1 %, es un indicador del estado de salud de la población. Los municipios con los porcentajes más altos de discapacidad son Magdalena y La Yesca (2,1 % respectivamente). Los niveles de discapacidad, aunque bajos, tienden a concentrarse en los niños, esto es en el grupo de edad de 0-14 años y en la población adulta.

**Tabla 112. Población con discapacidad según grupo poblacional, área de estudio sociopolítica, 2000.**

Grupo poblacional	Amatitán		Hostotipaquillo		Magdalena		Tequila		La Yesca	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Niños (0-14 años)	22	0,18	23	0,27	80	0,44	99	0,28	39	0,30
Jóvenes (15-24 años)	17	0,14	21	0,24	36	0,20	46	0,13	30	0,23
Población adulta (25 años en adelante)	171	1,37	132	1,52	282	1,55	489	1,38	214	1,65
<b>TOTAL DE DISCAPACIDAD MPIO</b>	<b>210</b>	<b>1,68</b>	<b>176</b>	<b>2,03</b>	<b>398</b>	<b>2,19</b>	<b>634</b>	<b>1,79</b>	<b>283</b>	<b>2,19</b>

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000

La principal forma de discapacidad en los cinco municipios es la discapacidad motriz, que en los municipios de Amatitán y Magdalena representa más del 50 % en el tipo de discapacidades presentes en estos municipios. Le sigue en importancia la discapacidad visual, mental y en menor medida la auditiva ( tabla 113).

**Tabla 113. Tipo de discapacidad según municipio, área de estudio sociopolítica, 2000**

Discapacidad	Amatitán		Hostotipaquillo		Magdalena		Tequila		La Yesca	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Motriz	119	56,67	69	39,20	204	51,26	291	45,90	104	36,75
Visual	37	17,62	41	23,30	69	17,34	141	22,24	94	33,22
Mental	36	17,14	38	21,59	77	19,35	121	19,09	54	19,08
Auditiva	18	8,57	32	18,18	55	13,82	111	17,51	49	17,31
Del lenguaje	3	1,43	5	2,84	9	2,26	31	4,89	18	6,36
Otra/NE	3	1,43	0	0	2	0,50	6	0,95	0	0
<b>Total de discapacidad municipio.</b>	<b>210</b>		<b>176</b>		<b>398</b>		<b>634</b>		<b>283</b>	

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

#### IV.2.3.1.3.1.3 Morbilidad

El tipo de enfermedades que padece una población reflejan condiciones ambientales y riesgos a los que se enfrenta especialmente cuando existe la posibilidad de un evento de mejorar ó empeorar las condiciones. En la área de estudio, observamos que exceptuando el municipio de Tequila, el número de enfermos en el periodo 1996- 2004 esta en ascenso.

<b>Tabla 114. Número de enfermos por municipio.</b>			
<b>Morbilidad</b>	<b>1996</b>	<b>2000</b>	<b>2004</b>
Hostotipaquillo	1 055	2 954	3 892
Tequila	15 424	15 042	16 712
Magdalena	5 183	10 963	11 577
Amatitán	4 439	5 241	10 788
La Yesca	361	507	515

Fuente: Secretaría de Salud, del Gobierno de Jalisco, Servicios Coordinados de Salud, Nayarit. 1996-2004.

El municipio de Magdalena y la área en general presentan un incremento amplio que se puede relacionar principalmente con la construcción de la autopista Guadalajara-Puerto Vallarta. Esto implica que las obras de gran envergadura tienen un impacto relevante en la morbilidad de la población.

Las enfermedades más importantes que se presentan en los municipios son: Infecciones respiratorias agudas que representan alrededor del 60 % del total de enfermedades, Infecciones por otros organismos asciende aproximadamente a 10 % de las enfermedades. En Amatitán durante el periodo analizado la enfermedad por picadura de alacrán asciende alrededor de 4 %. En los últimos años en el municipio las infecciones urinarias, la gastritis, duodenitis, úlcera y las otitis son enfermedades con importancia en el mapa de morbilidad del municipio.

En Magdalena las enfermedades por picadura de alacrán representan el 4 % aproximadamente. También prevalecen en los últimos años la otitis media aguda, infecciones urinarias, asma y gastritis, duodenitis y úlcera.

En Tequila también la intoxicación por picadura de alacrán es importante, al igual que amibiasis intestinal, Helmintiasis, hipertensión arterial, diabetes mellitus, infecciones en vías urinarias, gastritis, duodenitis y úlcera. En Hostotipaquillo en los últimos cuatro años además de la intoxicación por picadura de alacrán, las enfermedades más relevantes son otitis media aguda, infecciones en vías urinarias, así como gastritis, duodenitis y úlcera.

#### **IV.2.3.1.3.1.4 Hogares**

En las últimas tres décadas los hogares de México han experimentado un fuerte cambio relacionado con una disminución en el número de integrantes, la proliferación de nuevos tipos de hogares y un cambio en la jefatura de los hogares familiares.

Desde 1990 a la fecha, los municipios de la área de estudio han atestiguado el crecimiento absoluto de los hogares de un solo integrante, inexistentes en la forma censal de 1970. Sin embargo, ya entre la década de los ochenta y noventa, como en el resto de México, era posible observar tasas de crecimiento positivas en dos municipios de la área. Durante ese periodo, sólo los municipios de Tequila y La Yesca tienen un crecimiento en los hogares de un integrante. Para la periodo 1990-2000, la situación empieza a cambiar y se comienza a manifestarse de manera generalizada la proliferación de hogares con un solo integrante en los cinco municipios de la área. Así, la

tasa de crecimiento de los hogares de un integrante para la área durante 1990-2000 fue de 3,05 %, cifra que varía según el municipio entre 2 y 6,69 %.

Así mismo, para el periodo 1970-2000 se manifiesta una clara disminución en el tamaño de los hogares de ocho, nueve y más miembros. Las tasas de crecimiento para estos hogares en la área fueron negativas -1,30 y - 6,13 % respectivamente. Este comportamiento corresponde con el de los cinco municipios cuyas tasas están entre -0,61 y -6,06 %. Además, con excepción de los municipios de Hostotipaquillo y La Yesca, se empieza a ver un cambio hacia la disminución en las tasas de crecimiento de los hogares con siete integrantes que, en el caso de Amatitán abarca hasta los hogares de seis integrantes (tabla 115).

<b>Tabla 115. Tasa de crecimiento regional en el tamaño de los hogares según municipio, área de estudio sociopolítica, 1970-2000.</b>			
Número de integrantes	Tasa de crecimiento regional		
	1970-1980	1980-1990	1990-2000
1	---	-1,35	3,05
2	-15,32	-0,07	3,23
3	-2,33	2,67	7,34
4	0,17	2,88	8,18
5	-0,30	3,18	9,39
6	-0,23	3,00	7,20
7	-0,28	1,26	1,98
8	-0,22	0,03	-1,13
9 y más integrantes	7,86	-2,51	-6,30
<b>TOTAL</b>	<b>11,26</b>	<b>1,02</b>	<b>4,19</b>

Fuente: Secretaría de Industria y Comercio, *IX Censo de Población y Vivienda, 1970*; INEGI, *X Censo de Población y Vivienda, 1980*; *XI Censo de Población y Vivienda, 1990* y *XII Censo de Población y Vivienda, 2000*.  
 NOTA: en 1970 se hacía referencia a número de familias (censales) no de hogares. En 1980 se trata del total de viviendas particulares.

Respecto a la concentración territorial, un aspecto que llama la atención es que con excepción de La Yesca, los hogares de los cinco municipios de la área se distribuyen principalmente siguiendo un modelo bipolar de concentración en localidades menores (todas de 1-2 499 habitantes) y en tamaños propios de cabeceras municipales (tabla 116).

**Tabla 116. Tamaño del hogar y su distribución según tamaño de localidad y municipio, área de estudio sociopolítica, 2000.**

	INTEGRANTES	Total	Integrantes									TOTAL
			1	2	3	4	5	6	7	8	9 y más	
TOTAL REGIONAL		Total	1 145	2 121	2 712	3 274	3 207	2 462	1 401	888	1 214	18 424
	1 a 2 499	Total	454	866	1 091	1 279	1 264	1 018	622	443	643	7 680
		%	2,46	4,70	5,92	6,94	6,86	5,53	3,38	2,40	3,49	41,68
	2 500 a 4 999	Total	47	97	92	103	94	91	44	30	49	647
		%	0,26	0,53	0,50	0,56	0,51	0,49	0,24	0,16	0,27	3,51
	5 000-9 999	Total	115	207	317	430	373	269	147	85	86	2 029
		%	0,62	1,12	1,72	2,33	2,02	1,46	0,80	0,46	0,47	11,01
	10 000 a 14 999	Total	205	347	448	486	501	399	225	133	156	2 900
	%	1,11	1,88	2,43	2,64	2,72	2,17	1,22	0,72	0,85	15,74	
20 000 a 49 999	Total	324	604	764	976	975	685	363	197	280	5 168	
	%	1,76	3,28	4,15	5,30	5,29	3,72	1,97	1,07	1,52	28,05	
Amatitán	TOTAL HOG		157	281	431	542	511	341	203	121	125	2 712
	1 a 2 499	%	1,55	2,73	4,20	4,13	5,09	2,65	2,06	1,33	1,44	25,18
	5 000 a 9 999	%	4,24	7,63	11,69	15,86	13,75	9,92	5,42	3,13	3,17	74,82
Hostotipaquillo	TOTAL HOG		138	255	260	307	308	248	136	80	121	1 853
	1 a 2 499	%	4,91	8,53	9,07	11,01	11,55	8,47	4,96	2,70	3,89	65,08
	2 500 a 4 999	%	2,54	5,23	4,96	5,56	5,07	4,91	2,37	1,62	2,64	34,92
Magdalena	TOTAL HOG		302	479	599	670	666	536	293	180	215	3 940
	1 a 2 499	%	2,46	3,35	3,83	4,67	4,19	3,48	1,73	1,19	1,50	26,40
	10 000 a 14 999	%	5,20	8,81	11,37	12,34	12,72	10,13	5,71	3,38	3,96	73,60
Tequila	TOTAL HOG		429	821	1 065	1 333	1 321	996	536	349	514	7 364
	1 a 2 499	%	1,43	2,95	4,09	4,85	4,70	4,22	2,35	2,06	3,18	29,82
	20 000 a 49 999	%	4,40	8,20	10,37	13,25	13,24	9,30	4,93	2,68	3,80	70,18
La Yesca	TOTAL HOG		119	285	357	422	401	341	233	158	239	2 555
	1 a 2 499	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000

El tipo de hogares familiares son los más comunes en los municipios de la área, el 93,9 % de los hogares de la área son de este tipo y concentran el 98,61 % de la población que habita en los hogares de la área; pero también se empieza a manifestar la presencia de hogares no familiares, 6,05 %, mismos que concentran el 1,35 % del total de la población que habita en los hogares de la área (tabla 117).



**Tabla 117. Tipo de hogar según jefatura, área de estudio sociopolítica, 2000.**

Sexo del jefe	Total regional	Hogares familiares	Hogares no familiares
TOTAL			
Hogares	16 859	93,9	6,05
Población	79 648	98,61	1,35
Masculino			
Hogares	13 769	96,17	3,82
	81,67		
Población	67 690	99,13	0,86
	84,98		
Femenino	3 090	83,75	16,14
Hogares	19,06		
	11 958	95,66	4,23
Población	15,01		

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

Los hogares con jefatura femenina representan un 19,06 % de los hogares de la área. En Amatitán y Tequila, esta participación es un poco más de una quinta parte del total de hogares y en Magdalena representan un poco más de una cuarta parte. Los municipios con el menor número de hogares con jefatura femenina son Hostotipaquillo y La Yesca. Al parecer hay una relación entre municipios más urbanizados y una mayor participación de hogares con jefatura femenina y viceversa, a menor urbanización, menor número de hogares con jefatura femenina. Esto se puede explicar porque la condición de jefatura del hogar es una declaración que hace el entrevistado censal. Pero de hecho, se sabe que son las mujeres las que muchas veces asumen y dirigen el destino del hogar y sus integrantes (tabla 118).

**Tabla 118. Hogares y población con jefatura femenina, según grupos de edad de la jefa, área de estudio sociopolítica, 2000.**

Total regional de Hogares y población con jefatura femenina			
Grupos de edad de la jefa	Total hogares	Jefatura femenina	Total población
Menos de 12 años	1	0	0
12-14 años	8	37,5	13
15-19 años	143	26,57	80
20-24 años	968	13,84	352
25-29 años	1 987	8,25	456
30-34 años	2 319	11,21	866
35-39 años	2 068	12,62	874
40-44 años	1 836	16,23	1 004
45-49 años	1 606	17,93	892
50-54 años	1 580	21,52	1 015
55-59 años	1 362	20,93	775
60-64 años	1 244	25,64	769
65 años y más	3 190	33,64	2 187
No esp.	112	42,86	120
TOTAL	18 424	19,06	9 403

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

En Amatitán y Hostotipaquillo, las edades de las jefas de hogar están principalmente en los grupos de edad los 65 y más, 50-54 y 60-64, cuando probablemente ya han enviudado o se han quedado solas. En el municipio de Magdalena aparece un grupo de 40-44 años que habla de la presencia de un grupo de mujeres jefas más jóvenes que los municipios anteriores. En Tequila los grupos de edad de la jefa son mucho más variados y abarcan un espectro más amplio de edades, incorporando las más jóvenes 30-34 años hasta los 65 años y más, comportamiento similar al experimentado en el municipio de La Yesca.

Los hogares de jefatura femenina son principalmente nucleares, 58,62 % de los hogares con jefatura femenina de la área, aunque los ampliados también tienen una participación importante, 39,49 % de este tipo de hogares. Por otro lado, entre el tipo de hogares no familiares con jefatura femenina destacan los unipersonales, es decir, aquellos donde la mujer vive sola, ya sea porque se ha quedado sola o ha enviudado. Los hogares corresidentes de la área con jefatura femenina son casi inexistentes, con excepción de siete casos en los municipios de Hostotipaquillo y Tequila (tabla 119).

<b>Tabla 119. Jefatura femenina según tipo de hogares familiares y población, área de estudio sociopolítica, 2000</b>			
Hogares	Total Regional		
	Total	Jefatura Femenina	%
Nucleares	12 173	1 517	58,62
Ampliados	3 461	1 022	39,49
Compuestos	78	26	1,00
No especificado	119	23	0,89
<b>Total</b>	<b>15 831</b>	<b>2 588</b>	<b>100,00</b>
<b>POBLACIÓN</b>			
Nucleares	57 161	5 555	48,56
Ampliados	20 087	4 817	42,11
Compuestos	495	139	1,22
No especificado	803	133	1,16
<b>Total</b>	<b>78 546</b>	<b>11 440</b>	<b>100,00</b>

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

#### **IV.2.3.1.3.1.5 Vivienda**

Los cinco municipios de la área de estudio tienen 18 271 viviendas habitadas con un total de 87 787 ocupantes. En toda la área predomina la vivienda de tipo particular, 99,88 %, en la modalidad de casa individual, 93,64 %. La ocupación de vivienda particular en departamento en edificio es bastante baja, 0,27 % del total de las viviendas particulares ocupadas en la área, esto es, 49 viviendas con 180 habitantes. Su presencia tiende a ser más notoria en los municipios de Tequila y Amatitán. El número de viviendas móviles de la área, refugios y las no acondicionadas para casa habitación es bastante bajo. El primero tiene un total de dos viviendas y las otras modalidades seis y veinte, respectivamente, con 23 ocupantes en total.

Por otra parte, la vivienda colectiva es bastante baja, con 150 ocupantes en 22 viviendas representa el 0,12 % del total de la área. Cabe hacer notar que este tipo de vivienda tiende a tener más importancia en el municipio de Tequila, que es el más urbano de la área (tabla 120).

Tabla 120. Tipo de vivienda ocupada y ocupantes según municipio, área de estudio sociopolítica, 2000											
Tipo de vivienda	Vivienda particular	Casa individual	Depto, en edificio	Vivienda en renta	Cuarto de azotea	Local no construido para habitación	Vivienda móvil	Refugio	No especificado	Vivienda Colectiva	TOTAL
Amatitán	Viviendas cupadas	2 408	16	76	4	3	1		146	3	2 657
	%	99,89	0,60	2,86	0,15	0,11	0,04		5,50	0,11	100
Hostotl Paquillo	Ocupantes	11 354	61	353	15	10	7		691	18	12 509
	%	99,86	0,49	2,83	0,12	0,08	0,06		5,53	0,14	100
Magdalena	Viviendas ocupadas	1 759	1						100		1 860
	%	100	0,05						5,38		100
Tequila	Ocupantes	8 163	3						493		8 659
	%	100	0,035						5,69		100
La Yesca	Viviendas Ocupadas	3 701	2	40	2	2			183	5	3 935
	%	99,87	0,05	1,02	0,051	0,051			4,66	0,13	100
La Yesca	Ocupantes	17 102	6	184	8	8			847	22	18 177
	%	99,88	0,03	1,01	0,04	0,04			4,67	0,12	100
La Yesca	Viviendas Ocupadas	6 776	30	133	4	9	1	4	295	10	7 262
	%	99,86	0,41	1,83	0,06	0,12	0,01	0,06	4,07	0,14	100
La Yesca	Ocupantes	33 255	110	532	21	34	5	4	1 445	96	35 502
	%	99,73	0,31	1,50	0,06	0,10	0,01	0,01	4,08	0,27	100
La Yesca	Viviendas Ocupadas	2 444		1		6		2	100	4	2 557
	%	99,84		0,0392		0,235		0,0783	3,917	0,16	100
La Yesca	Ocupantes	12 437		3		20		7	459	14	12 940
	%	99,89		0,023		0,155		0,054	3,551	0,11	100
TOTAL ÁREA	Viviendas Ocupadas	17 088	49	250	10	20	2	6	824	22	18 271
	%	99,88	0,27	1,37	0,05	0,11	0,01	0,03	4,52	0,12	100
TOTAL ÁREA	Ocupantes	82 311	180	1072	44	72	12	11	3 935	150	87 787
	%	99,83	0,21	1,22	0,05	0,08	0,01	0,01	4,49	0,17	100

Fuente: INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

La tenencia de vivienda propia ha aumentado en toda la área durante el periodo 1970-2000 al pasar de 70,7 % en 1970 a 75 % en 2000. Sin embargo, aunque todos los municipios experimentaron un aumento importante en los treinta años, el municipio de La Yesca tuvo un retroceso de diez puntos porcentuales en la tenencia de vivienda propia al pasar de 92,9 % en 1970 a 82,3 % en 2000. Este mismo comportamiento se observa para los ocupantes de las viviendas (tabla 121).

Municipio	Vivienda propia				Vivienda no propia			
	1970	%	2000	%	1970	%	2000	%
<b>Amatitán</b>	762	55,62	1 839	69,82	608	44,38	780	29,61
Ocupantes	4 645	57,62	8 912	71,81	3 417	42,38	3 436	27,69
<b>Hostotipaquillo</b>	1 513	80,56	1 590	86,89	365	19,44	229	12,51
Ocupantes	7 919	80,10	7 466	87,43	1 967	19,90	1 029	12,05
<b>Magdalena</b>	1 392	68,91	2 988	76,83	628	31,09	883	22,71
Ocupantes	8 193	70,09	14 096	78,35	3 497	29,91	3 802	21,13
<b>Tequila</b>	2 316	62,73	5 038	70,42	1 376	37,27	2 064	28,85
Ocupantes	1 3039	63,72	25 526	72,88	7 425	36,28	9 184	26,22
<b>La Yesca</b>	1 478	92,90	2 089	82,34	113	7,10	434	17,11
Ocupantes	8 451	93,67	10 746	83,54	571	6,33	2 011	15,63
Viviendas total regional	7 461	70,71	13 544	75,06	3 090	29,29	4 390	24,33

Fuente: Secretaría de Industria y Comercio. IX Censo de Población y vivienda, 1970; INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

Una gran parte, 89,4 % de la vivienda propia en la área de estudio está totalmente pagada, aunque las variaciones regionales en este renglón están principalmente entre 92 y 93 % llegando a los niveles más bajos en el municipio de La Yesca donde sólo el 74,97 % de las viviendas propias están totalmente pagadas. La compra de vivienda que aún continúa en pago es de mayor importancia en los municipios más urbanos, Tequila y Magdalena, y en menor medida en Hostotipaquillo donde los porcentajes de vivienda que está pagándose van de 3,90 % a 4,70 %. El municipio de La Yesca es el que tiene el porcentaje más bajo de vivienda en esta situación, lo que significa un estancamiento en la adquisición de vivienda (tabla 122).

Municipio	Pagándose		Totalmente pagada		En otra situación		No especificado		Total	
		%		%		%		%		%
Amatitán	40	2,18	1 720	93,53	52	2,83	27	1,47	1 839	13,14
Hostotipaquillo	62	3,90	1 480	93,08	26	1,64	22	1,38	1 590	11,36
Magdalena	132	4,42	2 766	92,57	65	2,18	25	0,84	2 988	21,36
Tequila	237	4,70	4 651	92,32	78	1,55	72	1,43	5 038	36,01
La Yesca	40	1,58	1 902	74,97	58	2,29	89	3,51	2 537	18,13
Total regional	511	3,65	12 519	89,47	279	1,99	235	1,68	13 992	100

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

La vivienda no propia en la área es principalmente rentada, 52,80 %, siguiendo en importancia la vivienda prestada o en otra situación, 46,26 %. Los niveles más bajos de vivienda rentada están en Hostotipaquillo, 30,13 % y La Yesca, 5,30 %. En estos municipios la vivienda no propia pertenece a la categoría de prestada o en otra situación. Al respecto, llama la atención el caso del municipio de La Yesca donde el 91,47 % de las viviendas no propias son prestadas o en otra situación (Ver tabla 123).

**Tabla 123. Situación de la vivienda No propia en la área de estudio, 2000.**

Municipio	Rentada		Prestada y en otra situación		No especificado	
		%		%		%
Amatitán	406	52,05	372	47,69	2	0,26
Hostotipaquillo	69	30,13	154	67,25	6	2,62
Magdalena	574	65,01	304	34,43	5	0,57
Tequila	1 246	60,37	804	38,95	14	0,68
La Yesca	23	5,30	397	91,47	14	3,23
Total regional	2 318	52,80	2 031	46,26	41	0,93

Fuente: INEGI. XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

Las viviendas de la área tienen principalmente televisión, radio o radiograbadora, licuadora y refrigerador. Los bienes de las viviendas del municipio de La Yesca son los más escasos. Así por ejemplo, menos de la mitad de las viviendas (46,67 %) tiene televisión, mientras que en el resto de los municipios más del 80 % de las viviendas tiene este bien. La situación en la posesión de radio o radiograbadoras es similar, sólo el 27,63 % de las viviendas tiene este bien, no así en la área donde más del 80 % cuenta con este aparato electrodoméstico.

La posesión de autos en la área es baja. En los municipios de la área, entre el 28,14 % y el 32,69 % de las viviendas tiene auto propio, con excepción del municipio de La Yesca, donde sólo el 18,13 % de las viviendas tiene auto propio (tabla 124).

**Tabla 124. Tipo de bienes en la vivienda según municipio, área de estudio sociopolítica, 1970 y 2000.**

Bienes en la vivienda	Amatitán		Hostotipaquillo		Magdalena		Tequila		La Yesca	
	1970	2000	1970	2000	1970	2000	1970	2000	1970	2000
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Radio o radiograbadora	61,75	86,94	76,57	80,49	66,53	84,31	63,94	85,36	19,7	74,62
Televisión	0,51	87,43	0,16	83,88	0,59	91,00	0,70	88,08	74,92	46,67
Videocasetera		37,43		21,42		32,84		32,43	0	11,94
Licuada		85,08		82,08		87,99		82,81		27,63
Refrigerador		76,20		65,08		72,82		72,41		14,43
Lavadora		63,59		40,05		60,20		58,69		18,57
Teléfono		22,51		12,46		24,81		28,60		1,93
Calentador de agua		39,26		22,57		44,30		37,60		11,19
Automóvil o camioneta propios		32,69		28,14		30,73		30,07		18,13
Computadora		3,49		0,60		2,31		4,24		0,20
Total viviendas particulares	1 370	2 634	1 878	1 830	2 020	3 889	3 092	7 154	1 591	2 537

Fuente: Secretaría de Industria y Comercio, IX Censo de Población y vivienda, 1970; INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

#### IV.2.3.1.3.1.6 Paredes, Pisos y Techos

Entre los diversos materiales usados para la construcción de las paredes de las viviendas particulares habitadas de la área predominan dos: el ladrillo y materiales derivados de la piedra (tabique, block, piedra, cantera, cemento y concreto); y, el adobe. Información para el periodo 1970-2000 permite ver que las viviendas de la área están cambiando el uso del adobe por el uso del ladrillo y la piedra y sus derivados. Para el año 2000, el predominio de los materiales de ladrillo y piedra y sus derivados es, con mucho, el material más usado para la construcción de paredes de las viviendas de la área. El 65.09 % de las viviendas de la área tienen paredes de este material, mientras que el 33,27 % de las viviendas tiene paredes de adobe. Un análisis de los datos a nivel municipal permite observar que son los municipios más urbanos los que tienen el mayor predominio de viviendas con paredes de ladrillo y piedra y sus derivados (Amatitán -78 %-, Tequila -77 %- y Magdalena -76 %), mientras que en los más marginados continúa un claro predominio del adobe. En La Yesca, el 75,8 % de las viviendas tiene paredes de adobe y en Hostotipaquillo el 61,5 %. Entre otros materiales usados en las paredes de las viviendas del municipio de La Yesca, está el embarro y bejereque (2,56%).

### IV.2.3.1.3.1.7 Servicios Públicos de la área de estudio

#### Energía eléctrica

En la área hay 21,109 tomas de energía eléctrica instaladas distribuidas en 77 localidades. Se trata, casi en su totalidad, de tomas domiciliarias (99 %). Según municipio, las tomas no domiciliarias, cuando muy altas, pueden llegar al 1.45 %, tal es el caso de Hostotipaquillo que tiene el número más alto de localidades por municipio en la área.

Municipio	Tomas instaladas de energía eléctrica						Localidades con el servicio
	Total	%	Domiciliarias	%	No domiciliarias	%	
Amatitán	3262	15,45	3234	99,14	28	0,85	10
Hostotipaquillo	2336	11,06	2302	98,54	34	1,45	31
Magdalena	5302	25,11	5259	99,18	43	0,81	8
Tequila	9381	44,44	9297	99,10	84	0,89	21
La Yesca	828	3,92	827	99,87	1	0,12	7
<b>TOTAL REGION</b>	<b>21109</b>	<b>100</b>	<b>20919</b>	<b>99,09</b>	<b>190</b>	<b>0,90</b>	<b>77</b>

Tomas domiciliarias incluye: residenciales, comerciales e industriales

Tomas no domiciliarias incluye: agrícolas, alumbrado público, bombeo de aguas potable y negras, temporal y otras.

Fuente: INEGI. Anuario estadístico del estado de Jalisco, 2003. Tomo I, Aguascalientes, Aguascalientes, 2004. Y, Anuario estadístico del estado de Nayarit, 2003, Aguascalientes, Aguascalientes, 2004.

#### Agua Potable

Cada municipio tiene sistema de agua potable sólo en la cabecera municipal. Con excepción de La Yesca, municipio para el que no se dispone de información, el total de tomas domiciliarias del vital líquido para la área es de 14, 426 tomas de las cuales el 94,98 % son tomas domésticas y sólo el 5,41 % comerciales. Las tomas industriales son prácticamente inexistentes.

Municipio	Sistemas de agua potable	Tomas domiciliarias instaladas								Localidades con red de distribución
		Total	%	Domésticas	%	Comerciales	%	Industriales	%	
Amatitán	1	3012	20,87	3009	99,90	1	0,03	2	0,06	1
Hostotipaquillo	1	886	6,14	873	98,53	13	1,46	0	0	1
Magdalena	1	3521	24,40	3264	92,70	257	7,29	0	0	1
Tequila	1	7007	48,57	6557	93,57	510	7,27	10	0,14	1
La Yesca	nd	nd		nd		nd		nd		nd
<b>TOTAL REGIONAL</b>	<b>4</b>	<b>14426</b>	<b>100</b>	<b>13703</b>	<b>94,98</b>	<b>781</b>	<b>5,41</b>	<b>12</b>	<b>0,08</b>	<b>4</b>

Tomas domiciliarias incluye: residenciales, comerciales e industriales

Tomas no domiciliarias incluye: agrícolas, alumbrado público, bombeo de aguas potable y negras, temporal y otras.

Fuente: INEGI. Anuario estadístico del estado de Jalisco, 2003. Tomo I, Aguascalientes, Aguascalientes, 2004. Y, Anuario estadístico del estado de Nayarit, 2003, Aguascalientes, Aguascalientes, 2004.



## Drenaje

En la área de estudio del medio sociopolítico, sólo hay un sistema de drenaje por municipio que da servicio sólo a la cabecera municipal. Con excepción de La Yesca, donde hay dos sistemas de drenaje para dos localidades.

**Tabla 127. Drenaje y alcantarillado. Sistemas y localidades con el servicio, área de estudio sociopolítica, 2002.**

Municipio	Sistemas de drenaje y alcantarillado	Localidades con el servicio
Amatitán	1	1
Hostotipaquillo	1	1
Magdalena	1	1
Tequila	1	1
La Yesca	2	2
<b>TOTAL REGIONAL</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Fuente: INEGI. Anuario estadístico del estado de Jalisco, 2003. Tomo I, Aguascalientes, Aguascalientes, 2004. Y, Anuario estadístico del estado de Nayarit, 2003, Aguascalientes, Aguascalientes, 2004.

Finalmente los municipios de Hostotipaquillo y La Yesca son los que presentan los grados de marginación más preocupantes. En tanto que los otros municipios presentan un grado de marginación de vida bajo. En conjunto en la área se encuentran condiciones de marginación no adecuadas para la población (Ver tabla 128).

**Tabla 128. Índice de marginación, área de estudio sociopolítica para el año 2000.**

Municipio	Índice de marginación 2000	Grado de marginación
Amatitán	-1,26411	Bajo
Hostotipaquillo	-0,2112	Medio
Magdalena	-1,15176	Bajo
Tequila	-1,01587-	Bajo
La Yesca	1,23183	Alto

### IV.2.3.2 Contexto Local

#### IV.2.3.2.1 Localidades en el Área Afectable Directamente por el PH La Yesca

Las localidades de Mesa de Flores y Paso de la Yesca serían afectable de manera sustancial en caso de ocurrir la construcción de una presa que ubicaría su cortina cerca de la localidad Paso de la Yesca, específicamente Mesa de Flores sería impactada por la instalación de los campamentos y tráfico vehicular generado por el proyecto y Paso de la Yesca sería inundada por lo cuál se requiere definir un programa de reubicación para los habitantes de dichas localidades.

La población total de las localidades de Mesa de Flores y Paso de la Yesca, municipio de Hostotipaquillo, Jalisco, para el año 2000 ascendió a 54 habitantes. El mayor número de pobladores lo tenía Paso de la Yesca con

treinta, dicha localidad tiene un equilibrio en términos de género. En el caso de Mesa de Flores en el año 2000 solo contaba con veinticuatro pobladores en su mayoría hombres. Actualmente<sup>14</sup> ambas localidades suman un total de 64 personas de las cuáles en Mesa de Flores son cuarenta y uno, mientras que en el Paso de la Yesca son 23 habitantes. Este dato indica que la población de La Yesca se ha mantenido estable en tanto Mesa de Flores casi duplico su población con respecto al año 2000 (Ver tabla 129)

<b>Tabla 129. Población total de las localidades de Mesa de Flores y Paso de La Yesca Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco 2000 y 2005.</b>				
	Localidad			
	Mesa de Flores		Paso de la Yesca	
	2000	2005	2000	2005
Hombres	16		17	
Mujeres	8		13	
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>41</b>	<b>30</b>	<b>23</b>
Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal, (SNIM) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) Sistema Asociado de Localidades (2000) y entrevistas realizadas a pobladores el 17 de febrero de 2005.				

La población de Mesa de Flores en su mayoría era adulta en el año 2000, mientras que en Paso de la Yesca más del cincuenta % eran niños. Actualmente en Mesa de Flores la mayoría de la población (21 hbs.) son menores de dieciocho años, mientras que en el Paso de La Yesca la proporción entre adultos y menores se mantuvo estable (Ver tabla 74).

<b>Tabla 130. Población por rangos de edad de las localidades de Mesa de Flores y Paso de La Yesca Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco (2000).</b>		
	Localidad	
	Mesa de Flores	Paso de la Yesca
De 0 a 4 años	3	3
De 5 años y más	21	27
De 6 a 14 años	3	11
De 12 años y más	17	17
De 15 años y más	17	15
De 15 y 17 años	0	2
De 15 a 24 años	8	6
Pob femenina de 15 a 49 años	4	7
Pob de 18 años y más	17	13
Pob. Masc. de 18 años y más	10	7
Pob. Fem. de 18 años y más	7	6
Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal, (SNIM) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) Sistema Asociado de Localidades (2000)		

La población actualizada de ambas localidades prácticamente no esta incorporada a un sistema de salud, que les permita prevenir y curar las enfermedades a la que esta expuesta la población. Las enfermedades más comunes que aquejan a la población actualmente son respiratorias y gastrointestinales, con respecto a los servicios de salud los entrevistados manifestaron que dos enfermeras de la Secretaría de Salud los visitan una vez al mes<sup>15</sup> (tabla 131).

<sup>14</sup> La Información actualizada que se presenta en este reporte fue obtenida directamente a través de entrevistas realizadas a pobladores de la comunidad, dichas entrevistas se llevaron a cabo el 17 de febrero de 2005.

<sup>15</sup> Entrevista realizada a la señora Rosalina en la localidad de Mesa de Flores la entrevista se llevo a cabo el 17 de febrero de 2005.

<b>Tabla 131. Derechohabiencia a servicios de salud de las localidades de Mesa de Flores y Paso de la Yesca Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco (2000).</b>		
	Localidad	
	Mesa de Flores	Paso de la Yesca
Población sin derechohabiencia	24	23
Población derechohabiente	0	7
Población derechohabiente al IMSS	0	1
Población derechohabiente al ISSSTE	0	6
Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal, (SNIM) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) Sistema Asociado de Localidades (2000)		

La población asentada en la localidad de Paso de la Yesca es nacida en Jalisco y han habitado en esta área desde hace dos generaciones. Las seis familias asentadas son encabezadas por hermanos. En el caso de Mesa de flores el señor Pedro Celaya y su familia son originarios del municipio de la Yesca, pero prácticamente son del lugar ya que antes vivían enfrente de Mesa de Flores al cruzar el río (Ver tabla 132).

<b>Tabla 132. Situación en migración de las localidades de Mesa de Flores y Paso de La Yesca Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco (2000)</b>		
	Localidad	
	Mesa de Flores	Paso de la Yesca
Población nacida en la entidad	19	30
Población nacida fuera de la entidad o país	5	0
Población de 5 años y más residente en la entidad en 1995	16	15
Población de 5 años y más residente en otra entidad o país en 1995	5	0
Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal, (SNIM) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) Sistema Asociado de Localidades (2000)		

El nivel de instrucción actual en ambas localidades es bajo, por lo que existen un número importante de adultos analfabetas y los niños tienen escasa instrucción. En Mesa de Flores cuentan con un aula donde reciben clases todos los niveles de primaria (tabla 133).

<b>Tabla 133. Nivel de instrucción en las localidades de Mesa de Flores y Paso de la Yesca Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco (2000).</b>		
Población de	Localidad	
	Mesa de Flores	Paso de la Yesca
15 años y más sin instrucción	4	8
15 años y más con primaria incompleta	10	6
15 años y más con primaria completa	1	0
15 años y más con instrucción posprimaria	0	1
15 años y más sin instrucción posprimaria	15	14
15 años y más con secundaria completa	0	1
15 años y más con instrucción secundaria o est. Técnicos o comerciales con prim. Terminada	0	1
18 años y más sin instrucción media superior	15	13
<b>Grado promedio de escolaridad</b>	<b>2,60</b>	<b>1,80</b>
Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal, (SNIM) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) Sistema Asociado de Localidades (2000)		

El empleo en las localidades en el año 2000 y actualmente no es un problema ya que la población en posibilidades de trabajar lo hace, en su mayoría en trabajos relacionados con la agricultura en sus tierras y en menor medida con la ganadería. El problema que tienen es que los ingresos obtenidos por su trabajo son incipientes y no cubren las necesidades básicas de sus familias.

<b>Tabla 134. Empleo en las localidades de Mesa de Flores y Paso de la Yesca Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco (2000)</b>		
	Localidad	
	Mesa de Flores	Paso de La Yesca
Población económicamente activa	8	3
Población económicamente inactiva	9	14
Población ocupada	8	3
Población ocupada en el sector primario	8	1
Población ocupada en el sector secundario	0	1
Población ocupada en el sector terciario	0	1
Población ocupada que no recibe ingreso por su trabajo	6	0
Población ocupada que recibe 1 y hasta 2 salarios mínimos mensuales de ingreso por su trabajo	1	0
Pob. Ocupada que recibe más de 2 y hasta 5 salarios mínimos por su trabajo	0	2
Pob. Ocupada que recibe más de 5 y hasta 10 salarios mínimos mensuales de ingreso por trabajo	0	1
Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal, (SNIM) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) Sistema Asociado de Localidades (2000)		

Las condiciones de las viviendas de las los pobladores de Mesa de Flores y de Paso de la Yesca son inadecuadas, están construidas con techos endeblés y carecen de los servicios de luz, agua y drenaje. Actualmente en Mesa de Flores hay 10 viviendas, siete habitadas y el resto sin habitar, en tanto que en Paso de la Yesca solo existen cinco viviendas precarias (Ver tabla 135)

**Tabla 135. Características de la vivienda en las localidades de Mesa de Flores y Paso de la Yesca Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco (2000)**

	Localidad	
	Mesa de Flores	Paso de la Yesca
Total viviendas	5	5
Viviendas particulares	5	5
Ocupantes en viviendas particulares	24	30
Promedio de ocupantes en viviendas particulares	4,80	6,0
Prom. De ocupantes por cuarto en viv. part.	1,85	2,50
Vivienda con techo de material de desecho y lamina de cartón	3	1
Viviendas con piso de material diferente de tierra	1	0
Viviendas con 1 dormitorio	1	1
Viviendas con 2 a 5 cuartos (no incluye cocina exclusiva)	4	4
Viviendas con dos cuartos incluyendo la cocina	1	2
Viviendas que utilizan gas para cocinar	0	1
Viviendas que utilizan leña para cocinar	5	4
Viviendas con energía eléctrica	1	0
Viv. sin agua entubada, drenaje ni energía eléctrica	4	5

Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal, (SNIM) del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) Sistema Asociado de Localidades (2000)

En general ambas localidades presentan un alto nivel de marginación, las posibilidades de crecimiento de las localidades son bajas, actualmente se están beneficiando por la existencia de empleos temporales en la CFE y en los trabajos de la construcción del puente en el Paso de La Yesca.

#### **IV.2.3.2.2 *Perspectiva de la Población con Respecto a la Posible Realización del PH La Yesca.***

Los habitantes de ambas localidades tienen una opinión positiva con respecto a la posible construcción de la PH La Yesca. En el Paso de La Yesca las cinco familias que conforman la comunidad de la localidad están relacionadas ya que las cabezas de las familias son hermanos.

En la comunidad del Paso de la Yesca consideran que tendrían gran beneficio si se realizara la presa ya que en los últimos años no han sembrado porque las tierras son improductivas. Los hermanos García Bueno que viven en la localidad que su padre Lauro García Moreno y ellos son dueños de aproximadamente 1 200 hectáreas que serían afectadas, alrededor de novecientas en el margen izquierdo y trescientas en el margen derecho<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Esta información fue proporcionada por el señor Oscar García Bueno habitante de el Paso de la Yesca y jubilado por la Comisión Nacional del Agua. La entrevista se realizó el

En Mesa de Flores los entrevistados mencionaron que estarían de acuerdo con la construcción de la presa, porque habría trabajo para todos. En esta localidad vive el señor Pedro Celaya Castañeda que es propietario de 1392 hectáreas aledañas al lugar donde se construiría la cortina de la presa. Cabe mencionar que el señor Pedro es propietario de los terrenos donde están construidas las casas de las otras familias pobladoras de la localidad, la señora Rosalina mencionó que él da los permisos de construir a las personas que son de su agrado.

La posición del señor Pedro Celaya Castañeda es que se realice la presa y con respecto a sus tierras estableció, que es indiferente entre recibir el pago correspondiente por las hectáreas afectadas ó recibir otras tierras a cambio. Con respecto al valor de las tierras mencionó que hace tres años le ofrecieron un millón de pesos por toda su propiedad y no aceptó.

En suma, la población de ambas localidades solo identifica beneficios de la posible construcción de la presa. Existen otras localidades que serán afectadas de manera sustancial por la inundación del puente que los comunica. La población de San Pedro Analco y todas las rancherías que se encuentran en su entorno suman un total de novecientas personas que utilizan el puente que cruza el río Santiago y que les permite comunicarse con la cabecera municipal de Hostotipaquillo y con la cabecera de Magdalena.

La opinión de los representantes de los pobladores es que deben restaurarles un puente con las mismas comodidades que el actual. Dicho puente fue el resultado de una gestión de tres años por parte de los líderes y de movilizaciones de la población, además parte del costo del puente fue solventado por los pobladores de la área. En este caso se recomienda hablar con los pobladores y consensar la instalación del nuevo puente en caso de realizarse el proyecto.

#### **IV.2.3.2.3 *Evaluación de Impacto y Participación Ciudadana***

Con el propósito de conocer las implicaciones sociales que tendrían los impactos ambientales detectados en la manifestación de impacto ambiental y en consecuencia, el nivel de aceptación social del proyecto se consideró que era indispensable llevar a cabo un estudio anticipado de participación ciudadana. Dicho estudio se realizó siguiendo una metodología sistemática de análisis de la situación y de percepciones sociales encaminada a facilitar el dialogo con los involucrados y detectar impactos que serían muy difícil de detectar sin esta evaluación, así como, acciones necesarias que pueden ser interpretadas como condiciones mínimas de aceptación del proyecto.

Los resultados de éste trabajo se presentan con detalle en anexo 22

### IV.2.3.3 Mapa de Uso Actual de Suelo

Para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional fue necesaria la adquisición de un número de escenas o imágenes satelitales que cubrieran toda el área de estudio que abarca una superficie de 65 000,00 ha.

Estas imágenes fueron tomadas por el satélite QuickBird que posee una resolución multispectral de 2,4 metros y una resolución pancromática de 0,60 cm. Con ellas y un software especializado se realizó una clasificación de tipo supervisada para obtener el mapa de uso de suelo.

Una clasificación supervisada es un proceso por el cual el programa computacional analiza los espectros de onda electromagnética captados por la imagen satelital. Al finalizar este análisis el programa generará un mapa, clasificando las áreas que posean el mismo tipo de onda electromagnética y cuantificando su superficie y continuidad.

A este proceso se le agregarán “muestras” que son áreas definidas por el usuario por medio de “regiones” o áreas tomadas sobre la foto, donde se especifica el tipo de uso de suelo que ahí se realiza. Posteriormente, a la versión completa del mapa se le realizan otros ajustes, como son la eliminación de unidades aisladas y, en este particular caso, el uso de un mapa de pendientes para eliminar las zonas donde, por lo abrupto del terreno, no exista vegetación o un uso útil del suelo. Con este proceso se depuran los errores generados por la computadora y se obtiene un mapa con alto grado de exactitud.

La principal ventaja de este mapa, además de la claridad con que la clasificación identifica el uso de suelo actual, es la exactitud que este posee. La imagen original QuickBird está ortorectificada con el sistema de coordenadas UTM y datum WGS84, los cuales están definidos en los términos de referencia. El mapa generado posee la misma ortorectificación lo cual permite la inserción de vectores representativos de la zona, como pueden ser los caminos, el lecho del río, las curvas de nivel y el área de embalse.

#### IV.2.3.3.1 Metodología.

##### Recepción de imágenes satelitales.

Se recibieron 820 km<sup>2</sup> de imagen satelital QuickBird dividida en escenas multispectrales y pancromáticas, con una resolución máxima de 60 cm.

Adicionalmente se adquirieron una escena de Landsat 7 con resolución máxima de 15 metros la cual cubre toda la zona de estudio.

Ambos productos fueron recibidos por paquetería en un compendio de cd's lo cual requirió un proceso posterior de descarga y ordenamiento para proseguir con el proceso de las imágenes.



Fusión de la imagen blanco y negro de 60 cm. con la imagen multiespectral (a color) de 2,4 metros para obtener como resultado una nueva imagen de 60 cm de resolución a color.

Una vez descargadas las escenas estas son unidas en el mismo espacio geográfico, este proceso se realiza primero con las imágenes multiespectrales (a color) y posteriormente se repite con las pancromáticas a 60 cm (a blanco y negro). A partir de esta unión ambos archivos conteniendo las escenas se fusionan sobreponiendo unas sobre otras, obteniendo como producto final una imagen a colores con resolución de 60 cm.

El mismo proceso se realizó con la imagen Landsat al sobre poner la escena multiespectral a 30 metros y la de intensidad pancromática a 15 metros, lo cual ofreció un producto de alta resolución y más manejable.

### **Ejecución de algoritmos de clasificación no supervisada.**

Se realiza sobre ambos productos una clasificación no supervisada. Este proceso realiza una identificación de clases a partir de los píxeles presentes en la imagen sin delimitación de clases por parte del usuario.

Con este método se realiza una selección de clases más sencilla pues el programa ya identificaría un número de ellas.

### **Elección de leyenda de clases a incluir en la clasificación de usos de suelo.**

A partir de la primera clasificación y de las unidades ambientales pre-seleccionadas se otorgan nombres y colores a las áreas (muestras) a clasificar dentro de la imagen.

Es importante mencionar que los colores empleados deben de ser variados, esto con el fin de evitar confusiones que impidan la correcta supervisión de los mapas de uso de suelo que son generados parcialmente.

### **Impresión para trabajo en campo.**

Se prepararon hojas de impresión para las diferentes escenas delimitadas por el usuario dentro del área de estudio. Estas escenas corresponden a áreas de estudio particular para las actividades de tomas de puntos y validaciones geográficas.

Las hojas de impresión usaban grids de coordenadas UTM, escala, norte geográfico y una escala de 1: 5 000 por hoja. De esta manera el mapa puede ser leído y sus elementos identificados en el terreno sin problema alguno.

### **Toma de puntos de control GPS de muestras para la clasificación y de muestras de Verificación.**

Esta etapa es una de las más laboriosas e imprescindibles dentro del estudio. Con las imágenes impresas y dispositivos GPS de alta precisión se tomaron puntos en sitios altamente identificables dentro de la imagen y del terreno, esto con el fin de que no exista errores o discrepancias al ortorectificar la imagen.

Adicionalmente a la toma de puntos se identificaron y delimitaron áreas que servirán para los algoritmos de la clasificación supervisada. Estas áreas fueron delimitadas en lugares específicos previamente elegidos en gabinete sobre la imagen especialmente por su dificultad de clasificación a simple vista o por su importancia dentro de la imagen. Con esta supervisión la clasificación mejorara en cuanto a su veracidad, certeza y calidad.

### **Georeferenciación precisa de las imágenes y ortorectificación.**

A partir de los puntos de control GPS tomados en campo, así como un modelado del censor del satélite y un Modelo Digital de Elevación (DTM) elaborado particularmente para este proyecto se corrigieron errores geométricos debidos al accidentado relieve de la zona del estudio y a las distorsiones atmosféricas. Con este proceso se le da a la imagen un nivel alto de exactitud y queda lista para la inserción de muestras de campo para la clasificación.

### **Corrección atmosférica básica.**

La distorsión atmosférica es junto al relieve los dos factores que más afectan la exactitud de las imágenes satelitales. Ambos pueden ser mitigados por medio de procesos correctivos. Para el caso de la distorsión atmosférica se aplicó el método del píxel oscuro que consiste en la resta de para cada banda de los valores mínimos del píxel de todos los demás. El resultado es una imagen mucho más homogénea y con gran exactitud para el resto de los procesos que se llevarán a cabo.

Cabe mencionar que este proceso si bien disminuye la cantidad de nubosidad no resuelve el problema de manera eficaz, sin embargo la distorsión provocada por la atmósfera si se ve reducida en su totalidad.

### **Mejora espectral y espacial de las imágenes (visual).**

La imagen recibió un tratamiento a base de filtros y contrastes especiales con lo cual quedó lista para el proceso de clasificación supervisada. Estos filtros y contrastes ya están preestablecidos matemáticamente dentro del programa sin embargo se debe de hacer una mezcla adecuada para el tipo de imagen y el producto final buscado.

### **Introducción de muestras para la clasificación.**

Sobre la imagen se digitalizaron los polígonos de las muestras recolectadas por medio de GPS siendo estos polígonos de 1 hectárea de extensión como mínimo.

Las muestras se convierten en parte de la imagen y junto a las detectadas visualmente en el escritorio delimitan lo que la máquina ha de clasificar.

### **Edición y evaluación estadística de muestras.**

Una vez establecidas las muestras dentro de la imagen y convertidas en archivos raster se calculan las estadísticas de presencia o cobertura por clase en la imagen. Los datos obtenidos sirven para hacer aproximaciones a las áreas de coberturas deseadas o conocidas y son indicadores de la exactitud del proceso de inserción de muestras.

### **Algoritmos de clasificación supervisada.**

El siguiente proceso fue la ejecución de los algoritmos de clasificación supervisada sobre la imagen corregida. Se empleó el método denominado Máxima Probabilidad el cual compara los píxeles contenidos dentro de las muestras dadas por usuario y busca similitudes dentro de la imagen lo cual hace una agrupación bastante efectiva. Este proceso se repite en varias ocasiones con el fin de mejorar la clasificación elevando el porcentaje de exactitud al corregir errores claros con la inserción de más muestras en áreas denominadas como confusas.

### **Algoritmos de mejora de la clasificación.**

Con el proceso anterior se obtuvo una imagen con una precisión del 65% aproximadamente. El trabajo posterior consiste en afinar las clasificaciones por medio de la inserción de más muestras o la inclusión de clases completas por medio de métodos manuales, como sería la digitalización de áreas o automáticos como realizar más clasificaciones con las nuevas muestras.

### **Edición de muestras y de resultados de clasificación.**

Los datos obtenidos son editados para evitar confusiones finales para el mapa de uso de suelo parcial, la edición comprende no solamente los colores de las clases sino algunos errores como la invasión de áreas fuera de la imagen.

### **Verificación de la precisión de la clasificación.**

Verificación final de los resultados de la Clasificación de Usos del Suelo en esta verificación se emplean verificaciones en campo. Este resultado genera un 90% de exactitud.

### **Aplicación de filtros: filtros de mayoría.**

Para generalizar el mapa resultante de Usos del Suelo se aplicaron filtros tipo mayoría que eliminaron aquellos píxeles aislados y que para la escala del estudio son innecesarios e irrelevantes. Estos filtros son establecidos por la computadora y supervisados por el usuario para encontrar el resultado deseado. Se tuvo cuidado de que los filtros no afectaran áreas muy específicas e identificadas pero que se encuentran aisladas de otros grupos similares, lo que haría que la máquina los retirara.

### **Estadísticas de resultados.**

Se generaron reportes de estadísticas de superficies existentes de cada clase del mapa de Uso Actual del Suelo final.

### **Conversión de resultados a formato vectorial.**

Los resultados hasta este proceso se habían manejado siempre en formato Raster, a partir de su conclusión serán convertidos a formato vectorial y exportados al software ArcView para su integración al sistema de información geográfica.

### **Edición vectorial.**

Para su mejor manejo dentro del Sistema de Información Geográfico se editarán los resultados del mapa de Usos del Suelo en formato vectorial.

## **IV.2.3.3.2 Descripción Uso Actual de Suelo.**

### **IV.2.3.3.2.1 Identificación y Cuantificación de Áreas.**

Una vez realizado el mapa, se caracterizó el estado que presenta la zona donde se pueden desprender dos grupos principales de unidades: la que se originan por el desarrollo de las actividades antrópicas y las que se encuentran por efecto de las características propias del medio biofísico de la zona, obteniendo 14 clases o unidades ambientales (figura 68) con sus respectivas superficies y porcentajes de acuerdo al área de estudio (tabla 136).

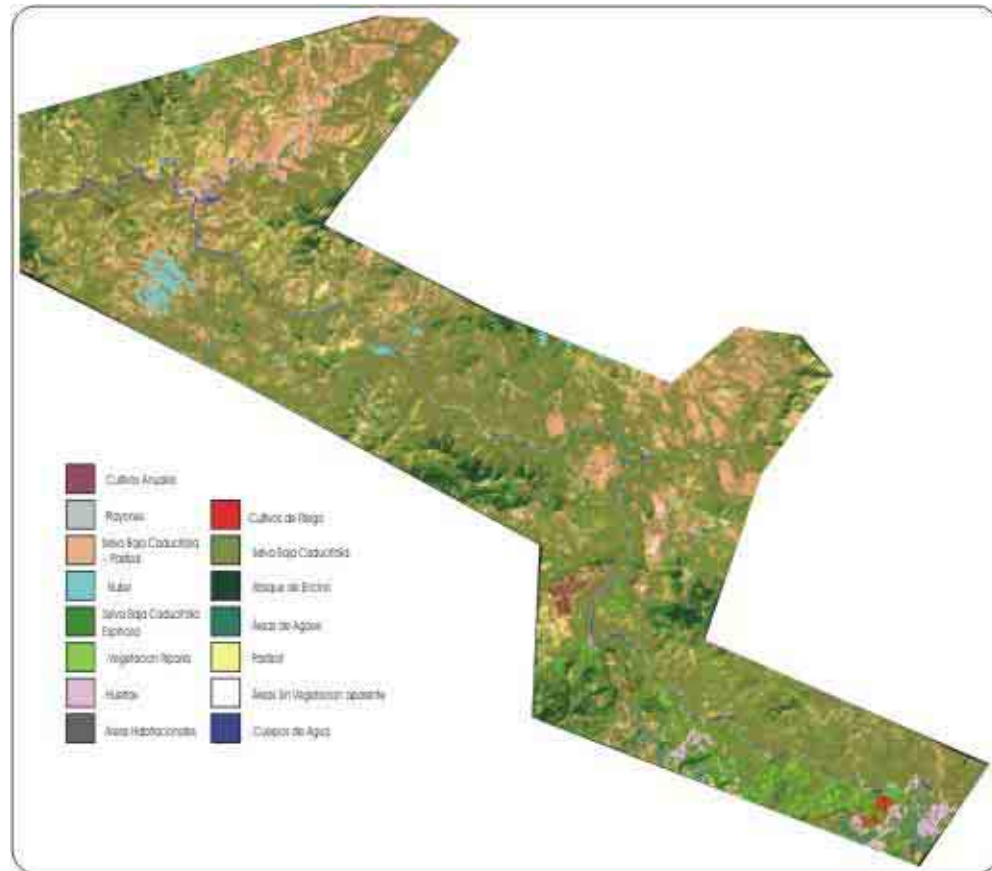


Figura 68 Mapa de Uso Actual del Suelo.

Clase	ha	%
Playones	494,76	0,76
Áreas Habitacionales	143,88	0,22
Cultivos de Riego	264,81	0,41
Cuerpos de Agua	502,90	0,77
Huertas	456,90	0,70
Áreas Sin Vegetación Aparente	481,16	0,74
Selva Baja Caducifolia Espinosa	3 491,61	5,37
Áreas Agave	1 096,75	1,69
Cultivos Anuales	2 067,96	3,18
Vegetación Riparia	732,32	1,13
Bosque de Encino	4 654,56	7,16
Sucesión Selva Baja Caducifolia con Pastizal	6 019,80	9,26
Áreas de Pastizal	5 882,08	9,05
Selva Baja Caducifolia	38 710,51	59,55
<b>Total</b>	<b>65 000,00</b>	<b>100,00</b>

Tabla 136 Resultados de la clasificación del Mapa de Uso Actual del Suelo.

### **Cultivos de Riego.**

Terrenos generalmente planos en los cuales se utilizan sistemas de riego principalmente rodado o de aspersión donde se cultivan hortalizas, cereales o praderas. La utilización de sistemas de riego intensifica el uso de estas tierras ya que se pueden lograr hasta tres cosechas al año.

Estas áreas poseen una cobertura de 264,81 ha dentro del área de estudio.

### **Áreas de Agave.**

El agave se cultiva en terrenos con topografía de relieve, que va de los planos a moderados en los que la cubierta vegetal original ha sido removida por completo y en los que actualmente se desarrollan cultivos de agave.

Anteriormente el agave se cultivaba sobre todo en terrenos poco productivos o poco apropiados para otros cultivos más redituables. Sin embargo, con el incremento en las ventas del tequila en el mercado nacional e internacional y la bonanza en el precio del agave, hizo que muchos agricultores plantaran agave, el cual es un cultivo que toma aproximadamente de 7 a 8 años para estar en su punto de madurez necesario para la elaboración de la bebida alcohólica y las labores culturales que se realizan en la zona son limpieza del terreno, subsoleo cruzado, paso de rastra, encalado de suelo, siembra de plantas a una densidad de 3 100 plantas /ha. ( ya que su propagación es por hijuelos) paso de arado en callejones, esto en el primer año del cultivo; posteriormente del año dos al seis se realiza la aplicación de pesticidas ( herbicidas, fungicidas, insecticidas ), aplicación de fertilizantes al suelo así como foliares, desahije, por ultimo en el año siete se realiza la jima, esta actividad se refiere al retiro de la hoja y de la raíz del agave para dejar solo la piña la cual contiene los azúcares que serán transformados en alcoholes.

Según los valores obtenidos de las versiones actuales del mapa de uso actual del suelo, podemos encontrar 1 096,75 ha plantadas con agave en la zona de estudio.

### **Cultivos Anuales.**

Esta unidad se desarrolla en terrenos con topografía de relieve, que va de los planos a moderados en los que la cubierta vegetal original ha sido removida por lo que actualmente se desarrollan actividades agrícolas, los cuales se siembran una vez cada año y que dependen del régimen de lluvias para obtener una cosecha; las labores culturales que se realizan son la mecanización con pasos de rastra, arado, cultivadora y subsoleo, donde la topografía y la profundidad del suelo lo permite, la adición de abonos químicos y uso de pesticidas, en esta clase podemos encontrar cultivos como maíz, frijol, sorgo y garbanzo entre otros.

Son diversos tipos de cultivo y se ubican en áreas cercanas a las poblaciones.

También existen muchas parcelas en áreas aisladas usadas primordialmente como fuente de alimento. Su cobertura equivale a 2 067,96 ha.

### **Áreas de Pastizal.**

Estas se encuentran en terrenos con topografía de relieve de moderado a escarpado, en donde han sido eliminados los individuos arbóreos y arbustivos, introduciendo semillas de pastos principalmente *Andropogon gayanus* e *Hyparrhenia rufa* o induciendo la propagación de las especies nativas de gramíneas y en los que actualmente se desarrollan actividades pecuarias destinadas a la ganadería extensiva.

El área de cobertura de esta unidad es de 5 882,08 ha siendo la segunda de mayor cobertura dentro del área de estudio.

### **Áreas Habitacionales.**

Estas son las áreas cubiertas por zonas habitacionales de diferentes clases y construidas con diferentes materiales, lo cual hizo difícil su clasificación, la mayoría de estos sitios no cuentan con los servicios públicos básicos ya que se ubican en áreas rurales.

Estas áreas representan 143,88 ha de ocupación.

### **Áreas Sin Vegetación Aparente.**

Estas son áreas que no cuentan con una cobertura vegetal y presentan el material geológico del sitio. En esta clase se incluyen los caminos de terracería.

Los suelos desnudos representan 481,16 ha dentro del área de estudio.

### **Huertas.**

Áreas con plantación de árboles frutales (principalmente mangos y ciruelos en la zona) manejados con el fin de obtener cosechas. Estas áreas pueden ser tanto de riego como de temporal, las labores culturales que se realizan en éstas son la aplicación de fertilizantes químicos, utilización de pesticidas para el control de malezas, insectos, hongos y bacterias, así como de fauna nociva; La utilización de maquinaria es poco habitual, ya que la mayor parte de estas huertas se localizan en áreas con pendientes mayores al 7% y cubren 456,90 ha en el área de estudio.

### **Selva Baja Caducifolia.**

Este tipo de vegetación se caracteriza por presentar mayormente árboles y arbustos con ramificaciones a corta distancia del suelo. Las cortezas de las especies leñosas pueden variar desde las lisas, de colores claros o de varios colores, lustrosas, algunas exfoliantes, y en ocasiones armados. La presencia de látex y de resinas también es común en la mayoría de las especies que conforman esta comunidad. Las copas de los árboles, son

mayormente planas y anchas, con hojas principalmente compuestas de foliolos pequeños, aunque pueden estar presentes especies con hojas simples y anchas, las cuales se encuentran en sitios protegidos, como son las cañadas o barrancas de tributarios. La fenología de las especies es muy marcada, la cual va de acuerdo al régimen de humedad que es típico de este tipo de vegetación. En la temporada de secas el 80% de las especies pierden sus hojas y es cuando florecen; las flores varían de tamaño y por lo común son amarillas y blancas.

Esta es la unidad con mayor presencia en el área de estudio representando 38 710,51 ha de cobertura.

### **Sucesión Avanzada de Selva Baja Caducifolia con Pastizal.**

Este tipo de vegetación se caracteriza por estar zonas donde se estableció anteriormente un pastizal y que por el avance propio de la naturaleza o abandono de la zona como sitio de pastoreo, presenta elementos propios de la Selva Baja Caducifolia en una sucesión avanzada.

Estas áreas representan una totalidad de 6 019,80 ha y son la tercera en cobertura total.

### **Vegetación Riparia.**

Esta comunidad vegetal se caracteriza principalmente por las especies arbóreas que lo integran, cuyos individuos presentan una ramificación abundante, carecen de espinas, de altura que varía de 18 a 25 metros y alrededor del 50% al 75% de los componentes primarios de esta comunidad, pierden sus hojas durante lo más acentuado de la época seca. Se localiza en áreas regularmente planas, de suelos profundos, cerca de los ríos y arroyos en áreas y sitios donde se conserva una mayor humedad.

La unidad de este tipo se encuentra ubicada al borde de los ríos y representan 2 732,32 ha de cobertura

### **Selva Baja Caducifolia Espinosa.**

Este tipo de vegetación fisonómica y florísticamente se encuentra conformado por un solo estrato arbóreo que va de 4 a 7 metros de alto. Dominan árboles delgados que en su mayoría se ramifican desde niveles bajos, provistos de hojas o foliolos pequeños (nanofilas), mayormente perennifolios. Abundan sobremanera los elementos espinosos, incluyendo a veces cactáceas. Las trepadoras y epifitas son escasas, al igual que elementos herbáceos. Es un tipo de vegetación que se localiza lugares planos como los que se encuentran distribuidos en pequeñas áreas, principalmente en suelos planos de aluvión (meandros), a la orilla del Río Santiago y Bolaños. Es una comunidad integrada mayormente por elementos arbóreos y arbustivos con espinas.

Esta unidad posee un área de 3 491,61 ha de cobertura.



### **Cuerpos de Agua.**

Áreas ocupadas por agua como pueden ser aguajes, bordos, jagüeyes, corrientes perennes, entre otras. Y representan un total de 502,90 ha.

### **Playones.**

Áreas o terrenos que se ubican principalmente sobre ambas márgenes de las corrientes fluviales y que van formando playones que acumulan arena y piedras y representan un área de 494,76 ha.

### **Bosque de Encino.**

Este tipo de vegetación se caracteriza por estar integrado por árboles de 4 a 25 m de altura con pocas especies dominantes, de ramificación abundante, hojas coriáceas, planas, anchas y caducas en la época seca y son alrededor de 4 654,56 ha de cobertura.

#### **IV.2.3.3.2.2 Resultados .**

Con el establecimiento del proyecto en donde se inundaran un total de 3 492,00 ha, la afectación por esta acción corresponde al 5,37% de la superficie total del área de estudio (figura 69), y se refleja la pérdida de superficie o cambio de uso por la presencia del agua en las clases de uso de suelo (tabla 137).



Figura 69.- Área inundable del Mapa de Uso Actual del Suelo.

Clase	ha inundadas	%
Playones	319,48	0,49
Área Habitacional	4,08	0,01
Cultivos de Riego	6,20	0,01
Agua	303,71	0,47
Huertas	0,00	0,00
Áreas Sin Vegetación	18,26	0,03
Selva Baja Caducifolia Espinosa	222,67	0,34
Áreas Agave	0,00	0,00
Áreas Cultivos Anuales	28,07	0,04
Vegetación Riparia	53,10	0,08
Bosque de Encino	0,00	0,00
Sucesión Selva Baja Caducifolia con Pastizal	503,59	0,77
Pastizal	220,61	0,34
Selva Baja Caducifolia	1 812,22	2,79
<b>Total</b>	<b>3 492,00</b>	<b>5,37</b>

Tabla 137. Resultados de la clasificación del Mapa de Uso Actual del Suelo que serán inundadas por el embalse.

Para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional fue necesaria la adquisición de un número de escenas o imágenes satelitales que cubrieran toda el área de estudio que abarca una superficie de 65 000,00 ha.

#### **IV.2.3.4 Seguridad e Higiene Ocupacional**

Respecto a la seguridad e higiene ocupacional se puede decir que no hay una ingerencia significativa dadas las condiciones actuales de la zona de estudio ya que tomando en cuenta el número de pobladores (64 habitantes), y los riesgos a los que se enfrentan, como por ejemplo: picaduras de insectos, enfermedades por baja calidad de higiene, consumo de agua contaminada, difícil acceso a las comunidades, déficit en los servicios de salud así como su difícil comunicación entre los poblados de Mesa de Flores y Paso la Yesca.

IV.2.2	MEDIO BIÓTICO.....	136
IV.2.2.1	Vegetación terrestre y/o acuática.....	136
IV.2.2.1.1	Metodología .....	136
IV.2.2.1.2	Descripción de los tipos de vegetación .....	155
IV.2.2.1.3	Degradación Ambiental .....	185
IV.2.2.1.4	Florística.....	186
IV.2.2.2	Fauna terrestre y/o acuática.....	192
IV.2.2.2.1	Metodología .....	192
IV.2.2.2.2	Fauna presentes en el área de estudio .....	198

## IV.2.2 MEDIO BIÓTICO

### IV.2.2.1 Vegetación terrestre y/o acuática

#### IV.2.2.1.1 Metodología

##### IV.2.2.1.1.1 Trabajo de campo

Inicialmente se realizó un plan de salidas semanal con tres equipos de trabajo para cubrir la totalidad del área de estudio del medio físico y natural, dos de ellos ejecutaron los muestreos cuantitativos por transectos en franja de 50 x 2 m (100 m<sup>2</sup>). El otro equipo realizó colectas generales en sitios de difícil acceso con la finalidad de obtener un registro más confiable de la riqueza florística. El listado florístico se completó con la información obtenida de los muestreos, colectas generales, revisión de base de datos y consulta de herbario. Todos los puntos de muestreo fueron ubicados geográficamente por medio de un GPS Magellan 315 y altímetro Tommen (tabla 26).

**Tabla 26. Puntos de muestreo y de recolecta general para la Línea Base.**

Estado	Municipio	Localidad	UTM /Geográficas	UTM /Geográficas	Altitud (msnm)
Nayarit	La Yesca	La Boquilla, Arroyo de La Barranca	592 896	2 344 604	271
			592 915	2 344 664	453
592 951	2 344 651				
		Arroyo El Naranjo	593 817	2 344 640	292
		Arroyo El Naranjo	594 070 594 102	2 344 384 2 344 351	460-462
		Arroyo El Naranjo	594 450 594 397	2 344 914 2 347 568	280-300
		Arroyo El Ciruelillo (Tajo de Juanepatilla)	594 352 594 322	2 344 942 2 344 971	300-310
		La Boquilla	593 018	2 343 775	550-570
			593 031	2 343 820	
			593 018	2 343 775	
			593 020	2343779	
			593 922	2 343 760	
			593 155	2 343 801	
		Orilla del Río Santiago, lugar arenoso	21° 12' 00" N	104° 05' 49" W	250
		80 m después de la puerta por el Río Santiago, hacia el puente	21° 12' 17" N	104° 05' 17" W	270
		Camino La Yesca	21° 12' 02" N	104° 04' 20" W,	450
			21° 11' 53" N	104° 04' 25" W,	440
		Brecha a la Yesca	596 385	2 344 617	530

		200 m al E del km 5 de la brecha a La Yesca	596 193	2 344 094	490
		Brecha Paso La Yesca	596 621 596 820	2 345 638 2 346 730	800 1195
		El Zapotito	597 331	2 347 337	1170
Jalisco	Hostotitapaquillo	Arroyo Juanacatila,	595 832 595 829	2 343 976 2 344 023	340
		Paso La Yesca	595 854 595 876 596 590 596 566	2 393 701 2 343 704 2 343 443 2 343 502	370 370 350 340-350
		Playón al noroeste de Mesa de Flores, Río Santiago	593 537 593 514 593 573	2 344 394 2 344 347 2 344 406	280-300 280-300 280-300
		Tajo Largo	593 534 593 485 593 525 593 543 593 504 593 543 593 504	2 344 193 2 344 218 2 344 162 2 344 005 2 343 977 2 344 005 2 343 977	316-333 316-333 330-360 330-360 420-440 440 380
		Campamentos	592 438 592 435 592 452	2 343 124 2 343 108 2 343 111	300-320
		Camino del Arroyo Juanepanta a El Manguito	592 905 592 874	2 343 017 2 342 917	683-688
		Mesa de Flores, La Haciendita,	595 393 595 316 595 255 595 065 595 070 595 022	2 343 971 2 344 015 2 344 113 2 344 033 2 343 883 2 343 748	350-409 360 400 450 510 550
		Brecha Hostotitapaquillo-Mesa de Flores, 2 km de Mesa de Flores	21° 10' 36" N,	104° 05' 05" W	660
		Brecha Mesa de Flores-Paso La Yesca	595 377	2 343 105	450
		Río Santiago, "La Canastilla"	596 222	2 342 778	320
		Camino al segundo arroyo, camino a Copala	596 206 596 138 596 028	2 342 780 2 342 659 2 342 333	467 512 521
		Camino al segundo arroyo, camino a Copala, ladera de exposición N	596 014 594695	2 342 361 2 344 771	527 420

		Camino al segundo arroyo, camino a Copala, cañada con ladera de exposición W	596 114 596 030	2 342 495 2 342 362	450 420
		Km 18 de la brecha Hostotipaquillo-Mesa de Flores	594 967 594 977	2 341 961 2341983	670 650
		Arroyo Las Juntas	594 870 594 932	2 339 635 2 339 606	540 550
		Camino que sale de Hostotipaquillo a La Yesca	595 483	2 337 778	860
		Km 8 del camino Hostotipaquillo-La Yesca	596 074	2 331 333	1050
		Km 14 del camino Hostotipaquillo-La Yesca	595 340	2 339 465	600
		Km 16 del camino Hostotipaquillo-La Yesca	595 388	2 339 456	600
		Primer arroyo	596 334	2 342 958	500
		Camino Hostotipaquillo-La Yesca	595 429	2 339 504	615
		Km 13 del camino Hostotipaquillo-La Yesca	595 639	2 338 268	750
		Km 10 del camino Hostotipaquillo-La Yesca	595 493	2 336 781	870
		Km 19 brecha Hostotipaquillo-Mesa de Flores	595 038	2341960	550
		Vado, km 8 del camino Hostotipaquillo-La Yesca	596 232	2 335 363	900
		Km 5 del camino Hostotipaquillo-La Yesca	596 124	2 334 793	930
		Km 5, lado E del camino Hostotipaquillo-La Yesca	596 153	2 334 784	940
		Km 3-2 del camino Hostotipaquillo-La Yesca	596 500	2 333 765	970
		Al E del camino Hostotipaquillo-La Yesca	595 727 595 728	2 332 621 2 332 613	1000 1000

		Al W del camino Hostotipaquillo-La Yesca	595 731	2 332 609	1000
		Camino Hostotipaquillo-San Pedro Analco	607 617 607 440 21° 65' 43"	2 333 685 2 333 618 103° 57' 49"	350 400 700
		Camino 5 minas a Sayulimita	610 342	2 328 005	1 230
		Desembocadura del Río Chico y el Río Santiago,	618 789	2 330 522	420
		La Víbora, camino a Sayulimita	614 343 611 906	2 327 966 2 327 350	1 000 1 205
		Antes de llega a 5 Minas	608 370 606 628 605 820 604 823	2 325 938 2 326 288 2 325 764 2 324 253	1 300 1 350 1 350 1 300
		Camino Hostotipaquillo-Paso La Yesca	595 189 595 035	2 336 963 2 336 958	950 900
		La Haciendita-Las Higueras	616 207 616 058	2 327 926 2 328 417	975 977
		Brecha a Sayulimita	614 750 613 078 612 544	2 328 275 2 327 133 2 325 286	1 120 1 211 1 692
		Ladera de exposición N del Río Santiago. frente la desembocadura del Río Chico	618 756	2 330 578	480
	San Martín de Bolaños	Brecha a Palo Verde (margen derecha del Río Bolaños)	597 595 597 543 597 304 597 257	2 343 641 2 343 628 2 344 073 2 344 060	410-420 420 350 370-380
		13 Km 3 caminos a La Yesca (margen izquierda del Río Bolaños)	596 005 596 050	2 343 797 2 343 709	410-430 430
		Río Bolaños, debajo de la Minita	598 689 598 217 598 253	2 344 974 2345073 2345059	350 360 370
		Río Bolaños	598 418	2 345 045	350
		Río Bolaños, ladera de exp. N	598 373	2 345 030	380
		Parte baja del Río Bolaños	598 289	2 345 090	360
		Terraza de alubión del río Bolaños	598 045	2 344 809	380
		Cañada de exposición sur, al	598 032	2 344 723	370



		E del Caimán			
		Campamento al E del Caimán, Río Bolaños	597 483	2 344 251	360
		Río Bolaños, al E del Caimán	597 297	2 344 481	340
		El Caimán, Río Bolaños	596 622 596 545	2 343 863 2 343 950	330 340
		1 km antes de llegar a la estación Hidrométrica El Caimán, Río Bolaños	596 699	2 343 542	340
		1 km al NE del Paso La Yesca, camino al Caimán, Río Bolaños	596 771	2 343 229	340
	Tequila	Planta de Luz, camino a San Pedro Analco	607 173	2 335 068	400
		Aprox. 200 m de puente a San Pedro Analco	607 525	2 334 733	400
		Camino que sale del puente, margen E del Río Santiago	607 324 607 334	2 334 427 2335247	400 450
		100 m del puente, margen E del Río Santiago	607 482	2 334 660	330
		Orillas del Río Santiago, camino a San Pedro Analco	607 419	2 334 648	350
		1.5 km antes del puente a San Pedro Analco	607617	2333685	360
		Río Chico	620 092 619 299 619 665	2 330 387 2330330 2330368	450 500 440
		Intersección del río Chico	619 031	2330472	470
		Ladera de exp.N Desembocadura del río Chico	618 854	2330200	480
		Ladera de exp.S Desembocadura del río Chico	618 757	2330579	480
		Huerta de Mangos y ciruelas, Río Chico	620 092	2 330 387	450-550
		San Martín de las	619 703	2 318 937	500

		Cañas, abajo del escalón Río Santiago. Huerta El Salto	619 603 619 567 619 593 619 669	2 319 078 2 319 109 2 319 093 2 319 023	510 520 510 520
		Sayulimita, Paso La Higuera	617 658 617 784	2327509440 2327495	440 440
		Paso de La Joya, Sayulimita	618 050	2326712	460
		Camino Al Salto, al N de San Martín de las Cañas	619 663-	2 318 658	600
		Camino a Tapezco, lugar cercano a los Tepetate	625 584	2 325 185	1 640
		Cerca de Chome	632 165	2 317 340	1 200
		Brecha de La Laja-al Limón, orillas del Río Santiago	622 910 692 919 622 832 622 817 622 726 622 251 622 712 622 203 622 106	2 317 228 2313233 2 317 216 2 317 184 2 317 035 2 316 825 2 316 994 2 316 240 2 315 265	450 450 440 510 590 720 590 787 1 103

#### IV.2.2.1.1.2 Colecta de material botánico

Se siguió la metodología propuesta por Lott y Chiang (1986) para las diferentes familias de plantas. Los especímenes de herbario preparados contienen datos de: municipio, localidad, fecha de recolección, altitud, coordenadas geográficas (en grados, minutos y segundos o en UTM con datum WGS 84). Además cada ejemplar contiene observaciones de las especies de campo, tales como hábito de crecimiento, tamaño, color y olor de flores, color, olor y sabor de frutos, frecuencia en el lugar, colector(es) y número de colecta. Hasta donde fué posible, los ejemplares se colectaron con sus respectivos duplicados. La colección más completa se depositará como referencia y para consulta en el Herbario de la Universidad de Guadalajara (IBUG).

El estado de conservación de las especies se estimó con base en la presencia de especies indicadoras de disturbio y se identificaron aquellas especies endémicas con estatus de conservación mediante la revisión de los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2001, por último se indagó sobre el uso de la flora en el área.

#### **IV.2.2.1.1.2.1 Vegetación**

Con los datos obtenidos en campo se calcularon, la eficiencia del muestreo, diversidad, diversidad por estrato y valor de importancia.

##### **Eficiencia del muestreo**

Este análisis detecta las tendencias recíprocas de todos los sitios de acuerdo con los valores de riqueza de las especies y posibilita el cálculo de la relación especies-área obteniéndose como eficiente aquel número en el que la desviación estándar (SD)  $\leq 10\%$  del promedio de riqueza. El método es usado para estimar el número óptimo de parcelas a muestrear en una comunidad particular y está basado en los conceptos de área mínima y curva especies-área (Cain, 1938). La eficiencia del muestreo se realizó mediante el uso del programa de cómputo PC-ORD 4,10 (McCune y Mefford, 1999); este programa es una herramienta pertinente para análisis de comunidades ecológicas, ya que fué desarrollado para tal fin.

El análisis de eficiencia del muestreo indica que las primeras 15 parcelas fueron suficientes para el estrato arbóreo ya que los valores del promedio en el número de especies y el promedio de la distancia de las submuestras se acercan lo suficiente (McCune y Mefford, 1999) Figura 60. Por otro lado, la relación entre el promedio de especies y la desviación estándar indica que a las 18 parcelas se tiene eficientemente muestreada la zona, ya que la desviación estándar es igual o menor al 10% del promedio (tabla 27). En contraste, los arbustos se muestrearon eficientemente con 22 y 23 submuestras (parcelas), lo que se ve reflejado en la figura 61 al cruzarse ambas curvas. La relación numérica entre el promedio de especies y la desviación estándar indica que esto sucede hasta la parcela 37, en la que se alcanzó un valor de desviación estándar de 3,97 que representa menos del 10% del promedio (42,44) (tabla 28). Por último, el estrato herbáceo fué muestreado satisfactoriamente a las 16 parcelas (figura 62), la relación numérica del promedio de especies con la desviación estándar indica que es hasta las 28 parcelas, en las cuales se alcanzó el valor de desviación estandar de 4,93, el cual es menor al 10% del promedio (52,04) (tabla 29).

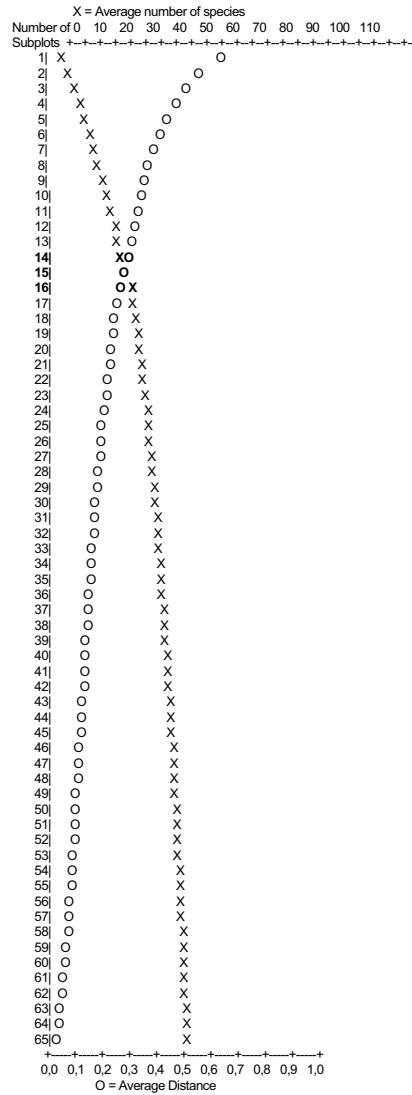


Figura 60. Curva especies-área para datos de árboles que muestra el cruce en los valores de promedio de especies y promedio de distancia de las submuestras. (El punto donde se cruzan ambas curvas indica el punto eficiente para caracterizar la comunidad).

**Tabla 27. Eficiencia de muestreo en árboles.**

Número de parcelas	Número de especies		Número de parcelas	Número de especies	
	Promedio	Desviación estandard		Promedio	Desviación estandard
1	4,37	21,328	34	51,26	33,614
2	8,23	28,331	35	51,46	31,889
3	11,55	30,853	36	52,33	33,714
4	14,41	32,612	37	53,01	31,818
5	17,33	35,549	38	53,48	31,733
6	19,69	35,735	39	54,02	31,856
7	21,91	34,563	40	54,63	29,859
8	24,11	38,098	41	55,20	29,811
9	26,05	39,124	42	55,77	31,485
10	27,16	39,021	43	56,22	28,167
11	29,15	39,086	44	56,68	28,884
12	30,93	41,192	45	57,01	28,135
13	32,27	41,407	46	57,74	27,716
14	33,64	39,959	47	57,98	26,551
15	34,95	40,462	48	58,31	25,735
16	36,22	40,038	49	58,85	24,084
17	37,00	39,070	50	59,39	23,901
<b>18</b>	<b>38,51</b>	<b>37,813</b>	51	60,00	24,429
<b>19</b>	<b>39,40</b>	<b>39,149</b>	52	60,09	23,050
20	40,50	39,620	53	60,65	21,691
21	41,65	36,057	54	61,08	20,387
22	42,25	40,548	55	61,35	21,679
23	43,17	41,343	56	61,69	20,291
24	44,19	36,577	57	62,16	17,194
25	44,85	37,883	58	62,53	16,789
26	45,47	35,455	59	62,89	15,899
27	46,62	36,964	60	63,30	13,998
28	47,06	35,442	61	63,71	12,013
29	47,65	34,847	62	63,95	11,178
30	48,62	34,302	63	64,34	0,9140
31	49,32	35,054	64	64,67	0,6459
32	49,88	34,883	65	65,00	0,0000
33	50,48	36,016			

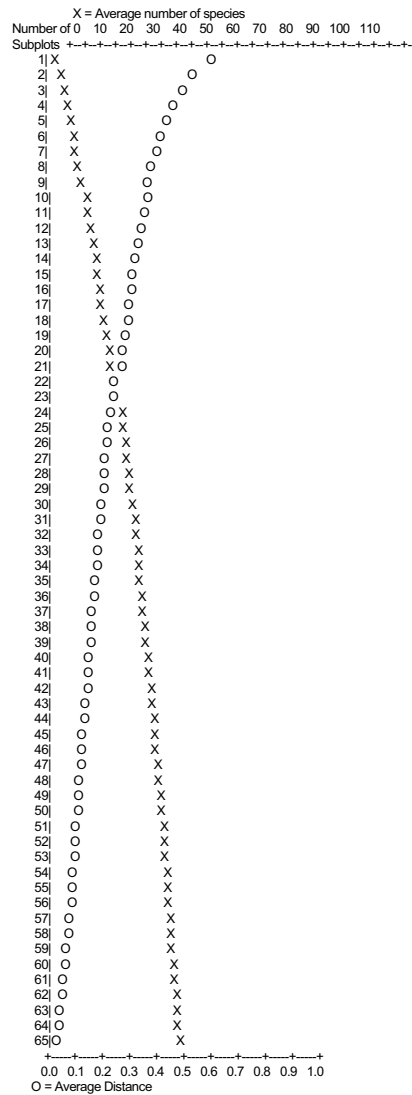


Figura 61. Curva especies-área para datos de arbustos que muestra el cruce en los valores de promedio de especies y promedio de distancia de las submuestras. (El punto donde se cruzan ambas curvas indica el punto eficiente para caracterizar la comunidad).

**Tabla 28. Eficiencia de muestreo en arbustos.**

Número de parcelas	Número e especies		Número de parcelas	Número e especies	
	Promedio	Desviación estandard		Promedio	Desviación estandard
1	2,37	14,638	33	39,23	42,081
2	4,31	19,516	34	39,69	41,075
3	6,05	22,773	35	40,82	41,627
4	7,76	26,626	36	41,52	37,930
5	9,41	26,713	<b>37</b>	<b>42,44</b>	<b>39,793</b>
6	10,93	30,906	<b>38</b>	<b>42,89</b>	<b>42,199</b>
7	12,35	34,396	39	44,02	39,470
8	13,29	33,390	40	44,76	38,887
9	15,04	36,332	41	45,39	38,417
10	16,24	37,374	42	46,16	37,779
11	17,33	36,299	43	46,92	37,774
12	18,73	38,290	44	47,55	36,252
13	19,96	40,078	45	48,48	34,136
14	21,17	37,124	46	48,94	36,964
15	21,84	39,012	47	49,60	34,709
16	22,99	38,828	48	50,45	35,912
17	23,92	40,347	49	51,19	33,027
18	25,45	43,522	50	51,76	30,844
19	26,39	41,979	51	52,81	30,521
20	27,61	41,648	52	53,03	30,111
21	28,56	43,760	53	53,70	30,389
22	29,28	42,091	54	54,23	28,885
23	30,32	44,553	55	54,98	27,566
24	31,12	44,464	56	55,47	24,960
25	32,01	43,117	57	56,22	24,090
26	33,13	43,914	58	56,81	23,571
27	33,71	43,189	59	57,49	21,144
28	35,04	42,446	60	58,16	19,989
29	35,66	43,939	61	58,69	16,471
30	36,66	42,751	62	59,27	15,530
31	37,69	44,754	63	59,76	12,391
32	38,59	39,731	64	60,49	0,8290
			65	61,00	

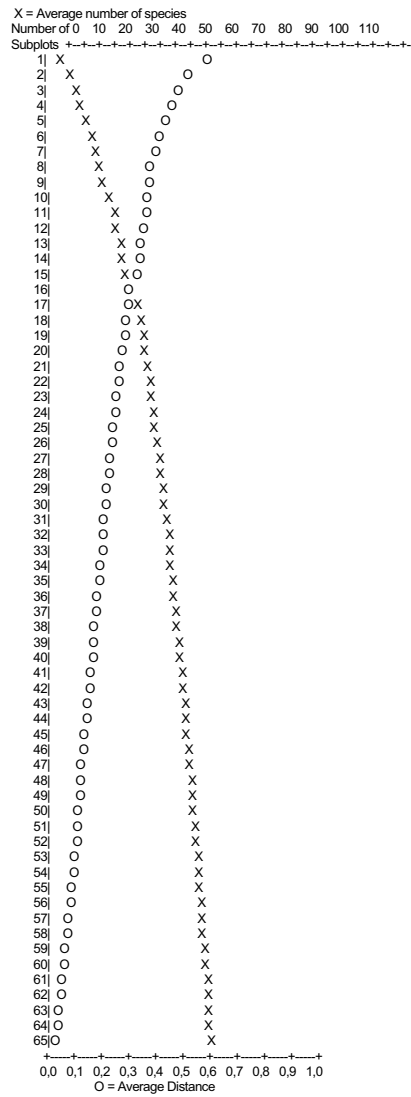


Figura 62. Curva especies-área para datos de hierbas que muestra el cruce en los valores de promedio de especies y promedio de distancia de las submuestras. (El punto donde se cruzan ambas curvas indica el punto eficiente para caracterizar la comunidad).



**Tabla 29. Eficiencia de muestreo en hierbas.**

Número de parcelas	Número de especies		Número de parcelas	Número de especies	
	Promedio	Desviación estandard		Promedio	Desviación estandard
1	5,52	31,677	34	57,10	46,510
2	9,49	37,882	35	58,03	48,687
3	13,09	41,320	36	59,01	45,185
4	15,83	42,978	37	59,92	46,683
5	18,98	48,630	38	60,45	44,573
6	21,51	51,126	39	61,46	43,715
7	23,62	49,868	40	62,31	43,489
8	25,50	50,866	41	62,77	43,170
9	27,35	50,094	42	63,83	40,205
10	28,78	49,413	43	64,40	38,815
11	31,10	54,185	44	64,84	40,103
12	32,30	51,263	45	65,51	39,065
13	34,44	53,303	46	66,26	35,479
14	35,78	54,425	47	67,05	38,558
15	37,49	50,712	48	67,75	37,653
16	38,58	54,346	49	68,22	35,529
17	40,18	52,776	50	68,89	34,948
18	41,41	54,887	51	69,59	31,544
19	42,52	52,127	52	70,23	31,591
20	43,51	53,609	53	71,01	30,385
21	45,05	52,385	54	71,67	30,054
22	46,23	50,930	55	72,27	27,587
23	46,87	52,397	56	72,79	25,242
24	47,96	52,436	57	73,37	24,886
25	48,94	54,032	58	74,06	22,006
26	50,19	52,105	59	74,56	21,455
27	51,09	53,006	60	75,13	19,213
<b>28</b>	<b>52,04</b>	<b>49,342</b>	61	75,89	16,937
<b>29</b>	<b>53,29</b>	<b>46,989</b>	62	76,33	14,459
30	54,00	49,932	63	76,81	12,946
31	54,67	49,826	64	77,47	0,8380
32	55,92	48,833	65	78,00	
33	56,83	48,533			

## **Diversidad**

Los datos colectados en campo se utilizaron para obtener el índice de diversidad de Shannon-Winner mediante la fórmula:

$$H = -\sum(P_i)(\log P_i)$$

Donde

$P_i$  = Proporción del número total de individuos que constituyen la  $i$ ésima especie.

Así mismo, se estimó la diversidad máxima mediante la fórmula  $H' = \log S$

Donde  $S$  = número de especies en la comunidad.

Con la finalidad de posteriormente estimar la Equidad (grado de reparto de los individuos entre las especies) mediante la fórmula  $E = H/H'$

En teoría  $H$  puede alcanzar valores muy grandes, sin embargo, en la práctica, para comunidades biológicas,  $H$  parece no exceder de 5 (Krebs, 1996).

## **Diversidad por estrato**

La diversidad de árboles registrada indica que son áreas con diversidad moderada, el valor de riqueza promedio fué de 4,4 especies de árboles por parcela, lo que indica que no existe una tendencia de predominio de una sola especie y se refleja en el valor de equidad (0,80), este valor indica que son pocas las especies que tienden a dominar y más bien se ven repartidas homogéneamente en el número de individuos por especie. Por otro lado, el índice de Shannon indica valores intermedios en la escala de diversidad (1,16) (tabla 30).

Tabla 30. Diversidad por estrato arbóreo.

Nombre	S	E	H	Nombre	S	E	H
Parc1	3	0,622	0,684	parc34	2	1	0,693
Parc3	1	0	0	parc35	3	0,914	1,004
Parc4	2	1	0,693	parc36	2	0,439	0,305
Parc5	3	0,625	0,687	parc37	8	0,852	1,772
Parc6	5	0,917	1,475	aprc38	6	0,968	1,735
Parc7	3	0,982	1,079	parc39	2	0,971	0,673
Parc8	3	0,67	0,736	parc40	3	0,873	0,96
Parc9	6	0,96	1,72	parc41	6	0,976	1,748
Parc10	8	0,958	1,992	parc42	4	0,953	1,321
Parc11	1	0	0	parc43	4	0,906	1,255
Parc12	4	0,742	1,029	parc44	8	0,983	2,043
Parc13	3	0,946	1,04	parc45	5	0,887	1,427
Parc14	2	0,811	0,562	parc46	6	0,969	1,737
Parc15	4	1	1,386	parc47	5	0,963	1,55
Parc16	2	1	0,693	parc48	5	0,724	1,165
Parc17	5	0,83	1,336	parc49	9	0,985	2,164
Parc18	8	0,902	1,875	parc50	6	0,947	1,698
Parc19	2	0,811	0,562	parc51	8	0,904	1,879
Parc20	2	1	0,693	parc52	9	0,922	2,026
Parc21	3	0,463	0,509	parc53	6	0,793	1,421
Parc22	2	0,811	0,562	parc54	6	0,946	1,696
Parc23	4	0,66	0,914	parc55	5	0,885	1,424
Parc24	6	0,789	1,414	parc56	1	0	0
Parc25	6	0,812	1,456	parc57	8	0,821	1,708
Parc26	3	0,725	0,796	parc58	5	0,845	1,359
parc27	6	0,967	1,733	parc59	2	0,779	0,54
parc28	4	0,646	0,895	parc60	4	0,896	1,242
parc29	6	0,858	1,537	parc61	5	0,921	1,483
parc30	4	0,936	1,298	parc62	4	0,961	1,332
parc31	4	0,723	1,003	parc63	2	0,544	0,377
parc32	6	0,917	1,643	parc64	5	0,928	1,494
parc33	5	0,991	1,594	parc65	4	0,773	1,071
				Promedio	4,4	0,805	1,168

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

Los arbustos mostraron menor diversidad con respecto a los árboles, lo que indica comunidades maduras. El promedio de riqueza de especies fué de 2,4 especies de arbustos por parcela, esto indica que están suprimidos por la comunidad de árboles, lo que se refleja en una disminución en el valor de equidad de 0,80 en árboles a 0,62 en arbustos. El índice de Shannon nos indica un valor promedio bajo (0,65) (tabla 31).

**Tabla 31. Diversidad en el estrato arbustivo.**

Nombre	S	E	H		Nombre	S	E	H
Parc1	4	0,894	1,240		parc33	1	0,000	0,000
Parc2	2	0,722	0,500		parc34	1	0,000	0,000
Parc3	9	0,854	1,876		parc35	3	0,946	1,040
Parc4	2	0,918	0,637		parc36	3	1,000	1,099
Parc5	1	0,000	0,000		parc37	4	0,809	1,121
Parc6	1	0,000	0,000		parc38	3	0,946	1,040
Parc7	2	1,000	0,693		parc39	2	1,000	0,693
Parc8	4	0,774	1,074		parc40	2	1,000	0,693
Parc9	4	1,000	1,386		parc41	3	0,985	1,082
Parc10	1	0,000	0,000		parc42	3	0,982	1,079
Parc11	4	1,000	1,386		parc44	1	0,000	0,000
Parc12	1	0,000	0,000		parc45	5	0,763	1,228
Parc13	4	0,639	0,886		parc46	2	1,000	0,693
Parc14	1	0,000	0,000		parc47	1	0,000	0,000
Parc15	2	0,918	0,637		parc48	1	0,000	0,000
Parc16	3	0,946	1,040		parc49	3	0,921	1,011
Parc17	2	0,811	0,562		parc50	3	0,865	0,950
Parc18	1	0,000	0,000		parc51	3	1,000	1,099
Parc19	2	0,811	0,562		parc53	5	1,000	1,609
Parc20	1	0,000	0,000		parc54	1	0,000	0,000
Parc21	1	0,000	0,000		parc55	3	1,000	1,099
Parc22	2	0,971	0,673		parc56	1	0,000	0,000
Parc23	2	1,000	0,693		parc57	1	0,000	0,000
Parc24	3	0,960	1,055		parc58	4	1,000	1,386
parc25	1	0,000	0,000		parc59	1	0,000	0,000
parc26	2	0,650	0,451		parc60	2	1,000	0,693
parc27	2	0,811	0,562		parc61	5	0,970	1,561
parc28	2	0,650	0,451		parc62	3	1,000	1,099
parc29	3	0,865	0,950		parc63	2	0,650	0,451
parc30	2	1,000	0,693		parc64	3	0,921	1,011
parc31	2	0,811	0,562		parc65	3	0,946	1,040
parc32	3	0,985	1,082		Promedio	2,4	0,626	0,653

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

Las herbáceas se ven mejor representadas ya que el valor promedio de riqueza fué de 5,5 especies por parcela y el valor de equidad aumentó con respecto a los arbustos a 0,74. Sin embargo, los valores promedio de diversidad reflejan valores intermedios de 1,23 para el índice de Shannon (tabla 32).

**Tabla 32. Diversidad en el estrato herbáceo.**

Nombre	S	E	H		Nombre	S	E	H
Parc1	6	0,720	1,291		parc33	5	0,732	1,179
Parc2	8	0,874	1,817		parc34	6	0,829	1,486
Parc3	4	0,892	1,237		parc35	5	0,789	1,270
Parc4	5	0,132	0,212		parc36	2	0,971	0,673
Parc5	4	1,000	1,386		parc37	2	0,592	0,410
Parc6	5	1,000	1,609		parc38	5	0,926	1,490
Parc7	1	0,000	0,000		parc39	2	0,985	0,683
Parc8	7	1,000	1,946		parc40	4	0,930	1,290
Parc9	7	0,926	1,802		parc41	12	0,901	2,239
Parc10	1	0,000	0,000		parc42	9	0,761	1,672
Parc11	5	0,754	1,214		parc43	5	0,457	0,736
Parc12	2	0,722	0,500		parc44	12	0,708	1,759
Parc13	2	0,918	0,637		parc45	12	0,810	2,013
Parc14	3	0,946	1,040		parc46	8	0,701	1,457
Parc15	3	0,921	1,011		parc48	9	0,923	2,029
Parc16	4	0,709	0,983		parc49	3	0,870	0,956
Parc17	3	0,994	1,092		parc50	5	0,869	1,398
Parc18	5	0,651	1,048		parc51	3	0,921	1,011
Parc19	3	0,627	0,688		parc52	8	0,927	1,927
Parc20	6	0,967	1,733		parc53	4	0,895	1,241
Parc21	9	0,780	1,714		parc54	8	0,789	1,641
Parc22	7	0,837	1,629		parc55	3	0,812	0,892
Parc23	6	0,851	1,524		parc56	6	0,664	1,190
parc24	7	0,845	1,644		parc57	3	1,000	1,099
parc25	6	0,784	1,405		parc58	2	0,567	0,393
parc26	8	0,894	1,859		parc59	1	0,000	0,000
parc27	7	0,815	1,587		parc60	11	0,832	1,995
parc28	10	0,733	1,689		parc63	12	0,738	1,833
parc29	8	0,869	1,808		parc64	10	0,820	1,889
parc30	6	0,797	1,428		parc65	10	0,827	1,903
parc31	6	0,742	1,330		Promedio	5,5	0,741	1,239
parc32	8	0,909	1,890					

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

### Valor de importancia

El método de parcela se realizó con transectos de 50 x 2 m, en el cual se contabilizó las especies de árboles, arbustos y hierbas, junto con la cobertura aérea por individuo de cada especie. La cobertura representa la dominancia y es obtenida como en el primer método. En la sumarización de los datos, los valores relativos y absolutos de cada especie pueden estimarse mediante las siguientes fórmulas:

Den.= Núm. de individuos de una sp  
Área muestreada

$$\text{Dens. rel.} = \frac{\text{Dens. por spp.}}{\text{Dens. Total de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Dom} = \frac{\text{Área basal o cobertura total}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Dom. Rel.} = \frac{\text{Dom. por spp.}}{\text{Dom. Total de todas las spp.}} * 100$$

Frec.= Num. De parcelas donde las spp. ocurre\_  
Num. Total de parcelas muestreados

$$\text{Frec. rel.} = \frac{\text{Valor de frec. Para una spp.}}{\text{Total de los valores de frec. Para todas las spp.}} * 100$$

Valor de Importancia = Dom.Rel.+Frec.Rel+Den.Rel.

#### **IV.2.2.1.1.2 Florística**

Procesamiento de material botánico

Todo el material fué prensado, deshidratado, etiquetado, montado, tratado con frío, determinado, registrado e incorporado a la colección del Herbario de la Universidad de Guadalajara (IBUG).

Determinación del material botánico

La determinación taxonómica de las muestras botánicas fué en su mayoría llevada hasta especie, por los especialistas del IBUG en diferentes familias de plantas. Se utilizaron claves dicotómicas publicadas en monografías y artículos científicos (ver bibliografía).

Revisión de base de datos y herbario

Se consultó la base de datos Vitex-IBUG, de la cual se tomaron aquellos registros citados de los municipios que conforman el área de estudio del medio físico y natural. Con ello se obtuvo un listado preliminar que sirvió como base. La colección de plantas vasculares del Herbario fué una herramienta muy valiosa en el proceso de determinación taxonómica. Dicha colección está formada por más de 162 000 especímenes.

#### **IV.2.2.1.1.3 Unidades Ambientales**

SISTEMA AMBIENTAL  
Provincia eje neovolcánico

SUBSISTEMA AMBIENTAL  
Subprovincia sierras de Jalisco

UNIDAD AMBIENTAL REGIONAL (SISTEMA DE TOPOFORMA)  
Sistema de topoforma de lomeríos con cañadas

UNIDAD AMBIENTAL ESPECÍFICA (SUBUNIDADES)  
Ladera, farallones y mesetas  
Selva Baja Caducifolia  
Pastizales  
Vegetación secundaria derivada de la perturbación de estos tipos de vegetación  
Meandros y mesetas  
Selva Baja Perennifolia Espinosa  
Selva Baja Caducifolia Espinosa  
Vegetación secundaria derivada de estos tipos de vegetación  
Cañadas, y lugares pedregosos de los Ríos Bolaños, Santiago y Chico.  
Vegetación riparia.

#### **IV.2.2.1.1.4 Muestreos**

En el muestreo de vegetación se utilizó el método “transectos de franja” de (Bullock et.al., 1982) citada por Solís 1985. Este consiste en trazar un rectángulo de 50 x 2 m (100 m<sup>2</sup>), con el uso de un flexómetro de 60 m de largo, tendido en la mayoría de las veces en dirección de la pendiente. En total, se realizaron 65 transectos. En cada transecto se establecieron dos áreas de muestreo de herbáceas de 1 x 1 m. La primera en el metro 2 - 3 y la segunda en el 48 - 49 y se midió la altura de cada individuo. En el caso de los arbustos se midió la altura, largo y ancho de la copa de los individuos que se hallaron entre 5 - 10 m, y en toda la superficie del transecto, se midió altura, largo y ancho de copa de cada uno de los árboles que tuvieron 6 cm de diámetro a 1,30 m del suelo. Para cada transecto se anotaron datos de localidad, fecha, número de muestreo, altitud, coordenadas, pendiente, tipo de vegetación y observaciones generales.

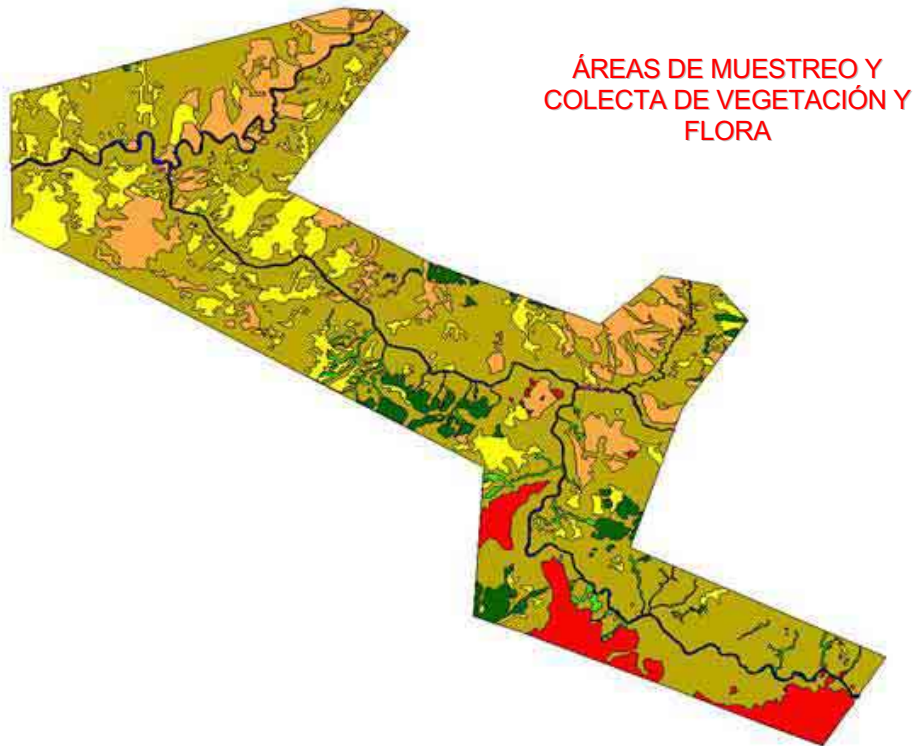


Figura 63. Mapa de sitios de muestreo y colecta de material botánico, los puntos sólo reflejan las áreas a gran escala donde se realizaron los muestreos y las colectas.

#### IV.2.2.1.2 Descripción de los tipos de vegetación

En el occidente de México, se distinguen cinco provincias fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Mesa Central, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur y Depresión del Balsas (Rzedowski, 1978). Al Norte del Río Lerma-Santiago se encuentra la Sierra Madre Occidental y Mesa Central y al Sur el Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur y Depresión del Balsas. Estas provincias corresponden a las denominadas por Gutiérrez Vázquez (1959) como: a) Región de los Cañones, b) Región de los Altos, c) Región de las Cuencas Centrales y d) Región Montañosa y e) Declives del Pacífico.

El área de estudio del medio físico y natural se encuentra dentro de la Región de los Cañones en los límites entre la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico. Se trata de un área intensamente disectada por el Río Santiago y sus afluentes de margen derecha. Los profundos cañones de estos últimos corren en forma más o menos paralela de Norte a Sur, separados por serranías alineadas en el mismo sentido. Las laderas occidentales generalmente presentan mayor pendiente que las orientales (Gutiérrez Vázquez, *op. cit.*), el desnivel entre el fondo de la barranca y las montañas circundantes, normalmente es de 700 m y en algunos sitios de 1 500 m. La altitud varía entre los 200 m en las partes inferiores del Río Santiago y cerca de 2 800 m, en la cumbre (Cerro de Tequila 2 940 m), pero en general se mantiene entre los 500 y 2 400 m, por lo que la temperatura,



humedad y clima varía de acuerdo al límite altitudinal. Esto a su vez se ve reflejado en la composición florística y en la forma de agruparse en comunidades vegetales. (Figuras 64, 65, 66).

El área de estudio del medio físico y natural se encuentra cubierta principalmente por elementos neotropicales, quienes forman varias comunidades con diferencias fisonómicas. Como resultado, podemos diferenciarlas como tipos de vegetación: Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Perennifolia Espinosa y Selva Baja Caducifolia Espinosa, Encinar, Pastizal (Miranda y Hernández X. 1963), Vegetación Riparia, Vegetación Acuática y Subacuática Rzedowski (1978) y Vegetación Secundaria. La última no es un tipo de vegetación clímax, pero se considera por la importancia de las especies que la constituyen, ya que son el resultado de la perturbación constante, en este caso, principalmente de la Selva Baja Caducifolia. El Encinar y la Vegetación Acuática cubren una pequeña superficie en el área de estudio, sin embargo, no se puede omitir la presencia de algunas de las familias, géneros y especies que las caracterizan. (plano de tipos de vegetación)

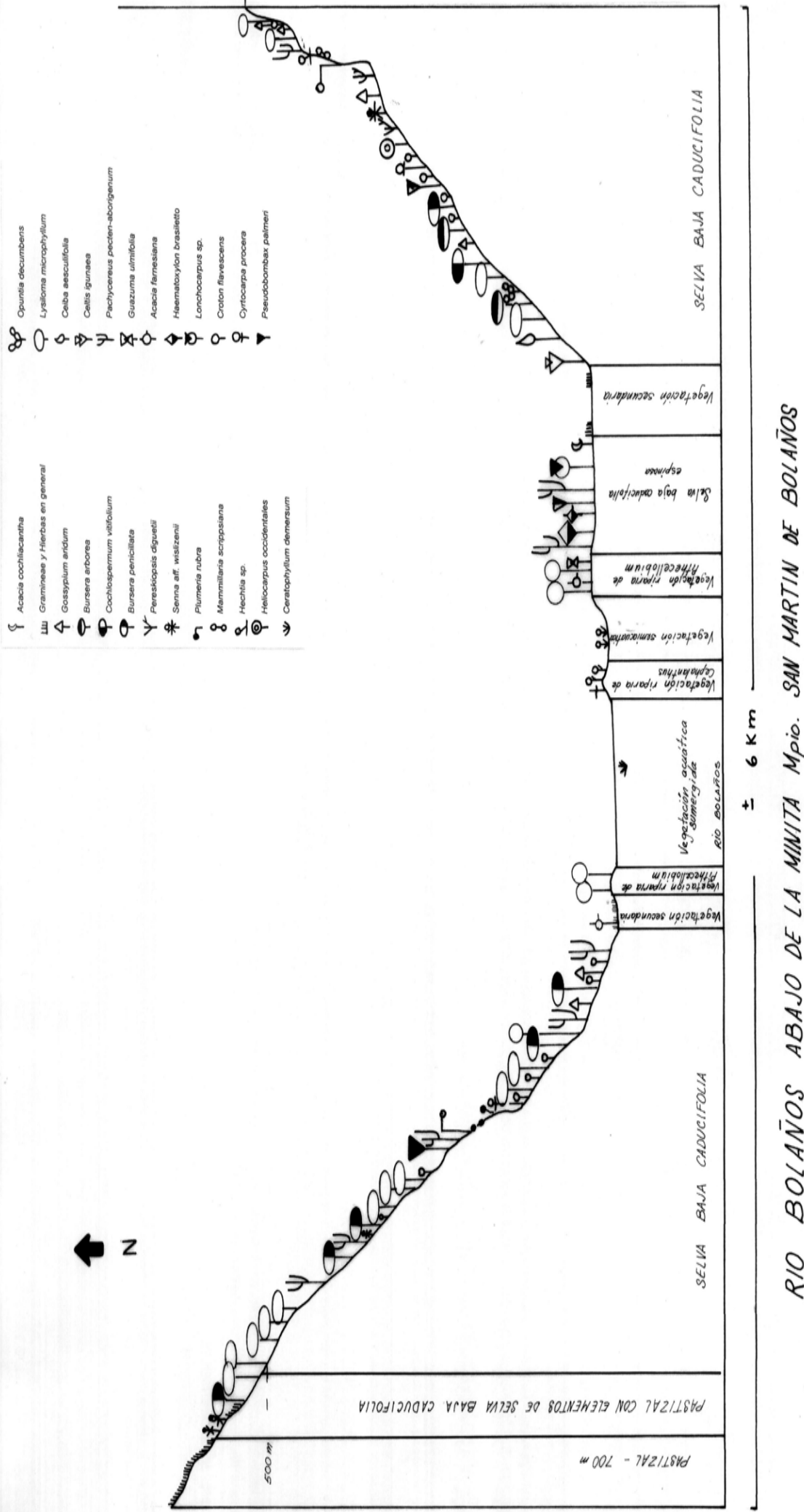
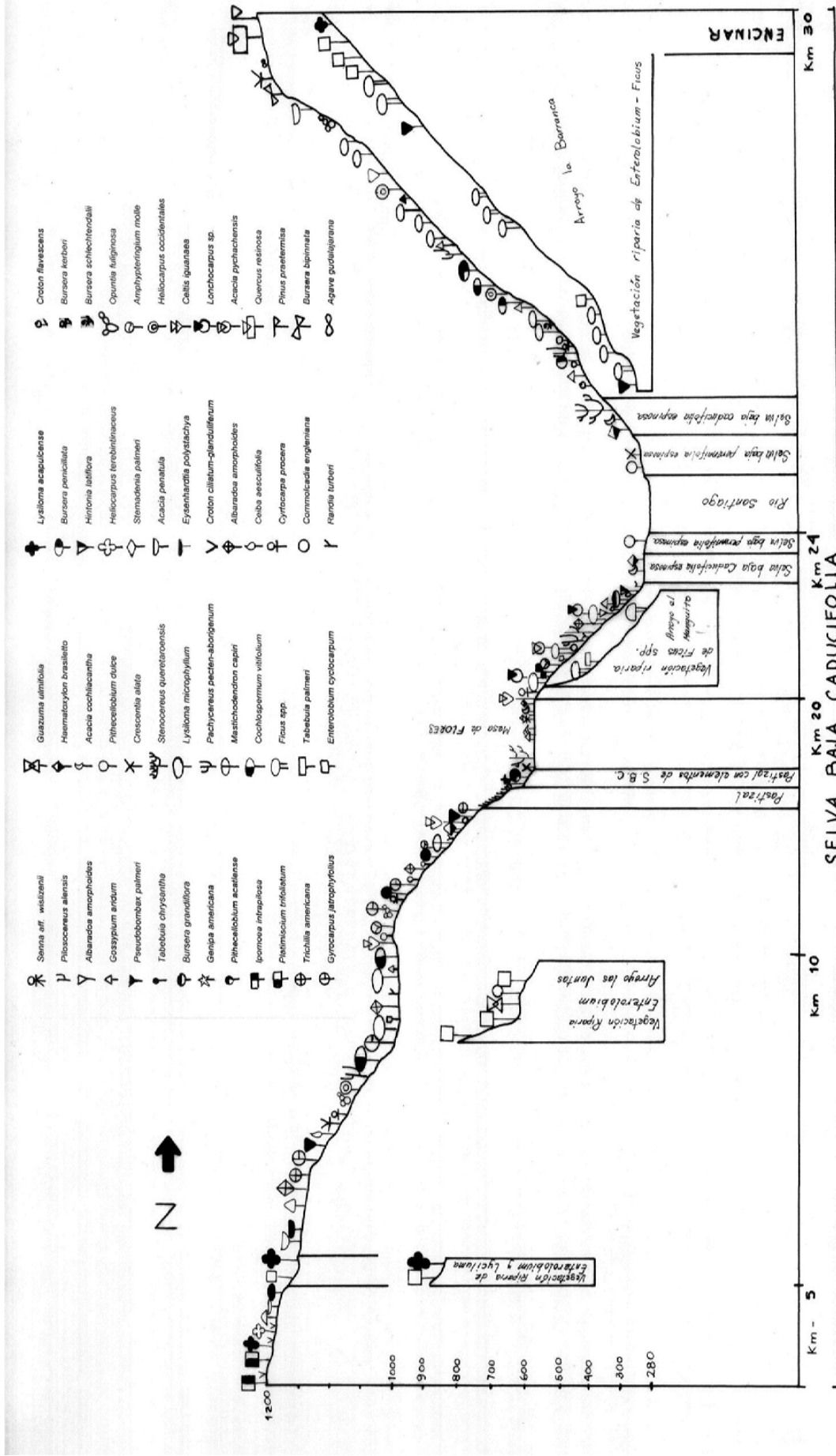


Figura 64. Perfil de vegetación Río Bolaños.



BRECHA HOSTOTIPAQUILLO - MESA DE FLORES - MUNICIPIO HOSTOTIPAQUILLO - CAMINO A LA YESCA, NAYARIT

Figura 65. Perfil de vegetación brecha Hostotipaquillo – Mesa de Flores – Municipio Hostotipaquillo – Camino La Yesca.

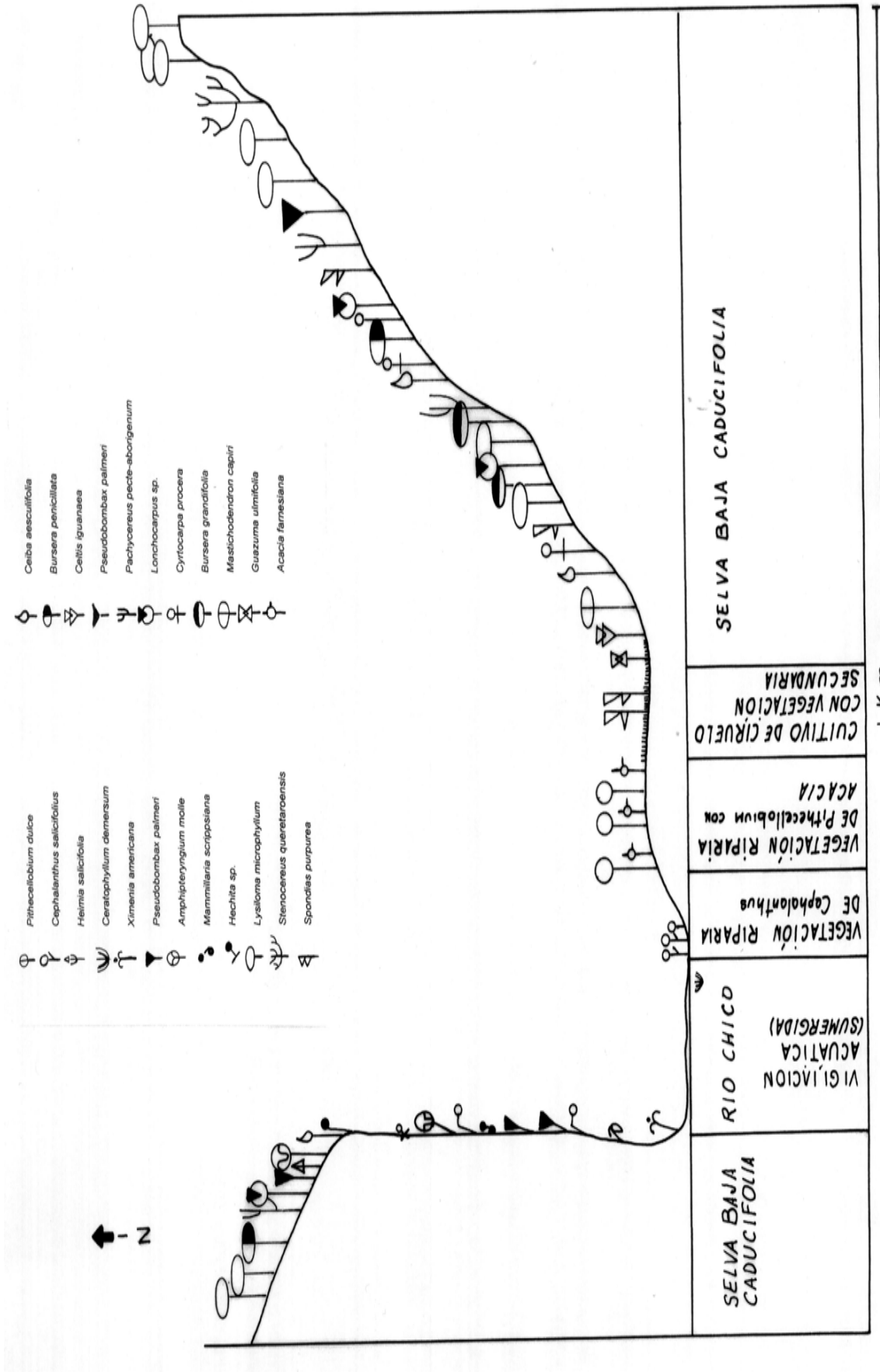


Figura 66. Rio Chico, Municipio Tequila Jalisco.

En la tabla 33 se muestra los tipos de vegetación presentes en el área de estudio del medio físico y natural así como el porcentaje que ocupan.

**Tabla 33. Tipos de vegetación de acuerdo al área que ocupan.**

Clase	ha	%
Áreas Sin Vegetación Aparente (camino, Playones, Áreas Habitacionales, Cuerpos de Agua)	1 622,7	2,49
Selvas Bajas Perennifolia y Caducifolia Espinosa	3 491,61	5,37
Cultivos Anuales	3 885,42	5,98
Vegetación Riparia	732,32	1,13
Bosque de Encino	4 654,56	7,16
Sucesión Selva Baja Caducifolia con Pastizal	6 019,80	9,26
Áreas de Pastizal	5 882,08	9,05
Selva Baja Caducifolia	38 710,51	59,55
<b>Total</b>	<b>65 000,00</b>	<b>100,00</b>

#### IV.2.2.1.2.1 Selva Baja Caducifolia



Miranda y Hernández X. (1963), la describen como una selva de menos de 15 m de altura. Está formada por árboles que pierden sus hojas en la época más seca del año y no son espinosos. Posee abundantes bejucos. Corresponde al clima semiseco o subseco y cálido, con temperatura media anual superior a los 20° C, precipitación media anual entre (500) 700 y 1 200 mm y temperatura seca y larga y marcada. Se encuentra en gran parte de Yucatán (zona henequera), declives y cerros de la depresión central de Chiapas, partes de la planicie del Istmo en su vertiente meridional, partes de la cuenca del Río Tehuantepec, declives de la cuenca del Balsas y cuenca alta del Papaloapan, al Sur de la Sierra de Naolinco hasta el Este de Córdoba, Veracruz, en la Huasteca y en declives del Pacífico, desde Colima hasta el Sur de Sonora.

Presenta numerosas variantes en las grandes extensiones que cubre. En el centro de Yucatán son dominantes el (jabín) *Piscidia piscipula*, (tsalam) *Lysiloma bahamensis*; al Este de Córdoba lo son el mismo (jabín o chijol) y el (copite) *Cordia dodecandra*; en la depresión central de Chiapas, el (camarón o plumajillo) *Alvaradoa amorphoides*, (brasil) *Haematoxylon brasiletto*, (tepehuaje) *Lysiloma kellermanni*, (mosmot o lanta) *Ceiba acuminata*, (copal) *Bursera excelsa*, (achín) *Pistacia mexicana*. En las partes bajas del Istmo predomina el (cuachalala o cuachalalate) *Amphipterygium adstringens*, en la cuenca del Balsas y parte alta de la cuenca del Papaloapan los (cuajjotes) *Bursera spp.*, (pochote) *Ceiba parvifolia*, (copalcojote o chupandía) *Cyrtocarpa procera*, (brasil) *Haematoxylon brasiletto*, (cazahuate) *Ipomoea spp.*, tanto al Norte como al Sur de Sonora todavía se encuentra este tipo de selva con pochote, cuajjote (llamados aquí torotes), (navío) *Conzattia sericea*, brasil, cazahuate o palo santo, etc.

Por otra parte, Rzedowski (1978), menciona que este tipo de vegetación se caracteriza por presentar mayormente arbustos y árboles con ramificaciones a corta distancia del suelo. Las cortezas de las especies leñosas son lisas, de colores claros, lustrosas, algunas exfoliantes y en ocasiones con espinas. La presencia de látex y de resinas también es común en la mayoría de las especies. Las copas de los árboles son planas y anchas, con hojas principalmente compuestas de folíolos pequeños, aunque pueden estar presentes especies con hojas simples y anchas, en cañadas o barrancas de tributarios. La fenología de las especies está determinada por los regímenes de humedad típicos de este tipo de vegetación. En la temporada de secas el 80% de las especies pierden sus hojas y es cuando florecen. Las flores varían de tamaño y, por lo común son amarillas y blancas y antes de que comience la temporada de lluvias, es cuando fructifican. Esta comunidad se halla bien representada a lo largo de la costa del Océano Pacífico, desde la parte central de Sonora hasta el Sur de Oaxaca (Rzedowski y McVaugh, 1966).

Representa aproximadamente el 15 % del total del territorio de Jalisco, se desarrolla desde el nivel del mar hasta 1 600 m (aunque en algunos sitios se le puede encontrar hasta los 1 900 m). Su temperatura media anual es del orden de 20 y 28 °C, con una mínima extrema mayor a 0 °C. Su régimen de humedad está entre los 600 y 1 000 mm (media anual) y suele preferir suelos someros de laderas (Rzedowski y McVaugh, 1966).

En el área de estudio del medio físico y natural se localiza por lo general en laderas de cañadas y lomeríos, con pendientes que van desde medianamente pronunciadas hasta las muy pronunciadas y de acuerdo a esto es como algunas especies presentan cierta distribución. En lo que respecta a la orientación, las laderas con exposición Norte tienen una mayor cobertura, debido a que se encuentran menos expuestas a los rayos solares, por lo tanto es más húmeda, no así, las de exposición Sur que recibe por más tiempo los rayos solares, por lo que las especies tienden a exhibirse más espaciadas y pierden las hojas más rápidamente.

Las especies con mayor valor de importancia (ver tabla 26) son: (tepemezquite) *Lysiloma microphyllum*, (copal) *Bursera penicillata*, (pitayo cimarrón) *Pachycereus pecten-aborigenum*, (cuero de indio) *Heliocarpus occidentalis*, (algodoncillo) *Gossypium aridum*, (palo brasil) *Haematoxylon brasiletto*, (ceiba) *Ceiba aesculifolia*, (tamarindillo) *Alvaradoa amorphoides*, (palo apestoso) *Gyrocarpus jatrophiifolius*, *Bursera grandifolia*, *Acacia picachensis*, (campanillo) *Hintonia latiflora*, (pitayo) *Stenocereus queretaroensis*, *Lonchocarpus sp.*, (chupalcojote) *Cytocarpa procera*, *Celtis iguanaea*, *Bursera schlechtendalii*, (ciruelo) *Spondias purpurea*, (capiro) *Mastichodendron capiri*, (huevos de toro, panícu) *Cochlospermum vitifolium*, *Coursetia glandulosa*, con poco valor de importancia tenemos a: *Trichilia americana*, *Jatropha cordata*, *Plumeria rubra*, *Spondias purpurea*, *Bauhinia pringlei* y *Mimosa sp.*

Las especies están presentes en laderas de exposición Norte y Sur. La diferencia es la exposición Sur donde son más frecuentes las especies resistentes a condiciones más extremas y tienden a ser más abundantes que otras, como es el caso del *Pachycereus pecten-aborigenum*,

*Gossypium aridum*, *Bursera penicillata* y *Lysiloma microphyllum*. La distribución de algunas especies está determinada por condiciones ambientales muy específicas, entre las más importantes, límite altitudinal, el cual juega un papel importante en la presencia o ausencia de las especies, esto es el resultado de la variación climática que se presenta en el cañón. Por tal motivo, se distribuye la información de acuerdo a tres límites altitudinales, tomados por la presencia y ausencia de las especies que conforman este tipo de vegetación.

Entre los 1 000 a 650 msnm, se localiza *Ipomoea intrapilosa*, *Lysiloma acapulcense*, *Bursera penicillata*, *Alvaradoa amorfoidea*, *Bursera bipinnata*, *Acacia pennatula*, *Platimiscium trifoliolatum*, *Heliocarpus occidentales*, *Heliocarpus terebinthinaceus*, *Gyrocarpus jatrophifolius*, *Bursera copallifera*, *Crescentia alata*, *Pachycereus pecten-aborigenum*, *Xylosma flexuosum*, *Stemmadenia palmeri*, *Thevetia ovata*, *Annona grandiflora*, *Opuntia fuliginosa*, *Ceiba aesculifolia*, *Trichilia americana* y *Ficus pringlei*. Asociados a estos tenemos a: *Aralia humilis*, *Crescentia alata*, *Cordia* sp., *Bursera fagaroides*, *Bursera kerberii*, *Bursera multijuga*, *Bursera copallifera*, *Opuntia atropes*, *Diospyros* aff. *conzatii*, *Dyphisa puberulenta*, *Leucaena esculenta*, *Ficus goldmanii*, *Agonandra racemosa*, *Bocchonia arborea*, *Hammelia patens*, *Thouinia acuminata*, *Guazuma ulmifolia* y *Eysenhardtia polystachya*. *Brahea sarukhanii*, que se localiza en manchones en partes altas de cerros o en laderas con pendientes más o menos pronunciadas. Así como también la asociación de *Enterolobium cyclocarpum* y *Lysiloma acapulcense* en orillas de arroyos o en pequeñas barrancas húmedas formadas por arroyos presentes en el lugar, esto se discute más en Vegetación Riparia. Los arbustos más frecuentes tenemos a: *Tecoma stans*, *Desmodium* spp., *Croton ciliatum-glandulifera*, *Acacia pennatula*, *Randia* aff., *thurberi*, *Carlowrightia arizonica*, *Abutilon abutiloides*, *Tetramerium glandulosum*, *Triunffeta polyandra*, *Tournefortia densiflora*, *Croton pseudoniveus*, *Capparis indica*, *Zapoteca portoricensis*, *Baccharis pteroinoides*, *Pittocaulon filare*, *Viguiera quinqueradiata*, *Buddleja sessiliflora*, *Mammillaria scrippsiana*, especie que se localiza formando montículos o bien, solitaria en paredes rocosas; *Amoreuxia palmatifida*, especie rara y creciendo en sitios más o menos desprovistos de vegetación arbórea y arbustiva y en laderas de exposición Norte; *Argythamnia guatemalensis*, *Croton hirtus*, *Manihot* sp., *Krameria sonorae*, *Euphorbia macvaughii*, *Calliandra grandiflora*, *Eriosema* sp., *Erythrina flabelliformis*, *Mimosa* spp., *Senna* spp., *Galphimia glauca*, *Malpighia mexicana*, *Forestiera tomentosa*, *Plumbago scandens*, *Hamelia patens*, *Dodonaea viscosa* (asociada a lugares con perturbación, sitios donde se vieron trazas de incendios, en ocasiones lugares cercanos a donde crecen *Brahea sarukhanii* y *Dasylyrion acotriche*), *Cestrum lanatum*, *Nicotiana glauca*, *Malpighia mexicana*, *Solanum ferrugineum*, *Triunffeta semitriloba*, *Polzolzia nivea*, *Lantana achyranthifolia*, *Lantana camara*, *Lippia umbellata*, *Agave angustifolia*, *Agave tequilana* y *Dasylyrion acotriche*, el cual se localiza en algunos sitios cercanos a Copala y por los caminos a Santo Domingo de Guzmán, camino a San Pedro Analco, Sayulimita y en sitios cercanos al Tepetate camino a Tapezco. En el área cercana a Copala crece asociado a *Brahea sarukhanii*.

Cabe hacer notar de la cantidad de juveniles encontrados en sitios donde el

bosque se encuentra más o menos conservado, entre las especies localizadas tenemos: *Lonchocarpus sp.*, *Celtis iguanaea*, *Acacia picachensis*, *Bursera penicillata*, *Lysiloma microphyllum*, *Gossypium aridum*, *Ipomoea intrapilosa*, *Lysiloma acapulcensis*, *Gyrocarpus jatrophifolius* y *Pachycereus pecten-aboriginum*.

Las especies que crecen entre los 500 – 650 msnm. De las arbóreas más frecuentes presentan alturas que van de los 4 a 10 m, individuos tales como: (copal) *Bursera penicillata*, (capiro) *Mastichodendron capiri* (= *Sideroxylon capiri* subsp. *tempisque*), (pitayo cimarrón) *Pachycereus pecten-aboriginum*, (palo brasil) *Haematoxylon brasiletto*, (algodoncillo) *Gossypium aridum*, (tepemezquite) *Lysiloma microphyllum*, (primavera) *Tabebuia chrysantha*, (palo apestoso) *Gyrocarpus jatrophifolius*, (cuachalate) *Amphipterygium molle*, (huevos de toro, panícuca) *Cochlospermum vitifolium*, *Stemmadenia palmeri*, (nopal) *Opuntia fuliginosa*, (ceiba) *Ceiba aesculifolia*, *Bursera grandifolia*, (hinchahuevos) *Comocladia engleriana*, *Celtis iguanaea*, (viejito) *Pilosocereus alensis*, en sitios más planos o con pendientes suaves encontramos a (cuaxtecomate) *Crescentia alata* (en algunos sitios asociándose con *Acacia cochliacantha*). En algunos lugares se localizó a *Euphorbia tanquahuete*, en sitios muy pedregosos, casi dando la apariencia de malpaís, en laderas con orientación Norte, como se observa en la bajada de la nueva brecha que sale de Mesa de Flores al Paso La Yesca, en otros sitios se observa formando manchones en sitios con pendientes muy pronunciadas, como los áreas cercanas a Copala y a Palo Verde, algo interesante de la especie es que sólo crece entre estas altitudes, ni más arriba ni más abajo. Otros árboles frecuentes en esta franja son: (cuero de indio) *Heliocarpus pallidus*, *Acacia picachensis*, (copalcojote) *Cyrtocarpa procera*, (ayoyote) *Thevetia ovata*, (copal) *Bursera copallifera*, (papelillo) *Bursera kerberi*, (pitayo) *Stenocereus queretaroensis*, (cedrillo) *Trichilia americana*, *Genipa americana*, (tamarindillo) *Alvaradoa amorphoides*, (majahua de cerro) *Heliocarpus terebinthinaceus* y (mata niños) *Jatropha cordata*.

Entre los arbustos más frecuentes tenemos: (cedrillo) *Trichilia americana*, (papelillo rojo) *Bursera schlechtendalii*, (tasajillo) *Pereskiaopsis diguetii*, (vara blanca) *Croton flavescens*, (volantín) *Caesalpinia pulcherrima*, *Opuntia decumbens*, (pelo de ángel) *Calliandra sp.*, *Indigofera sp.*, *Senna aff. wislizeni*, *Pouzolzia nivea*, *Randia aff. thurberi*, *Triumfeta polyandra*, *Zapoteca portoricensis*, (huizache prieto) *Pithecellobium acatlense* y (concho) *Acacia cochliacantha*, estos dos últimos, encuentran su mayor presencia en la Selva Baja Espinosa Perennifolia (en parte Bosque Espinoso, Rzedowski), pero en la Selva Baja Caducifolia, es más o menos frecuente encontrarlos formando parte de la composición arbustiva en sitios medianamente perturbados.

El número de herbáceas está fuertemente influenciado por el grado de disturbio presente en las áreas donde se desarrolla este tipo de vegetación. En lugares donde el bosque está bien conservado son muy escasas y sobresalen sólo aquellas especies que sobreviven en lugares sombríos como es el caso de *Oplismenus burmannii*, pasto que presenta en la temporada de lluvias y que en ocasiones cubre por completo el sotobosque. En lugares donde existe mayor penetración de rayos solares debido a una



perturbación moderada, se localizan más especies herbáceas y destacan: *Dicliptera peduncularis*, *Elytraria imbricata*, *Tetramerium nervosum*, *Porophyllum macrocephalum*, *Tagetes micrantha*, *Evolvulus alsinoides*, (hierba de la golondrina) *Chamaesyce hirta*, *Mentzelia hispida*, *Abutilon abutiloides*, (güinar) *Sida rhombifolia*, *Ayenia pusilla* y *Loeselia pumila*, en lugares pedregosos es común encontrar a: *Talinum paniculatum*, *Hybanthus attenuatus* y *Mammillaria benekei*.

Entre las especies trepadoras tenemos: (chiches de burra) *Gonolobus sp.*, *Marsdenia sp.* y *Matelea sp.*, (jícama de jabalí) *Ipomoea bracteata*, *Cyclanthera dissecta*, (quemadora) *Dalechampia scandens*, (quemadora) *Gronovia scandens*, (camote de cerro) *Dioscorea convolvulacea*, (barbas de viejo) *Clematis dioica*, *Cardiospermum halicacabum*, (tripas de judas) *Cissus sicyoides*, en sitios cercanos a cañadas contamos con la presencia de (tres costillas) *Serjania sp.*

Entre las escasas epifitas localizadas tenemos: *Clowesia dodsoniana* la cual crece partes bajas cercanas a Paso La Yesca, sobre *Pachycereus pecten-aborigenum* y en sitios arriba de los 600 msnm, sobre *Brahea sarukanii*, y como rupícolas tanto a *Tillandsia capitata*, *Cyrtopodium punctatum*, *Encyclia sp.* y *Oncidium cebolleta*.

Es en este piso altitudinal donde se localizan las zonas muy escarpadas, las cuales presentan una vegetación muy característica, esto es, especies de plantas mayormente suculentas, teniendo desde las rosetofilas y rupícolas, de las primeras las pertenecen a las familias *Agavaceae* y *Bromeliaceae* y de las segundas a varias familias. Entre las especies más frecuentes tenemos: *Agave vilmoriniana*, *Agave schiedigera*, *Tillandsia capitata* y *Hecthia sp.* En sitios donde se hace el quiebre de la barranca, crecen una serie de árboles y arbustos los cuales les favorece estos sitio, ya que son primordiales tanto para su polinización y dispersión de las semillas, como son: *Pseudobombax palmeri*, *Amphipterygium molle* y *Plumeria rubra*, entre los más importantes, así como especies rupícolas como el caso de (tescalama) *Ficus petiolaris*, *Ficus jaliscanus* y *Ficus pringlei*. Entre las herbáceas tenemos a: *Arracacia atropurpurea*, *Trixis michuacana*, *Begonia gracilis*, *Begonia portillana*, *Echinocereus spinigemmatum*, *Mammillaria scrippsiana*, *Dorstenia drakeana*, *Mirabilis viscosa*, *Peperomia campilotropa*, *Peperomia sp.*, *Bomplandia geminiflora* (que es más común en lugares húmedos y con pendientes no muy pronunciadas), *Talinum paniculatum* (también frecuente en sitios con pendientes suaves, pero sobre suelos rocosos), *Prochnyanthes mexicana*, *Manfreda scabra*, ( que crecen tanto en lugares con pastizal o a orillas de las barrancas), *Commelina spp.* y *Thyrsanthemum goldianum* que es nuevo registro para Jalisco.

Entre las especies arbóreas más frecuentes entre los 500 m snm, al nivel del Río Santiago es común observar individuos con alturas que van de los 4 a 8 (10) m; y entre las más características tenemos: (copalcojote) *Cyrtocarpa procera*, *Acacia picachensis*, (palo brasil) *Haematoxylon brasiletto*, (ciruelo) *Spondias purpurea*, (anona) *Annona longiflora*, (flor de corpus) *Plumeria rubra*, (cuaxtecomate) *Crescentia alata*, (rosa morada) *Tabebuia palmeri*, (ceiba) *Ceiba aesculifolia*, (copal) *Bursera copallifera*, (papelillo) *Bursera grandifolia*, (papelillo rojo) *Bursera penicillata*, (papelillo)

*Bursera schlechtendalii*, (pitayo cimarrón) *Pachycereus pecten-aboriginum*, (pitayo) *Stenocereus queretaroensis*, (bulillo) *Crateva palmeri*, (panicua o huevos de toro) *Cochlospermum vitifolium*, (mata niños) *Jatropha cordata*, (palo apestoso) *Gyrocarpus jatrophiifolius*, (pata de vaca) *Bauhinia pringlei*, (palo zorrillo) *Lonchocarpus* sp., (huaje) *Leucaena esculenta*, (tepemezquite) *Lysiloma microphyllum*, (algodoncillo) *Gossypium aridum*, (capulín tullidor) *Karwinskia latifolia*, (campanillo) *Hintonia latiflora*, (capiro) *Mastichodendron capiri* (= *Sideroxylon capiri* subsp. tempisque), (guázima) *Guazuma ulmifolia*, (cuero de indio) *Heliocarpus pallidus*, (granjeno) *Celtis guanaea* y (ahuilote) *Vitex pyramidata*.

Entre los arbustos más frecuentes figuran: *Tournefortia* sp., (viejito) *Pilosocereus alensis*, (tasajillo) *Pereskopsis diguetii*, (mala mujer) *Cnidoscolus spinosus*, (vara blanca) *Croton flavescens*, *Casearia corymbosa*, *Coursetia glandulosa*, *Cousertia caribea*, *Bunchosia palmeri*, *Ximenia americana*, (caca de gato) *Randia thurberi* y *Agave angustifolia*.

Las hierbas mejor representadas son: *Elytraria mexicana*, *Blechum brownei*, *Dicliptera peduncularis*, *Tetramerium nervosum*, *Mammillaria beneckeii*, *Zinnia bicolor*, *Chamaesyce hirta*, *Euphorbia heterophylla*, *Tetramerium glandulosum*, *Carlowrightia* sp., *Abutilon abutiloides*, *Abutilon trisulcatum*, *Herissantia crispa*, *Hibiscus* sp, *Sida acuta*, *Sida rhombifolia*, *Sida spinosa*, *Boerhavia erecta*, *Ayenia pusilla*, *Aristida adscensionis*, *Eragrostis mexicana*, *Panicum* sp. y *Setaria geniculata*. En lugares pedregosos crecen *Echeandia* aff. *ramosissima*, *Dorstenia drakeana* y *Talinum paniculatum* y en paredes rocosas *Cyrtopodium punctatum*, *Encyclia* sp., *Echinocereus* sp. y *Peperomia campilotropa*.

Las trepadoras son más o menos frecuentes y la mayoría se encuentra en sitios donde el bosque está más conservado, y las más frecuentes son: (hierba del arlomo) *Iresine calea*, (hierba del arlomo) *Iresine diffusa*, (señorita) *Sarcostemma clausum*, (cepillo) *Combretum fruticosum*, (jícama de puerco) *Ipomoea bracteata*, (mantos de la virgen) *Ipomoea* spp., *Echinopepon* sp., *Dalechampia scandens*, *Gronovia scandens*, *Heteropteris* aff. *laurifolia*, *Antigonon leptopus*, *Cardiospermum halicacabum* y *Serjania* sp.

En laderas muy pronunciadas esta comunidad vegetal se encuentra representada por especies arbustivas y algunas arbóreas. En los arbustos su altura varía de 1 a 3 m como el caso de *Senna* aff. *wislizeni*, *Pouzolzia nivea* y *Argythamnia guatemalensis*, por nombrar algunas. Entre los árboles que van de los 3 a 8 m de alto, sobresalen las especies: (papelillo rojo) *Bursera schlechtendalii*, (papelillo amarillo) *Bursera fagaroides*, (algodoncillo) *Gossypium aridum*, (tescalama) *Ficus pringlei*, (flor de corpus) *Plumeria rubra* y (cuero de indio) *Heliocarpus pallidus*, esta última, también se encuentra más comúnmente en sitios con pendientes no tan pronunciadas. Suelen localizarse algunas especies que en ocasiones alcanzan hasta 12 m como es el caso de: (cuachalalate) *Amphipterygium molle*, (palo amarillo) *Ficus petiolaris*, (tepemezquite) *Lysiloma microphyllum*, (pitayo cimarrón) *Pachycereus pecten-aboriginum*, (ceiba) *Ceiba aesculifolia* y (pochote) *Pseudobombax palmeri*. Las especies de talla baja son escasas y sobresalen aquellas que crecen sobre paredes rocosas

como son el caso de las Cactáceas (biznaguitas) *Mammillaria beneckeii* y *Mammillaria scrippsiana*, de las Agaváceas, *Agave angustifolia* y *Agave sp.*, así como la (doradilla) *Selaginella lepidophylla* que junto con *Hechtia sp.*, forman una comunidad que cubre grandes paredes rocosas sobre todas aquellas que tienen orientación al Norte. Las herbáceas son escasas, esto se debe a que dicho bosque se encuentra más conservado y el sotobosque está casi libre de hierbas, sólo algunas cuantas llegan a crecer bajo la penumbra, entre ellas *Oplismenus burmanii*, así como algunas especies de las Commelináceas (hierba del pollo). En sitios más abiertos fué común encontrar *Talinum paniculatum*, *Ayenia pusilla*, *Aristida adscensionis*, *Hilaria sp.*, *Heteropogon sp.* y *Bouteloua curtipendula*. De las trepadoras contamos con (jícama de jabalí) *Ipomoea bracteata*. Cabe hacer notar que muchas de las especies que aquí crecen necesitan estar en estos lugares ya que debido a la posición que guardan con respecto al terreno se ven favorecidas por estar expuestas directamente a las corrientes de aire, las cuales ayudarán a dispersar sus frutos y semillas.

En pendientes suaves o poco pronunciadas tenemos una distribución más homogénea entre árboles y arbustos y la asociación de especies más bien se presenta de acuerdo al tipo de exposición, lo que marca la diferencia en la cobertura y su composición florística (diversidad de especies). En lugares planos y semiplanos esta comunidad se encuentra en diferentes estadios de conservación y desarrollo. Se puede encontrar variación debido a la exposición o si se encuentra dentro de alguna cañada de arroyo, siendo más importantes los permanentes y en menor grado los temporales.

Debido al tipo de escurrimientos se puede encontrar una serie de formaciones con algunas variantes, en cuanto a su composición y estructura. Aún con lo expuesto, la comunidad vegetal sigue siendo la Selva Baja Caducifolia y sólo existe variante en la presencia de algunas especies, las cuales sólo se presentan en esos sitios, pero en general, la composición florística se mantiene.

De forma adicional, existen terrenos en los que la cubierta vegetal original ha sido removida por completo y en los que actualmente se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias, aunque la densidad de población en el área es muy baja y las condiciones de los terrenos son inapropiadas, la inexistencia de opciones para el aprovechamiento de los recursos hace que en su mayor parte esta superficie sea destinada a la ganadería extensiva, con el consecuente detrimento de los suelos y la vegetación.

En laderas y pequeñas planicies de exposición Norte es donde se encuentra la mayor diversidad de especies. Se hallan bien delimitados los tres tipos de hábitos de crecimiento y es aquí donde se puede observar un mayor número de especies trepadoras y epifitas.

Entre los arbustos más frecuentes tenemos: (tronadora) *Tecoma stans*, (papelillo rojo) *Bursera schlechtendalii*, (tasajillo) *Pereskiaopsis diguetii*, (vara blanca) *Croton flavescens*, (volantín) *Caesalpinia pulcherrima*, *Opuntia decumbens*, (pelo de ángel) *Calliandra sp.*, *Indigofera sp.*, *Tephrosia sp.* (huizache prieto) *Pithecellobium acatlense* y (concho) *Acacia cochliacantha*, estos dos últimos, se encuentran frecuentemente formando parte de la

composición arbustiva en sitios perturbados.

En sitios muy perturbados que corresponderían a lugares más planos o con pendientes muy suaves tenemos un estado sucesional de la Selva Baja Caducifolia, en el cual se distinguen mayormente ya sea especies arbustivas que son indicadoras de una ganadería extensiva o de especies herbáceas típicas de sitios donde se estableció por algún tiempo agricultura de temporal. Se notó que en algunos sitios abandonados las especies de la Selva Baja Caducifolia poco a poco se establecen nuevamente. Entre las especies más comunes tenemos: *Elytraria mexicana*, *Tetramerium nervosum*, (quelite) *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus spinosus*, (siempre viva) *Gomphrena nitida*, *Melampodium divaricatum*, (tacote) *Tithonia tubaeformis*, *Zinnia bicolor*, *Ipomoea pinnata*, *Acalypha alopecuroides*, (hierba de la golondrina) *Chamaesyce hirta*, *Euphorbia heterophylla*, (sonajilla) *Crotalaria cajanifolia*, *Dalea sp.*, *Desmodium procumbens var. transversum*, *Indigofera sp.*, (pegajilla) *Mentzelia hispida*, *Cuphea sp.*, *Herissantia crispa*, (güinar) *Sida acuta*, *Sida rhombifolia*, *Sida spinosa*, (toritos) *Martynia annua*, *Boerhavia erecta*, *Oxalis sp.*, (conguerán) *Phytolacca icosandra*, *Crusea sp.*, *Russelia sp.*, (toloache) *Datura discolor*, (hierba mora) *Solanum americanum*, (duraznillo) *Solanum rostratum*, *Waltheria americana*, *Kallstroemia sp.*, *Cyperus spp.*, (huizapol) *Cenchrus brownii*, *Chloris virgata*, *Eleusine indica*, *Eragrostis mexicana*, *Rhynchelytrum repens* y *Setaria geniculata*. De entre las arbustivas sobresalen: (mala mujer) *Wigandia urens*, (salvia) *Hyptis albida*, (huizache) *Acacia farnesiana* y (cinco negritos o lantana) *Lantana camara*.

**Tabla 34. Especies de Selva Baja Caducifolia con el mayor valor de importancia.**

Especie	Dom, Rel,	Frec, Rel,	Dens, Rel,	VI
<i>Lysiloma microphyllum</i>	4,64	8,33	8,33	21,31
<i>Bursera penicillata</i>	4,52	5,56	5,56	15,63
<i>Pachycereus pecten-aborigenum</i>	3,75	4,86	4,86	13,47
<i>Heliocarpus occidentalis</i>	1,18	5,56	5,56	12,30
<i>Gossypium aridum</i>	1,31	4,86	4,86	11,03
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	3,14	3,13	3,13	9,39
<i>Ceiba aesculifolia</i>	2,36	3,13	3,13	8,61
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	1,05	3,47	3,47	8,00
<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i>	1,45	2,78	2,78	7,01
<i>Bursera grandifolia</i>	0,59	2,78	2,78	6,15
<i>Acacia picachensis</i>	0,61	2,43	2,43	5,47
<i>Hintonia latiflora</i>	0,59	2,43	2,43	5,46
<i>Stenocereus queretaroensis</i>	2,93	1,04	1,04	5,01

### Diversidad de la Selva Baja Caducifolia

En la Selva Baja Caducifolia, el estrato que mayor riqueza promedió fué el herbáceo con 5,7, le siguió el arbóreo con 4,8 y finalmente el arbustivo con 2,4, los cuales fueron obtenidos a partir de los datos de los transectos en franja y promediándolos entre todos estos. La mayor equidad se obtuvo en el estrato arbóreo, con un promedio de 0,81, en seguida en el estrato herbáceo con 0,74 y por último el arbustivo con 0,61. Por su parte, el índice

de diversidad de Shannon alcanzó su promedio más alto en los estratos herbáceo, arbóreo y arbustivo con 1,27, 1,27 y 0,65, respectivamente. (tabla 35)

**Tabla 35. Índices de diversidad para árboles, arbustos y hierbas en la Selva Baja Caducifolia.**

Árboles				Arbustos				Hierbas			
Nombre	S	E	H	Nombre	S	E	H	Nombre	S	E	H
Parc3	1	0,000	0,000	Parc2	2	0,722	0,500	Par2	8	0,874	1,817
Parc4	2	1,000	0,693	Parc3	9	0,854	1,876	Parc3	4	0,892	1,237
Parc6	5	0,917	1,475	Parc4	2	0,918	0,637	Parc4	5	0,132	0,212
Parc7	3	0,982	1,079	Parc6	1	0,000	0,000	Parc6	5	1,000	1,609
Parc8	3	0,670	0,736	Parc7	2	1,000	0,693	Parc7	1	0,000	0,000
Parc9	6	0,960	1,720	Parc8	4	0,774	1,074	Parc8	7	1,000	1,946
Parc10	8	0,958	1,992	Parc9	4	1,000	1,386	Parc9	7	0,926	1,802
Parc11	1	0,000	0,000	Parc10	1	0,000	0,000	Parc10	1	0,000	0,000
Parc12	4	0,742	1,029	Parc11	4	1,000	1,386	Parc11	5	0,754	1,214
Parc13	3	0,946	1,040	Parc12	1	0,000	0,000	Parc12	2	0,722	0,500
Parc14	2	0,811	0,562	Parc13	4	0,639	0,886	Parc13	2	0,918	0,637
Parc15	4	1,000	1,386	Parc14	1	0,000	0,000	Parc14	3	0,946	1,040
Parc16	2	1,000	0,693	Parc15	2	0,918	0,637	Parc15	3	0,921	1,011
Parc17	5	0,830	1,336	Parc16	3	0,946	1,040	Parc16	4	0,709	0,983
Parc18	8	0,902	1,875	Parc17	2	0,811	0,562	Parc17	3	0,994	1,092
Parc21	3	0,463	0,509	Parc18	1	0,000	0,000	Parc18	5	0,651	1,048
Parc23	4	0,660	0,914	Parc21	1	0,000	0,000	Parc21	9	0,780	1,714
Parc24	6	0,789	1,414	Parc23	2	1,000	0,693	Parc23	6	0,851	1,524
Parc26	3	0,725	0,796	Parc24	3	0,960	1,055	Parc24	7	0,845	1,644
Parc27	6	0,967	1,733	Parc26	2	0,650	0,451	Parc26	8	0,894	1,859
Parc29	6	0,858	1,537	Parc27	2	0,811	0,562	Parc27	7	0,815	1,587
Parc30	4	0,936	1,298	Parc29	3	0,865	0,950	Parc29	8	0,869	1,808
Parc31	4	0,723	1,003	Parc30	2	1,000	0,693	Parc30	6	0,797	1,428
Parc32	6	0,917	1,643	Parc31	2	0,811	0,562	Parc31	6	0,742	1,330
Parc33	5	0,991	1,594	Parc32	3	0,985	1,082	Parc32	8	0,909	1,890
Parc34	2	1,000	0,693	Parc33	1	0,000	0,000	Parc33	5	0,732	1,179
Parc37	8	0,852	1,772	Parc34	1	0,000	0,000	Parc34	6	0,829	1,486
Parc38	6	0,968	1,735	Parc37	4	0,809	1,121	Parc37	2	0,592	0,410
Parc41	6	0,976	1,748	Parc38	3	0,946	1,040	Parc38	5	0,926	1,490
Parc42	4	0,953	1,321	Parc41	3	0,985	1,082	Parc41	12	0,901	2,239
Parc43	4	0,906	1,255	Parc42	3	0,982	1,079	Parc42	9	0,761	1,672
Parc44	8	0,983	2,043	Parc44	1	0,000	0,000	Parc43	5	0,457	0,736
Parc45	5	0,887	1,427	Parc45	5	0,763	1,228	Parc44	12	0,708	1,759
Parc46	6	0,969	1,737	Parc46	2	1,000	0,693	Parc45	12	0,810	2,013
Parc47	5	0,963	1,550	Parc47	1	0,000	0,000	parc46	8	0,701	1,457
Parc48	5	0,724	1,165	Parc48	1	0,000	0,000	Parc48	9	0,923	2,029
Parc49	9	0,985	2,164	Parc49	3	0,921	1,011	Parc49	3	0,870	0,956
Parc50	6	0,947	1,698	Parc50	3	0,865	0,950	Parc50	5	0,869	1,398

Parc51	8	0,904	1,879	Parc51	3	1,000	1,099	Parc51	3	0,921	1,011
Parc52	9	0,922	2,026	Parc54	1	0,000	0,000	Parc52	8	0,927	1,927
Parc54	6	0,946	1,696	Parc55	3	1,000	1,099	Parc54	8	0,789	1,641
Parc55	5	0,885	1,424	Parc56	1	0,000	0,000	Parc55	3	0,812	0,892
Parc56	1	0,000	0,000	Parc57	1	0,000	0,000	Parc56	6	0,664	1,190
Parc57	8	0,821	1,708	Parc58	4	1,000	1,386	Parc57	3	1,000	1,099
Parc58	5	0,845	1,359	Parc60	2	1,000	0,693	Parc58	2	0,567	0,393
Parc60	4	0,896	1,242	Parc61	5	0,970	1,561	Parc60	11	0,832	1,995
Parc61	5	0,921	1,483	Parc64	3	0,921	1,011	Parc64	10	0,820	1,889
Parc64	5	0,928	1,494	Parc65	3	0,946	1,040	Parc65	10	0,827	1,903
Parc65	4	0,773	1,071	PROMEDIO	2,4	0,615	0,656	PROMEDIOS:	5,7	0,744	1,274
PROMEDIO	4,8	0,814	1,275								

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

Índices de diversidad de las especies de la Selva Baja Caducifolia por localidades. Las parcelas de muestreo se agruparon de acuerdo con la cercanía a alguna localidad con la finalidad de facilitar su ubicación y tener una mejor contextualización de la distribución de las riquezas y diversidad de especies. Los árboles obtuvieron la mayor riqueza en San Pedro Analco y posteriormente en Paso La Yesca y Río Chico (7,0, 5,0 y 5,0 respectivamente). Los arbustos registraron su mayor riqueza en La Boquilla y posteriormente en el Limón y Sayulimita (4,0, 3,0 y 3,0 respectivamente). Finalmente, las hierbas obtuvieron su máxima riqueza en El Limón (10), después esta el Río Bolaños (tabla 36)

**Tabla 36. Promedios de los índices de diversidad de las especies de la Selva Baja Caducifolia por localidades.**

Árboles									
	Boquilla	Arroyo El Naranjo	Paso La Yesca	Río Bolaños	Cópala	Sn, Pedro Analco	Río Chico	Sayulimita	El Limón
S	3,3/4,0	3,0/1,0	5,0/1,8	4,5/1,7	4,3/1,7	7,0/1,9	5,0/2,9	4,5/0,7	4,5/0,7
E	0,3/0,6	0,9/0,1	0,9/0,1	0,7/0,2	0,9/0,1	0,9/0,1	0,7/0,4	0,9/0,0	0,9/0,1
H	0,7/1,2	0,9/0,2	1,4/0,4	1,1/0,6	1,2/0,5	1,7/0,4	1,2/0,8	1,3/0,1	1,3/0,3
Arbustos									
S	4,0/3,6	2,7/1,5	2,5/1,2	2,0/0,8	1,8/1,0	2,2/1,1	1,5/1,0	3,0/1,4	3,0/0,0
E	0,6/0,4	0,5/0,5	0,7/0,4	0,6/0,4	0,4/0,5	0,6/0,5	0,3/0,5	1,0/0,0	0,9/0,0
H	0,9/0,8	0,6/0,6	0,7/0,4	0,5/0,4	0,4/0,5	0,6/0,6	0,3/0,5	1,0/0,5	1,0/0,0
Hierbas									
S	4,5/2,9	2,7/1,2	6,2/3,2	7,8/1,0	6,3/1,3	5,6/2,8	5,0/2,4	6,5/6,4	10,0/0,0
E	0,6/0,4	0,8/0,1	0,7/0,3	0,8/0,0	0,8/0,1	0,9/0,0	0,8/0,1	0,7/0,2	0,8/0,0
H	1,1/0,8	0,7/0,2	1,30,6	1,7/0,1	1,5/0,3	1,5/0,5	1,2/0,3	1,2/1,1	1,9/0,0

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

### Relevancia de la Selva Baja Caducifolia

Es el tipo de vegetación que más superficie ocupa en el área de estudio del medio físico y natural, se distribuye a lo largo del cañón tanto en laderas, farallones y algunas mesetas que no han sido perturbadas. Florísticamente se encuentra integrado por 96 familias, 272 géneros y 403 especies, esto es el 80% de las familias, 64% de los géneros y 51% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, 76 especies son arbóreas, 86 de ellas son arbustos, 189 hierbas, 38 trepadoras y 8 epifitas

Las especies consideradas por la NOM-059-SEMARNAT-2001, que se encuentran en el área de estudio se presentan en este tipo de vegetación:

**Tabla 37. Especies consideradas por la NOM-059-SEMARNAT-2001.**

MAGNOLIOPSIDA				
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>chrysantha</i>	A	No Endémica
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>palmeri</i>	A	No Endémica
Cochlospermaceae	<i>Amoreuxia</i>	<i>palmatifida</i>	Pr	No Endémica
Sapotaceae	<i>Masticodendron</i>	<i>capiri</i>	A	Endémico
LILIOPSIDA				
Nolinaceae	<i>Dasyllirion</i>	<i>acotriche</i>	A	Endémico

#### IV.2.2.1.2.2 Selva Baja Caducifolia Espinosa

Se caracteriza por el predominio de leguminosas espinosas de tamaño bajo (4 a 8 m) y preponderantemente de hojas caedizas. Una de las fases características, indicadores de cierto grado de aridez. Algunas veces este tipo de vegetación se puede mezclar con la Selva Baja Espinosa Perennifolia. Miranda y Hernández X. (1963) ubican a esta comunidad en la parte alta de la cuenca del Papaloapan y partes bajas de la cuenca del Balsas e Istmo de Tehuantepec y en Tamaulipas, Sonora y Baja California. El aprovechamiento de esta comunidad es por medio de ganado vacuno y caprino el cual ramonea las leguminosas y pastorea los zacates.



Los elementos de la Selva Caducifolia mencionada tienen hojas compuestas de folíolos pequeños (compositifolios minimifoliolados). Una forma de vida algo diferente, que también constituye selvas (o matorrales) bajas espinosas caducifolias, está integrada por elementos espinosos caducifolios de hojas simples, relativamente grandes (simplicifolios mediocrifolios).

Pertenecen estos elementos principalmente al género *Fourquieria* y son bastante característicos de las regiones áridas, pues están casi exclusivamente restringidos.

En el área de estudio del medio físico y natural, esta comunidad se localiza mayormente en los meandros, que se encuentra atrás de la barrera de “huamuchiles”. Las especies que lo conforman son: (huizache concho) *Acacia cochliacantha* y (palo brasil) *Haematoxylon brasiletto*, los cuales llegan a formar comunidades muy cerradas y siendo el “palo brasil” el más frecuente de esta asociación; también es común encontrar asociadas a éste, algunas especies de la Selva Baja Caducifolia, como son: *Acacia picachensis*, *Senna* aff. *wislizeni* *Pithecellobium acatlense*, *Lysiloma microphyllum*, *Randia* sp. y *Pachycereus pecten-aboriginum*, haciendo más diversa esta comunidad.

En el área de estudio se presenta en sitios muy perturbados que corresponderían a lugares más planos o con pendientes muy suaves como se presenta en algunos sitios de Mesa de Flores, por citar un ejemplo, tenemos un estado sucesional de la Selva Baja Caducifolia conformado principalmente una serie de arbustos cubiertos con espinas, las especies que lo conforman que obtuvieron el mayor valor de importancia (18,74 a 9,05 % (tabla 29), fueron “palo brasil” *Haematoxylon brasiletto*, *Pithecellobium acatlense* y *Acacia cochleacantha*, localizándose mayormente en Mesa de Flores y otros sitios cercanos, hacia Copala y subiendo hacia La Yesca y hacia Palo Verde, en estos sitios es común la composición de (huizache concho) *Acacia cochliacantha*, (huizache) *Acacia farnesiana*, (palo prieto) *Pithecellobium acatlense*, *Senna* aff. *wislizeni* y (nopal) *Opuntia fuliginosa*. Debido a su cercanía con la Selva Baja Caducifolia, algunas especies de este último pueden asociarse a las arriba mencionadas, como es el caso de: (cuaxtecomate) *Crescentia alata*, (copal) *Bursera copallifera*, (pitayo) *Stenocereus queretaroensis*, (algodoncillo) *Gossypium aridum* y (grangeno) *Celtis iguanaea*. Esta comunidad conformada mayormente por especies arbustivas son indicadoras de una ganadería extensiva, o de especies herbáceas típicas de sitios donde se estableció por algún tiempo agricultura de temporal. Se notó que en algunos sitios abandonados las especies de la Selva Baja Caducifolia poco a poco se establecen nuevamente. Entre las especies más comunes tenemos: *Elytraria mexicana*, *Tetramerium nervosum*, (quelite) *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus spinosus*, (siempre viva) *Gomphrena nitida*, *Melampodium divaricatum*, (tacote) *Tithonia tubaeformis*, *Zinnia bicolor*, *Ipomoea pinnata*, *Acalypha alopecuroides*, (hierba de la golondrina) *Chamaesyce hirta*, *Euphorbia heterophylla*, (sonajilla) *Crotolaria cajanifolia*, *Dalea* sp., *Desmodium procumbens* var. *transversum*, *Indigofera* sp, (pegajilla) *Mentzelia hispida*, *Cuphea* sp., *Herissantia crispa*, (güinar) *Sida acuta*, *Sida rhombifolia*, *Sida spinosa*, (toritos) *Martynia annua*, *Boerhavia erecta*, *Oxalis* sp, (conguerán) *Phytolacca icosandra*, *Crusea* sp., *Russelia* sp., (toloache) *Datura discolor*, (hierba mora) *Solanum americanum*, (duraznillo) *Solanum rostratum*, *Waltheria americana*, *Kallstroemia* sp., *Cyperus* spp., (huizapol) *Cenchrus brownii*, *Chloris virgata*, *Eleusine indica*, *Eragrostis mexicana*, *Rhynchelytrum repens* y *Setaria geniculata*. De entre las arbustivas sobresalen: (mala mujer) *Wigandia urens*, (salvia) *Hyptis albida*, (huizache) *Acacia farnesiana* y (cinco negritos o lantana) *Lantana camara*.



**Tabla 38. Especies de Selva Baja Caducifolia Espinosa con el mayor índice de importancia**

Especie	Dom. Rel.	Frec. Rel.	Dens. Rel.	VI
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	3,14	3,13	3,13	9,39
<i>Acacia cochleacantha</i>	0,88	3,13	3,13	7,13
<i>Pithecellobium acatlense</i>	0,28	1,39	1,39	3,06

### Diversidad de la Selva Baja Caducifolia Espinosa

El estrato con mayor riqueza (especies por parcela) promedio fué el herbáceo con 4,7 especies, le sigue el arbóreo con 2,6 y finalmente el arbustivo con 2,0 especies en promedio. La equidad máxima promedio se obtuvo en el estrato herbáceo, luego está el arbustivo y finalmente el arbóreo (0,84, 0,79 y 0,66 respectivamente). El promedio más alto del índice de diversidad de Shannon se obtuvo en el estrato herbáceo (1,33), en seguida en el arbóreo (0,681) y finalmente en el arbustivo con 0,495). (tabla 39).

**Tabla 39. Índices de diversidad para árboles, arbustos y hierbas en la Selva Baja Caducifolia Espinosa.**

Árboles			
Nombre	S	E	H
Parc1	3	<b>0,622</b>	0,684
Parc5	3	<b>0,625</b>	0,687
Parc19	2	<b>0,811</b>	0,562
Parc20	2	<b>1,000</b>	0,693
Parc22	2	<b>0,811</b>	0,562
Parc28	4	<b>0,646</b>	0,895
Promedios:	<b>2,7</b>	<b>0,753</b>	<b>0,681</b>
Arbustos			
Nombre	S	E	H
Parc1	4	<b>0,894</b>	1,240
Parc5	1	0,000	0,000
Parc19	2	<b>0,811</b>	0,562
Parc20	1	0,000	0,000
Parc22	2	<b>0,971</b>	0,673
Promedios:	<b>2,0</b>	<b>0,535</b>	<b>0,495</b>
Hierbas			
Nombre	S	E	H
Parc1	6	<b>0,720</b>	<b>1,291</b>
Parc19	3	0,627	0,688
Parc20	6	<b>0,967</b>	<b>1,733</b>
Parc22	7	<b>0,837</b>	<b>1,629</b>
Promedios:	<b>5,5</b>	<b>0,787</b>	<b>1,335</b>

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

Índices de diversidad de las especies de la Selva Baja Caducifolia Espinosa por localidades. Las parcelas de muestreo se agruparon de acuerdo con la cercanía a alguna localidad con el objeto de facilitar su ubicación y tener una mejor contextualización de la distribución de las riquezas y diversidad de especies. Los arboles obtuvieron la mayor riqueza en Bolaños y

posteriormente en Copala (3,0 y 2,5 respectivamente). Los arbustos registraron su mayor riqueza en La Boquilla (2,0). Finalmente, las hierbas obtuvieron su máxima riqueza en el Río Bolaños (5,8) (tabla 40).

**Tabla 40 Promedios de los índices de diversidad de las especies de la Selva Baja Caducifolia por localidades**

	Boquilla	Paso La Yesca	Bolaños	Cópala
<b>Árboles</b>				
S	2,0/1,4	2,3/0,6	3,0/1,4	2,5/0,7
E	0,3/0,4	0,7/0,1	0,8/0,3	0,9/0,1
H	0,3/0,5	0,6/0,1	0,8/0,1	0,8/0,2
<b>Arbustos</b>				
S	2,5/2,1	2,0/0,0	0	2,0/0,0
E	0,4/0,6	0,9/0,1	0	1,0/0,0
H	0,6/0,9	0,6/0,1	0	0,7/0,0
<b>Hierbas</b>				
S	0	3,0/1,4	5,8/3,3	0
E	0	1,0/0,0	0,8/0,1	0
H	0	1,0/0,5	1,3/0,4	0

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

### Relevancia de la Selva Baja Caducifolia Espinosa

Es el tipo de vegetación se distribuye en la parte baja del cañón, en los meandros y algunas mesetas. Florísticamente se encuentra integrado por 7 familias, 10 géneros y 31 especies, esto es el 5,83 % de las familias, 0,24 % de los géneros y 3,94% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, 7 especies son arbóreas, 8 de ellas son arbustos, 16 hierbas, 4 trepadoras y no se encuentran epifitas. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

#### IV.2.2.1.2.3 Selva Baja Perennifolia Espinosa.



Selva a veces casi homogénea, de leguminosas espinosas de hojas persistentes. Se presentan en las vegas de ríos o en terrenos planos de suelo profundo de zonas semisecas con Selva Baja Caducifolia en los cerros y declives, o en áreas de climas francamente árido. Las selvas de parvifoliolados de las partes menos secas del Sur se caracterizan por el predominio del (huamúchil) *Pithecellobium dulce*. Este tipo de selva ha sido en general destruido, pues los lugares son favorables para el cultivo de maíz y frijol de temporal (Miranda y Hernández X. 1963).

Rzedowski 1978, menciona que este tipo de vegetación se distribuye en forma de franja a lo largo de la costa del Pacífico, desde Nayarit a Guerrero. Este tipo de vegetación fisonómica y florísticamente se encuentra conformado por un sólo estrato arbóreo que va de 4 a 7 m de alto. Dominan árboles delgados que en su mayoría se ramifican desde niveles bajos,

provistos de hojas o folíolos pequeños (nanófilas), mayormente perennifolios y cuando son caducifolios son por poco tiempo. Abundan sobremanera los elementos espinosos, incluyendo a veces las Cactáceas. Las trepadoras y epifitas son escasas al igual que los elementos herbáceos (Rzedowski y McVaugh, 1966 y Rzedowski, 1978).

No representa importancia desde un punto de vista forestal y se aprovecha más bien con fines ganaderos o agrícolas (Rzedowski y McVaugh, 1966).

Esta formación ocupa superficies planas o levemente inclinadas de suelo profundo, más bien arenoso y bien drenado, donde la precipitación media anual es del orden de 500 a 750 mm, con 7 a 8 meses de estiaje. La altitud no es mayor de 800 msnm, la temperatura registra valores de 25 a 28 °C en escala media anual; las heladas se desconocen por completo (Rzedowski y McVaugh, 1966).

En el área de estudio del medio físico y natural este tipo de vegetación se localiza en lugares con suelos planos de aluvión (meandros), a la orilla del Río Santiago. Es una comunidad integrada en su mayoría por elementos arbóreos y arbustivos con espinas. Se distribuyen en el área formando tanto franjas a largo del Río Santiago o en algunos sitios planos constituyen manchones. Las alturas de los árboles van de 4 a 10 m, mientras que las arbustivas son del orden de los 2 a 4 m, son especies siempre verdes, de hojas simples o compuestas, pequeñas; con espinas en tallos y ramas. Las flores varían de blancas a amarillas, muy aromáticas. Frutos secos o con arilos carnosos.

En el área de estudio del medio físico y natural existen franjas más o menos densas conformadas por (huamuchiles) *Pithecellobium dulce*, el cual llega a ser el único elemento de este tipo de vegetación que crece lo más cercano al río y que además es la especie con el mayor valor de importancia (tabla 41). Dentro de esa franja de huamuchiles y un poco alejándose de la orilla del río, se encuentran asociados (granjeno) *Celtis iguanaea*, así como (guázima) *Guazuma ulmifolia* y (cuaxtecomate) *Crescentia alata*. Entre las trepadoras más visibles se cuenta con *Prestonia mexicana* y *Cynanchium sp.*

En los meandros y después de la barrera de “huamuchiles” se localizan principalmente al (huizache concho) *Acacia cochliacantha* y (palo brasil) *Haematoxylon brasiletto*, los cuales llegan a formar comunidades muy cerradas y siendo palo brasil el más frecuente de esta asociación; también es común encontrar asociadas a éste, algunas especies de la Selva Baja Caducifolia, como son: *Acacia picachensis*, *Senna aff. wislizeni* y *Pithecellobium acatlense*, *Lysiloma microphyllum*, *Randia sp.* y *Pachycereus pecten-aboriginum*, haciendo más diversa esta comunidad.

**Tabla 41. Especies de Selva Baja Perennifolia Espinosa con el mayor valor de importancia.**

Especie	Dom, Rel,	Frec, Rel	Dens, Rel,	VI
<i>Pithecellobium dulce</i>	23,54	3,13	3,13	29,79
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,97	3,47	3,47	9,92
<i>Crateva palmeri</i>	0,40	1,74	1,74	3,87

#### Diversidad de la Selva Baja Perennifolia Espinosa

El estrato con mayor riqueza promedio fué el herbáceo con 4,9 especies en promedio, le sigue el arbóreo con 3,6 y finalmente el arbustivo con 2,5 especies en promedio. La equidad máxima promedio se obtuvo en el estrato arbóreo, luego está el arbustivo y el herbáceo (0,74 y 0,65 respectivamente). El promedio más alto del índice de diversidad de Shannon se obtuvo en el estrato herbáceo (1,05), en seguida en el arbóreo (0,91) y finalmente en el arbustivo con 0,71). (tabla 42).

**Tabla 42. Índices de diversidad para árboles, arbustos y hierbas en la Selva Baja Perennifolia Espinosa.**

Árboles				Hierbas				Arbustos			
Nombre	S	E	H	Nombre	S	E	H	Nombre	S	E	H
Parc25	6	0,812	1,456	Parc5	4	1,000	1,386	Parc25	1	0,000	0,000
Parc35	3	0,914	1,004	Parc25	6	0,784	1,405	Parc28	2	0,650	0,451
Parc36	2	0,439	0,305	Parc28	10	0,733	1,689	Parc35	3	0,946	1,040
Parc53	6	0,793	1,421	Parc35	5	0,789	1,270	Parc36	3	1,000	1,099
Parc59	2	0,779	0,540	Parc36	2	0,971	0,673	Parc53	5	1,000	1,609
Parc62	4	0,961	1,332	Parc53	4	0,895	1,241	Parc59	1	0,000	0,000
Parc63	2	0,544	0,377	Parc59	1	0,000	0,000	Parc62	3	1,000	1,099
Promedio	3,6	0,749	0,919	Parc62	0	0,000	0,000	Parc63	2	0,650	0,451
				Parc63	12	0,738	1,833	Promedio	2,5	0,656	0,718
				Promedio:	4,9	0,657	1,055				

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

En la tabla 43 se muestran los Índices de diversidad de las especies de la Selva Baja Perennifolia Espinosa por localidades. Las parcelas de muestreo se agruparon de acuerdo con la cercanía a alguna localidad con el objeto de facilitar su ubicación y tener una mejor contextualización de la distribución de las riquezas y diversidad de especies. Los árboles obtuvieron la mayor riqueza en Río Chico y posteriormente en Río Bolaños (5,5 y 3,7 respectivamente). Los arbustos registraron su mayor riqueza en Río Chico (4,5). Finalmente, las hierbas obtuvieron su máxima riqueza en el Río Bolaños (5,8).

**Tabla 43. Promedios de los índices de diversidad de las especies de la Selva Baja Caducifolia por localidades.**

	Prom/Desv		
	Río Santiago	Río Bolaños	Río Chico
<b>Árboles</b>			
S	2,7/1,2	3,7/2,1	5,5/0,7
E	0,8/0,2	0,7/0,3	0,8/0,0
H	0,7/0,5	0,9/0,6	1,4/0,0
<b>Arbustos</b>			
S	2,0/1,0	2,3/1,3	4,5/0,7
E	0,6/0,5	0,6/0,6	1,0/0,0
H	0,5/0,6	0,6/0,6	1,5/0,2
<b>Hierbas</b>			
S	4,3/5,4	5,8/3,3	3,5/0,7
E	0,4/0,5	0,8/0,1	0,8/0,2
H	0,8/0,9	1,3/0,4	1,0/0,4

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

#### Relevancia de la Selva Baja Perennifolia Espinosa

Este tipo de vegetación se distribuye en la parte baja del cañón, principalmente en los meandros y orillas de los Ríos Santiago y Bolaños, formando en algunos sitios una cortina de árboles siempre verdes. Florísticamente se encuentra integrado por 4 familias, 6 géneros y 7 especies, esto es el 3,3 % de las familias, 1,4 % de los géneros y 0,89 % de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, sólo se reportan 6 especies que son arbóreas, 2 especies son arbustos, 4 especies son hierbas y 1 especie trepadora. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

#### IV.2.2.1.2.4 Vegetación Acuática y Subacuática.

Es un tipo de vegetación que se encuentra ligada al suelo permanentemente o temporalmente inundado, o con niveles freáticos próximos a la superficie. Debido a la estructura geológica constituye un sinnúmero de localidades con este tipo de vegetación. Para el área de estudio del medio físico y natural se presentan dos variantes de esta comunidad vegetal, la que se desarrolla tanto a orillas de los ríos y afluentes (Vegetación Riparia) y las que se localizan en áreas periódica o temporalmente inundadas.

#### IV.2.2.1.2.5 Vegetación Riparia. (*Enterolobium* y *Ficus*)



Figura 67. Vegetación Riparia.

Comunidad vegetal que se desarrolla a lo largo de corrientes de agua más o menos permanentes. Desde el punto de vista fisonómico y estructural se trata de un conjunto muy heterogéneo, pues su altura varía de 4 a más de 40 m y comprende árboles de hoja perenne, decidua o parcialmente decidua (Rzedowski & McVaugh, 1966). En el área está constituida por árboles muy espaciados e irregularmente distribuidos y más bien en temperaturas elevadas, como fué el caso de la mayoría de las cañadas de los arroyos que se distribuyen a todo lo largo de la parte alta de la Barranca del Río Santiago, en parte del Río Bolaños y el Río Chico. En todos ellos la presencia de (parota) *Enterolobium cyclocarpum* la cual es muy evidente entre las altitudes de los 800-1200 msnm, y se asocia con más frecuencia con (tapaguaje) *Lysiloma acapulcensis* y en algunos sitios con (higueras) *Ficus spp.*, disminuyendo la presencia de *Enterolobium cyclocarpum* y aumentando la de *Ficus spp.*, entre las altitudes de 800-340 m snm, en fondos de barrancas y que desembocan al Río Santiago y afluentes se localizó formando manchones a (carrizo) *Arundo donax*. La presencia de (sauce) *Salix humboldtiana* y (ahuehuete o sabino) *Taxodium mucronatum* es rara ya que sólo se localizó cuando mucho seis sauces aislados en el Río Bolaños y en cuanto al sabino, sólo se reportan dos árboles en las orillas del Río Chico. Tanto *Enterolobium* como *Ficus insipida* fueron las especies con mayor valor de importancia (tabla 44).

Tabla 44. Valor de Importancia de especies de Vegetación Riparia de *Enterolobium* y *Ficus* spp.

Especie	Dom, Rel,	Frec, Rel	Dens, Rel,	VI
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	12,30	1,39	1,39	15,08
<i>Ficus insipida</i>	10,71	0,69	0,69	12,10
<i>Celtis iguanaea</i>	0,97	1,74	1,74	4,45
<i>Ficus sp,1</i>	2,95	0,35	0,35	3,64

### Diversidad de la Vegetación Riparia de *Enterolobium* y *Ficus* spp.

Este sólo se realizó en la asociación de parota e higuera. El estrato con mayor riqueza promedio fué el herbáceo con 4,9 especies en promedio, le sigue el arbóreo con 3,6 y finalmente el arbustivo con 2,5 especies en promedio. La equidad máxima promedio se obtuvo en el estrato arbóreo, luego está el arbustivo y el herbáceo (0,74 y 0,65 respectivamente). El promedio más alto del índice de diversidad de Shannon se obtuvo en el estrato herbáceo (1,05), en seguida en el arbóreo (0,91) y finalmente en el arbustivo con 0,71). (tabla 45).

**Tabla 45. Índices de diversidad para árboles, arbustos y hierbas en la Vegetación Riparia de *Enterolobium* y *Ficus*.**

Árboles			
Nombre	S	E	H
Parc39	2	0,971	0,673
Parc40	3	0,873	0,960
Parc43	4	0,906	1,255
Parc44	8	0,983	2,043
Parc51	8	0,904	1,879
Parc52	9	0,922	2,026
Parc57	8	0,821	1,708
Parc61	5	0,921	1,483
Parc62	4	0,961	1,332
Promedio	5,7	0,918	1,484
Arbustos			
Nombre	S	E	H
Parc39	2	1,000	0,693
Parc40	2	1,000	0,693
Parc44	1	0,000	0,000
Parc51	3	1,000	1,099
Parc57	1	0,000	0,000
Parc61	5	0,970	1,561
Parc62	3	1,000	1,099
Promedio	2,4	0,710	0,735
Hierbas			
Nombre	S	E	H
Parc39	2	0,985	0,683
Parc40	4	0,930	1,290
Parc43	5	0,457	0,736
Parc44	12	0,708	1,759
Parc51	3	0,921	1,011
Parc52	8	0,927	1,927
Parc57	3	1,000	1,099
Promedio:	5,3	0,847	1,215

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

En la tabla 46 se presentan los índices de diversidad de las especies de la Vegetación Riparia de *Enterolobium* y *Ficus* por localidades. Las parcelas de muestreo se agruparon de acuerdo con la cercanía a alguna localidad con el objeto de facilitar su ubicación y tener una mejor contextualización de la distribución de las riquezas y diversidad de especies. Los árboles obtuvieron la mayor riqueza en San Pedro Analco y posteriormente Paso La Yesca (8,5 y 6,0 respectivamente). Los arbustos registraron su mayor riqueza en El Salto (3,0). Finalmente, las hierbas obtuvieron su máxima riqueza en San Pedro Analco (5,5).



**Tabla 46. Promedios de los índices de diversidad de las especies de la Selva Baja Caducifolia por localidades.**

	Juntas (Cópala)	Prom/Desv Paso La Yesca	S,P, Analco	Salto
<b>Árboles</b>				
S	2,5/0,7	6,0/2,8	8,5/0,7	5,7/2,1
E	0,9/0,1	0,9/0,1	0,9/0,0	0,9/0,1
H	0,8/0,2	1,6/0,6	2,0/0,1	1,5/0,2
<b>Arbustos</b>				
S	2,0/0,0	0	0	3,0/2,0
E	1,0/0,0	0	0	0,7/0,6
H	0,7/0,0	0	0	0,9/0,8
<b>Hierbas</b>				
S	3,0/1,4	0,7/5,5	5,5/3,5	0
E	1,0/0,0	0,2/0,6	0,9/0,0	0
H	1,0/0,4	0,7/1,2	1,5/0,6	0

S= Riqueza de especies. E= Equidad. H= Índice de diversidad de Shannon

#### **Relevancia de la Vegetación Riparia de *Enterolobium* y *Ficus* spp.**

Es el tipo de vegetación se distribuye en casi todos las cañadas profundas y húmedas de la exposición Norte y menos frecuente en las cañadas con exposición Sur en su mayoría son afluentes del Río Santiago, en algunas del Río Bolaños y Río Chico. Florísticamente se encuentra integrado por 3 familias, 8 géneros y 11 especies, esto es el 2,5 % de las familias, 1,8 % de los géneros y 1,4 % de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, sólo se reportan 5 especies que son arbóreas, 3 especies son arbustos, 10 especies son hierbas y 1 especie trepadora. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

#### **IV.2.2.1.2.6 Vegetación Riparia de *Cephalanthus salicifolius*.**



En lugares de aluvión pedregosos presentes tanto en el Río Bolaños, Río Chico y ciertos sitios del Río Santiago se encontraron creciendo una comunidad arbustiva que según Rzedowski y McVaugh (1966) lo describen como una comunidad de diversos arbustos los cuales, en ausencia de árboles asumen el papel de dominantes, formando matorrales que pueden ser densos o espaciados, que generalmente miden de 1 a 2 m de alto y mayormente son perennifolios. Las especies localizadas en estos sitios fueron (jara) *Baccharis salicifolia*, (jara) *Heimia salicifolia*, *Cephalanthus salicifolius*, los cuales llegan a formar franjas más o menos densas tanto en el Río Bolaños y

en el Chico, en las orillas del Río Santiago más bien su presencia es esporádica y sólo se localiza en sitios donde el crecimiento del río no erosiona el lugar. En orillas arenosas (tabaquillo del diablo) *Nicotiana glauca*, (quelite) *Amaranthus spinosus*, *Heliotropium angiospermum*,

*Cleome viscosa*, (hierba de la golondrina) *Chamaesyce hirta*, (higüerilla) *Ricinus communis*, (chicalote) *Argemone ochroleuca*, (verdolaga) *Portulaca oleracea*, *Ludwigia aff. octovalvis*, *Bacopa sp.*, *Nicotiana plumbaginifolia*, (tomatillo) *Physalis sp.*, (toloache) *Datura sp.*, *Cyperus spp.*, y *Chloris virgata*. Las trepadoras fueron muy escasas y sólo se localizó a *Sarcostemma clausum*.

#### **Relevancia de la Vegetación Riparia de *Cephalanthus salicifolius*.**

Es el tipo de vegetación que se distribuye en la parte baja del cañón, principalmente en suelos areno-rocoso del Río Bolaños y Río Chico y en forma disyunta y gracias a la protección por rocas en las orillas del Río Santiago. Florísticamente se encuentra integrado por 2 familias, 2 géneros y 2 especies, esto es el 1,6% de las familias, 0,47% de los géneros y 0,25% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, se encuentra integrados sólo por arbustos. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

#### **IV.2.2.1.2.7 Vegetación Acuática<sup>1</sup>**



Lo disperso de los componentes de esta comunidad, se debe principalmente a que muchas de las especies que los caracterizan son de aguas estancadas, mientras que algunas otras prefieren vivir en sitios con corrientes continuas y de acuerdo a ello son las especies de plantas que los constituyen.

Con lo que respecta a esta vegetación de aguas estancadas se encuentran sujetas a la perennidad de agua. La vegetación que crece en este tipo de sitios está conformada principalmente por especies libres flotantes, como fué el caso de algunas charcas que se localizan entre Hostotipaquillo y Mesa de Flores, donde las especies representativas pertenecen a la familia Lemnaceae, como son los géneros *Lemna sp.* y *Wolffia sp.*



Las de corrientes continuas pero que sólo se forman en la temporada de lluvias (arroyos intermitentes) localizamos a: *Leptochloa acuatica*, *Paspalum convexum*, *Cyperus spp.*, *Heteranthera limosa*, *Heteranthera peduncularis*, *Hymenocallis sp.* y *Equisetum aff. myriochaetum*, así como de algunas especies que aunque no son acuáticas y subacuáticas facultativas, se les localizó muy cerca de las orillas de los arroyos o en lugares inundados, entre estas especies contamos a: *Polyanthes pringlei*, *Phaseolus pauciflorus* y *Commelina sp.* y en el Río Bolaños y Río Chico se localizaron dos especies de plantas las cuales se encuentran arraigadas al fondo en sitios arenosos de aguas con corriente o en charcas poco profundas, estas especies son *Ceratophyllum demersum* y *Potamogetum pilosum*.

Si bien no se detectó al lirio acuático (*Eichornia crassipess*) en el área de estudio del medio físico y natural, es importante considerar que existen poblaciones en la cuenca alta del PH La Yesca (embalse de las presas Santa Rosa, La Experiencia, Puente Grande, entre otras).

### **Relevancia**

Este tipo de vegetación se distribuye tanto en la parte alta sobre las pocas mesetas en arroyos y encharcamientos por el temporal de lluvias o bien, en y encharcamientos. En la parte baja del cañón, principalmente en cañadas húmedas, que en su mayoría son afluentes del Río Santiago, en algunas del Río Bolaños y Río Chico. Florísticamente se encuentra integrado por 3 familias, 8 géneros y 11 especies, esto es el 2,5% de las familias, 1,8% de los géneros y 1,4% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, sólo se reportan 5 especies que son arbóreas, 3 especies son arbustos, 10 especies son hierbas y 1 especie trepadora. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

#### **IV.2.2.1.2.8 Pastizal**

Bajo esta denominación se incluyen áreas que son o han sido utilizadas para la ganadería y aquellas áreas agrícolas que las han dejado “descansar” tal como lo indican los habitantes de los sitios donde se encuentran estas áreas. Aquí se localizan áreas que han sido desprovistas de vegetación original, con el fin de que esta área sea cubierta por algunas especies de pastos útiles para la alimentación del ganado.

#### **IV.2.2.1.2.9 Pastizal Inducido**



La importancia de la ganadería es tal que prácticamente no hay sitio en el que no se encuentre alguna evidencia de su paso. La intensidad de esta actividad no es similar en toda el área, siendo las partes con pendientes muy pronunciadas las únicas que se salvan.

En el área de estudio del medio físico y natural, se localiza en los alrededores de Mesa de Flores y las partes altas de los cerros que se localizan al Oeste del rancho, donde es notoria las zonas abiertas con pastizal de *Andropogon gayanus* e *Hyparrhenia rufa*, hacia aguas abajo, se encuentran lugares abiertos de vegetación donde existen algunas casas o restos de éstas. Una de las especies arbóreas que se encuentra hasta cierto punto asociada a estos pastizales es *Genipa americana*. Otros sitios con pastizales son: Parte Sur del Banco, área comprendida entre El Limoncito y Copales, esto es al Oeste y Norte de Mesa de Flores. Hacia La Yesca en sitios como Arroyo Hondo, La Minita y partes altas que se encuentran al Norte del Río Bolaños. En laderas entre Palo Verde y hacia San Pedro Analco, antes de bajar hacia San Pedro Analco. Áreas cercanas a Santo Domingo de Guzmán, Cinco Minas, camino a Sayulimita, inmediaciones a Tapezco, entre los más importantes.

#### IV.2.2.1.2.10 Pastizal con elementos de Selva Baja Caducifolia<sup>1</sup>



Otra variante de este pastizal son todas aquellas áreas donde en algún tiempo se desmontaron para la siembra y posteriormente se abandonaron. Estos terrenos hoy en día se encuentran cubiertos por una serie de árboles pequeños de las especies, *Genipa americana*, *Gossypium aridum*, *Acacia cochleacantha*, *Bursera penicillata*, *Pachycereus pecten-aboribenum*, *Pithecellobium acatlense* y *Stenocereus queretaroensis*, *Senna aff. wislizenii* y *Lysiloma microphyllum*, entre los más importantes.

#### Relevancia

Este tipo de vegetación se distribuye tanto en la parte alta sobre las pocas mesetas, lomeríos y en laderas con pendientes no tan pronunciadas las cuales se han utilizado ya sea para la ganadería y la agricultura. De acuerdo a ellos es lo rico en especies que los conforman, esto es, para los pastizales de especies introducidas mayormente está conformado por una familia, con dos géneros y dos especies. Si es derivado de la apertura para fines agrícolas, entonces florísticamente es más rico y se encuentra integrado por 8 familias, 8 géneros, 8 especies, esto es el 6,6% de las familias, 1,8 % de los géneros y 1 % de las especies. Sobresalen las hierbas debido a la perturbación, seguido por los arbustos cuatro especies y de acuerdo a lo añejo de la perturbación es el número de árboles que lo conforman, pero regularmente se encuentran 6 especies. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

#### IV.2.2.1.2.11 Encinar.<sup>1</sup>



Miranda y Hernández X. (1966) indican que el encinar junto con los pinares constituyen extensas asociaciones vegetales de las zonas de climas templados o semifríos, semisecas o subhúmedas, con época seca más o menos pronunciada, pero se les puede encontrar también en lugares de clima cálido en relación con sabanas.

Los encinares son bosques más o menos densos de encinos (*Quercus* spp.) de hoja generalmente persistentes. Las especies que forman el encinar varían mucho, según las localidades y las condiciones ecológicas, lo que se comprende si se tiene en cuenta que en México existen alrededor de 250 especies de *Quercus*. La altura del encinar, lo mismo que su densidad, están en relación en términos generales con la humedad del clima; los bosques más densos y altos se encuentran en las partes más húmedas de las serranías del centro

<sup>1</sup> Estos tipos de vegetación tienen poca representatividad en el área de estudio por ocupar una superficie muy reducida. Tal es el caso del Encinar y de la Vegetación Acuática (encharcamientos y la temporalidad de los arroyos) o por el área tan reducida que ocupan dentro de los ríos Bolaños y Chico. Sin embargo, no se puede dejar de largo su presencia ya que la composición de especies que los caracteriza incrementa la diversidad de especies para el área de estudio.

y Sur de México. Los encinos de hojas grandes, relativamente delgadas y grandes bellotas, se hayan en localidades muy húmedas y subcálidas en contacto por lo común con Selva Alta Perennifolia o formando parte de ella, siendo más frecuentes en los declives del Golfo. Los encinares altos, constituidos por especies con hojas relativamente pequeñas y delgadas, caracterizan zonas subhúmedas o algo frías de ambos declives y de las serranías del interior y la parte central de México.

Los encinos de hojas grandes más o menos coriáceos constituyen encinares medianos o bajos, característicos en las serranías y declives de las zonas de transición de regiones semi-secas o sub-húmedas a húmedas; los encinares de *Quercus macrophylla* (*Q. resinosa*), *Q. magnoliifolia*, *Q. urbanii*, etc., están difundidos en las sierras del lado del Pacífico, en tanto que en la vertiente del Golfo predominan especies como *Quercus crassifolia*. Del contacto de regiones sub-húmedas con regiones áridas son muy característicos encinares constituidos por especies de *Quercus* de hojas pequeñas y coriáceas.

Para el área de estudio del medio físico y natural, este tipo de vegetación se localiza en pequeñas porciones dentro del área, entre los encinares más característicos que Rzedowski y McVaugh (1966) mencionan para Jalisco y cuya extensión cubre muchos municipios de Jalisco son los conformados tanto por *Quercus resinosa* y *Q. magnoliifolia*. Esto mismo sucede en el área de estudio del medio físico y natural, los cuales se localizan en pequeños manchones en las partes altas de cerros y lomas, como se presentan en sitios cercanos a Hostotipaquillo, así como entre el camino de Hostotipaquillo a Santo Domingo, y hacia Sayulimita y del lado Norte arriba de los 1 120 msnm, muy visible por el camino a La Yesca. En todos ellos, el grado de perturbación es muy fuerte, debido tanto a la presión de la ganadería como de la antropogénica. La especie más frecuente fue *Quercus resinosa*, seguida por algunos árboles de *Quercus magnoliifolia*, este último se localiza más en los ecotonos del encinar con la Selva Baja Caducifolia. Otras especies asociadas a estos fueron, *Pinus praetermissa* y algunos árboles de *Pinus devoniana* y *Juniperus flacida*. En algunas barrancas se localizó a *Clethra rosei*. Los árboles se encuentran muy dispersos y el suelo que se encuentra descubierto de arbolado se encuentra cubierto por herbáceas anuales. En la época seca del año, el suelo se encuentra a expensas de erosionarse por el viento, ya que la cubierta de herbáceas desaparece y no es hasta el temporal húmedo que éste se encuentra cubierto en su totalidad por pastos y hierbas de las familias Leguminosae, Asteraceae, Commelinaceae, Liliaceae, Convolvulaceae, entre las más importantes. Las especies arbustivas son escasas y de las que se pueden localizar, tenemos a: *Comarostaphylis glucescens*, *Acacia pennatula*, *Dodonaea viscosa*, *Diphysa suberosa* y *Agave guadalajarana*.

### **Relevancia del Encinar**

Este tipo de vegetación se distribuye en las partes altas de los cerros (mesetas), lomeríos y laderas con pendientes varias y todos ellos con orientación Norte, en altitudes mayores a los 1 200 msnm Florísticamente se encuentra integrado por 4 familias, 13 géneros y 24 especies, esto es el 3,3% de las familias, 3% de los géneros y 3% de las especies. De acuerdo

a su hábito de crecimiento, sólo se reportan 7 especies que son arbóreas, 3 especies son arbustos, 16 especies son hierbas y 4 especies trepadoras. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

#### **IV.2.2.1.2.12 Vegetación Secundaria**



Es una comunidad vegetal conformada por una serie de especies indicadoras de disturbio constante, esto debido principalmente por la ampliación de la frontera agrícola o ganadera, así como por la apertura de caminos. En la zona se observan sitios con caminos en forma de red, lo que indica que dicha área ha sido utilizada constantemente para la ganadería. La vegetación está conformada principalmente por especies herbáceas de las familias Poaceae y Leguminosae, y entre las especies más comunes destacan *Acacia farnesiana*, *Hyptis albida*, *Andropogon gayanus* y *Hyparrhenia rufa*. En sitios abandonados y que en alguna ocasión fueron utilizados para la agricultura es común observar a *Amaranthus hybridus*, *Zinnia bicolor*, *Acalypha alopecuroides*, *Ricinus communis*, *Desmodium spp.*, *Abutilon abutiloides*, *Abutilon trisulcatum*, *Argemone ochroleuca*, *Martynia annua*, *Datura discolor*, *Physalis sp.*, entre otras. A lo largo de caminos algunas especies frecuentes fueron: *Nicotiana glauca*, *Tecoma stans* y *Wigandia urens*.

#### **Relevancia**

Este tipo de vegetación se localiza en el área de estudio del medio físico y natural, principalmente a lo largo de los caminos y en lugares cercanos a los caseríos presentes en el área. Concentrándose mayormente en los núcleos poblacionales más evidentes, esto es, el camino de Hostotipaquillo a Mesa de Flores, Santo Domingo, a San Pedro Anasco, a Sayulimita. Florísticamente se encuentra integrado por 12 familias, 17 géneros y poco más de 17 especies, esto es el 17,5% de las familias, 4% de los géneros y 2,1% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, la mayoría son arbustos esto es 7 especies y 11 especies de herbáceas. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

#### **IV.2.2.1.3 Degradación Ambiental**

Todos los tipos de vegetación presentes en el área de estudio del medio físico y natural, presentan un alto deterioro. La perturbación se encuentra representada por la vegetación secundaria derivada de la Selva Baja Caducifolia, de pastizal y del Encinar, provocada principalmente por la tala inmoderada y los incendios. Las formas tradicionales de explotación han generado un uso diferente, ligado también al mal manejo de los recursos naturales, esto explica la degradación ambiental.

Alrededor de 45 especies de árboles de la Selva Baja Caducifolia se verán afectadas por el proyecto, esto correspondería al 50 % del total de los árboles reportados para la zona. Lo interesante es que estas especies cuentan con una amplia distribución a lo largo de la barranca, donde este tipo de vegetación es predominante. La Selva Baja Caducifolia Espinosa sólo se verá afectada por la reducción de área ya que comparte elementos con la Selva Baja Caducifolia. En cuanto a la Selva Baja Perennifolia y Vegetación Riparia la afectación será en cuanto el área que ocupan dentro de las 3 492 ha inundables, pero su distribución es amplia en el área de estudio.

#### **IV.2.2.1.4 Florística**

El resultado florístico (ver anexo 19) del área de estudio es como sigue:

En total se registran hasta el momento 6 clases con 120 familias, 425 géneros, 786 especies y 48 infraespecíficas.

Lycopodiopsida 1 familia, 1 género y 2 especies.

Equisetopsida 1 familia 1 género y 1 especie.

Filecopsida 3 familias, 7 géneros y 14 especies.

Pinopsida 3 familia, 3 género y 4 especie.

Magnoliopsida (Dicotiledóneas) tiene 91 familias, 323 géneros y 607 especies.

Liliopsida (Monocotiledóneas) con 17 familias, 96 géneros y 158 especies.

Las familias de Magnoliopsida y Liliopsida mejor representadas son:

**Tabla 47. Familias de Magnoliopsida y liliopsida.**

<b>MAGNOLIOPSIDA</b>	Especie	<b>MAGNOLIOPSIDA</b>	Especie
LEGUMINOSEAE	126	RUBIACEAE	20
COMPOSITAE	78	CONVOLVULACEAE	15
EUPHORBIACEAE	33	ACANTHACEAE	14
SOLANACEAE	23	CACTACEAE	11
MALVACEAE	21	AMARANTHACEAE	10
<b>LILIOPSIDA</b>		<b>LILIOPSIDA</b>	
POACEAE	79	CYPERCEAE	17

Los géneros más ricos son:

**Tabla 48. Familias de Magnoliopsida y liliopsida género y especies.**

Género	Especie	Género	Especie
Desmodium	15	Dalea	6
Cyperus	13	Marina	6
Ipomoea	12	Physalis	6
Solanum	12	Phoradendron	6
Bursera	9	Aristida	6
Euphorbia	8	Croton	5
Chamaesyce	7	Hyptis	5
Senna	7	Acacia	5
Ficus	7	Tillandsia	5
Aeschynomene	6	Bouteloua	5

#### IV.2.2.1.4.1 Especies con protección

Para cada especie se desarrolló su descripción, distribución y fenología (anexo 20).

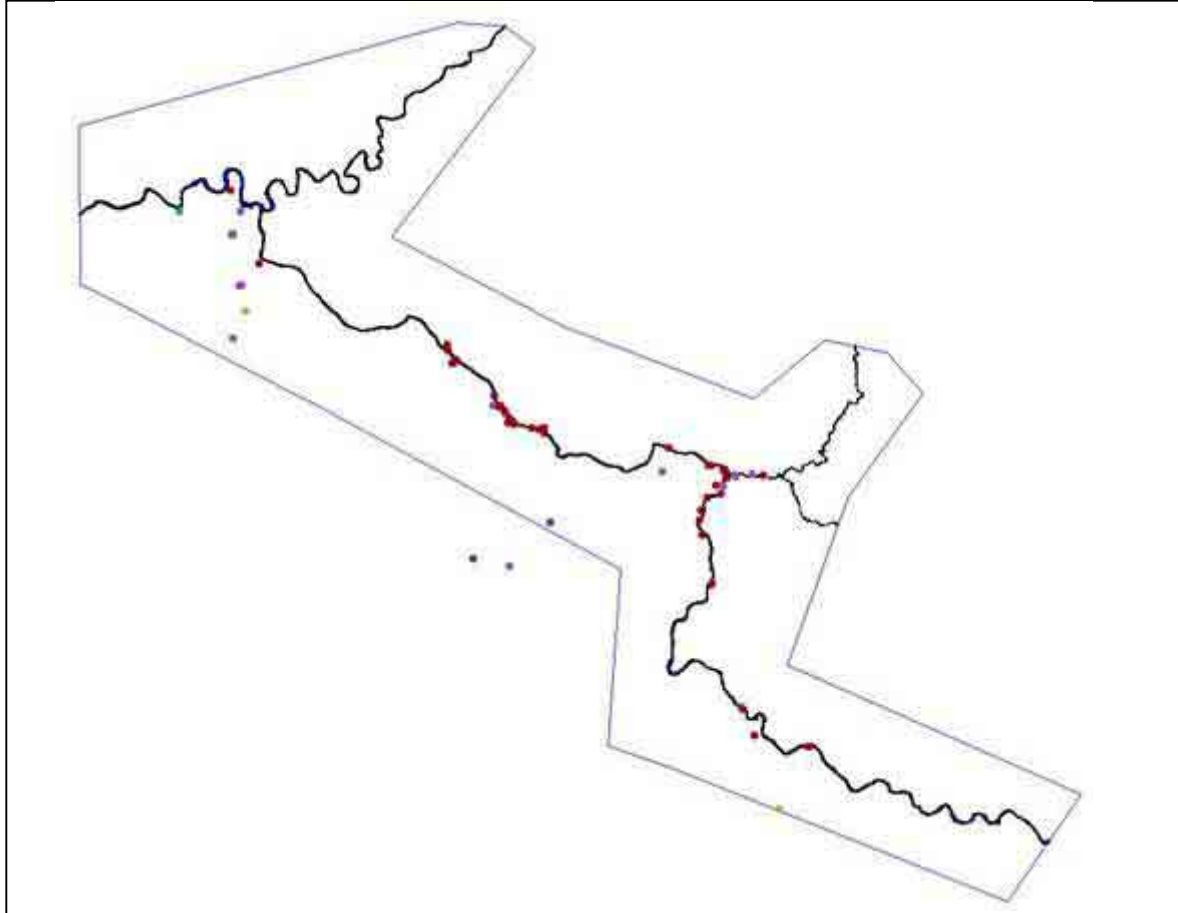
Según la NOM-059-SEMARNAT-2001, donde **P** significa en **peligro de extinción**, **A** significa **amenazadas** y **Pr** **protección especial**.

**Tabla 49. Especies con protección.**

Clase/Familia	Género	Especie	Categoría	Estatus
MAGNOLIOPSIDA				
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>chrysantha</i>	A	No Endémica
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>palmeri</i>	A	No Endémica
Cochlospermaceae	<i>Amoreuxia</i>	<i>palmatifida</i>	Pr	No Endémica
Sapotaceae	<i>Masticodendron</i>	<i>capiri</i>	A	Endémico
LILIOPSIDA				
Nolinaceae	<i>Dasyilirion</i>	<i>acotriche</i>	A	Endémico



Figura 67. Mapa de distribución de las especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2001.



Según la Lista Roja de las Especies Amenazadas (IUCN), donde **V** significa **vulnerable**, **R** significa **rara** y **I** **indeterminada**.

**Tabla 50. Lista roja de las especies amenazadas.**

Clase/Familia	Género	especie	Categoría
MAGNOLIOPSIDA			
Cactaceae	Opuntia	fuliginosa Griffth.	V
Ebenaceae	Diospyros	conzatii Standl.	V
Nyctaginaceae	Okenia	hypogaea Schlect. & Cham.	R
LILIOPSIDA			
Dioscoreaceae	Dioscorea	jaliscana S. Watson	R
Orchidaceae	Clowesia	dodsoniana Aguirre	V

Las especies listadas en el CITES se encuentran en el apéndice II.

**Tabla 51. Lista CITES.**

Lista CITES				
Clase/Familia	Género	especie	Apéndice	Distribución
MAGNOLIOPSIDA				
Cactaceae	Echinocereus	triglochidiatus	II	México-EUA
	Opuntia	atropes Rose	II	México
	Opuntia	fuliginosa Griffiths	II	México
	Opuntia	puberula Pfeiffer	II	México-Guatemala
	Pachycereus	pecten-aborigenum	II	México
	Pereskopsis	acuosa (Weber) Britt. & Rose	II	México
	Pilosocereus	alensis (F.A.C. Weber) Byles & G. D.Rowley	II	México
	Stenocereus	queretaroensis (Webwer) Buxbaum	II	México
Meliaceae	Swietenia	humilis Zucc. (= S. odorata)	II	México-C. América

#### IV.2.2.1.4.2 Especies con Distribución Restringida.

**Tabla 52. Especies con distribución restringida.**

Familia	Especie	Región
Asteraceae	<i>Brickellia jaliscensis</i>	Jalisco
Julianaceae	<i>Amphipteryngium molle</i>	Jalisco- sur de Zacatecas
Leguminosae	<i>Acacia picachensis</i>	Rara para Jal. Pero en otros Estados
Leguminosae	<i>Bauhinia pringlei</i>	Jalisco- sur de Zacatecas
Leguminosae	<i>Indigofera jaliscensis</i>	Occidente de México
Leguminosae	<i>Indigofera palmeri</i>	Occidente de México
Leguminosae	<i>Lonchocarpus sp.</i>	Jalisco
Leguminosae	<i>Senna aff. wislizeni</i>	Jalisco
Arecaceae	<i>Brahea sarukhanii</i>	Nayarit- Jalisco- Sur de Zacatecas

### IV.2.2.1.4.3 Especies con importancia medicinal, alimenticia y de uso regional

#### IV.2.2.1.4.3.1 Medicinales

Tabla 53. Especies con importancia medicinal.

Nombre vulgar	Familia	Especie	Utilización
Doradilla	Selaginellaceae	<i>Selaginella</i> sp.	Diurética Planta completa
Hierba del arlomo	Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bompl. ex Willd.	Piquete del arlomo Cutáneo Hojas y ramas
Cuaxtecomate	Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i> Kunth in H. B. K.	Afecciones respiratorias Fruto
Tronadora	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Caída de pelo Hojas e inflorescencias
Panicua	Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Limpiar la sangre Tallo
Cuachalalate	Julianaceae	<i>Amphipterygium molle</i> Hemsl. & Rose	De espectro amplio Tallo
Salvia	Lamiaceae	<i>Hyptis albida</i> Kunth in H.B.K.	Afecciones respiratorias Hojas e inflorescencias
Palo brasil	Leguminosae	<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karst.	Limpia la sangre Tallo
Campanillo	Rubiaceae	<i>Hintonia latiflora</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock	Fiebres Tallo
Cuero de indio	Tiliaceae	<i>Helicarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hochr.	Para varias enfermedades Tallo

#### IV.2.2.1.4.3.2 Tóxicas

Tabla 54. Especies con importancia medicinal.

Nombre vulgar	Familia	Especie	Daño
Hincha huevos	Anacardiaceae	<i>Comocladia engleriana</i> Loes.	Cutáneo Hojas y resina
Capulín tullidor	Rhamnaceae	<i>Karwinskia latifolia</i> Stand.	Paraliza extremidades inferiores en niños Frutos

#### IV.2.2.1.4.3.3 Comestibles

Tabla 55. Especies con importancia medicinal.

Nombre vulgar	Familia	Especie	Parte comestible
Quelite	Amaranthaceae	<i>Amaranthus híbrido</i> L.	Renuevos
Copalcojote	Anacardiaceae	<i>Cyrtocarpa procera</i> Kunth in H. B. K.	Frutos maduros
Ciruelo	Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Frutos maduros
Anona	Annonaceae	<i>Annona longiflora</i> S. Watson	Frutos maduros
Nopal	Cactaceae	<i>Opuntia fuliginosa</i> Griffiths	Tallos
Pitayo	Cactaceae	<i>Stenocereus queretaroensis</i> (Weber) Buxbaum	Frutos
Huaje	Leguminosae	<i>Leucena esculenta</i> (DC.) Benth.	Frutos
Huamuchil o Huamara	Leguminosae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Frutos
Guayaba	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Frutos
Verdolaga	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Toda la planta
Capiro	Sapotaceae	<i>Mastichodendron capiri</i> (A.DC.) Cronq. (= <i>Sideroxylon capiri</i> (A. DC.) Pittier subsp. <i>tempisque</i> (Pittier) Pennington)	Frutos
Aguilote	Verbenaceae	<i>Vitex pyramidata</i> B.L. Rob.	Frutos

#### IV.2.2.1.4.3.4 Uso local

Tabla 56. Especies con importancia medicinal.

Nombre vulgar	Familia	Especie	Uso
Amapa o rosa morada	Bignoniaceae	<i>Tabebuia palmeri</i> Rose	Madera Mango de hacha e implementos agrícolas
Papelillo	Burseraceae	<i>Bursera grandifolia</i> (Schiecht) Engl.	Ramás Cercos vivos
Copal	Burseraceae	<i>Bursera penicillata</i> (Sessé & Moc.) Engl.	Ramás Cercos vivos
Tepehuaje	Leguminosae	<i>Lysilorna acapulcensis</i> (Kunth.) Benth.	Tallos Madera
Guazima	Sterculaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Hojas y frutos para alimento de ganado
Cuero de indio	Tiliaceae	<i>Helicarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hochr.	Corteza, extracción de fibra
Carrizo	Poaceae	<i>Arundo donax</i> L.	Tallos Como techo que soporte la teja

#### **IV.2.2.2 Fauna terrestre y/o acuática**

El estudio de los elementos que componen los sistemas naturales en sitios en donde se desarrollarán ciertos tipos de obras, permite obtener información para proponer medidas e implementar acciones de mitigación de impactos negativos sobre los sistemas naturales.

El proyecto para la construcción del PH La Yesca, por su naturaleza y características, demanda un minucioso análisis de los distintos aspectos que pudieran verse afectados, dentro de los que figura la fauna. El estudio de la fauna, es un aspecto fundamental en los estudios de impacto ambiental, dada la vulnerabilidad que las especies presentan a los cambios en sus hábitat, siendo en muchos de los casos este factor el responsable de su extinción.

En este marco se centra el presente estudio, el cual se orienta a obtener información, a través de los vertebrados, que describa la estabilidad (o desequilibrio) ambiental en el área del PH La Yesca. Junto con ello, identificar a especies con algún régimen de protección derivado de la normatividad nacional (NOM-SEMARNAT-059-2001) o internacional (Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre, etc.) y finalmente considerar a aquellas especies que serán afectadas por el establecimiento del proyecto y que no se encuentran en algún régimen de protección.

La obtención de la información antes citada, permitió lo siguiente:

- a) Generar un inventario de la composición de vertebrados presentes en la zona de estudio.
- b) Identificar las especies que puedan verse amenazadas.
- c) Localizar las áreas sensibles para las especies de interés o protegidas, como son las zonas de anidación, refugio o crianza.

#### **IV.2.2.2.1 Metodología**

##### **IV.2.2.2.1.1 Unidades Ambientales**

Los sitios para el estudio de la fauna fueron determinados en función de unidades ambientales. La zona en donde se pretende establecer el PH La Yesca, presenta características accidentadas con pendientes pronunciadas. En función de dichas características del terreno y de los elementos biológicos presentes (tipos de vegetación), particularmente los faunísticos, se definieron cuatro unidades ambientales (UA):

**LADERAS:** Áreas con pendientes pronunciadas y que se encuentran en los márgenes de los dos ríos que se localizan en el sitio. Estas zonas están cubiertas por Selva Baja Caducifolia y Selva Baja Caducifolia Espinosa.

**CAÑADAS:** Sitios caracterizados por la presencia de cobertura vegetal durante la mayor parte del año, propiciada por la concentración de humedad, lo que permite un ambiente adecuado para el establecimiento y

uso de esos sitios por parte de ciertas especies de fauna durante buena parte del año. En esta unidad prevalece el Selva Baja Caducifolia con excepción de las márgenes de los arroyos en donde se presentan elementos como *Ficus spp.*, *Tabebuia palmeri* y *Piper spp.*

RIPARIA: Zonas adyacentes a los ríos conformadas por Selva Baja Caducifolia Espinosa de *Pithecellobium dulce*, *Acacia cochleacantha* y *Haematoxylon brasiletto*, en terrenos aluviales. Son áreas con poca o nula pendiente. En las zonas arenosas, cercanas al margen de los afluentes, se encuentran especies de herbáceas comunes en sitios perturbados como *Nicotiana glauca*.

ACUÁTICA: Esta unidad refiere los cauces de ríos, arroyos, riachuelos, pozas, ojos de agua y en general cualquier cuerpo de agua presente en la zona de estudio.

#### **IV.2.2.2.1.2 Sitios de colecta**

Un total de siete puntos de muestreo fueron utilizados durante el presente trabajo, adicionalmente se suman dos puntos más, los cuales fueron utilizados únicamente para el muestreo de peces (Aguamilpa y Santa Rosa). Dichos sitios son los siguientes: La Boquilla, Mesa de Flores, Paso La Yesca, Cañon del Río Bolaños, Hostotipaquillo, Santo Domingo, Sayulimita. En cada uno de estos puntos, se seleccionaron sitios de muestreo con base en la presencia de las unidades ambientales, de tal manera que en cada punto se trabajaron hasta en tres sitios diferentes en el caso de la vertebradofauna terrestre. A continuación se dan detalles de cada uno de esos sitios.

LA BOQUILLA. Se ubica en la coordenadas UTM E 594 930 N 2 339 474 y corresponde al sitio donde se desarrollará la construcción del proyecto hidroeléctrico La Yesca. Las UA presentes en éste son Pendientes, Planicies, Cañadas y Agua. Los tipos de vegetación ahí registrados son Selva Baja Caducifolia, Vegetación Riparia con *Ficus* y Vegetación Riparia con *Pithecellobium*.

MESA DE FLORES. Sitio localizado en las coordenadas UTM 592 602 y 2 342 748. La UA presentes corresponden a Pendientes y Cañadas. Los tipos de vegetación son Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia Espinosa y Vegetación Riparia con *Ficus*.

PASO LA YESCA. Referida al punto de paso sobre el Río Santiago, este punto está ubicado en las coordenadas UTM 598 062 y 2 344 049. Las UA registradas corresponden a Pendientes, Planicies, Cañadas y Agua. En este punto está presente la Selva Baja Caducifolia, la Selva Baja Caducifolia Espinosa y Vegetación Riparia con *Ficus*.

CAÑÓN RIO BOLAÑOS. Este sitio está referido con las coordenadas UTM 597 660 y 2 343 604. Las UA observadas y estudiadas corresponden a Pendientes, Planicies y Agua. De la misma forma, los tipos de vegetación presentes corresponden a Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia Espinosa y Vegetación Riparia con *Pithecellobium*.

HOTOTIPAQUILLO. El presente sitio está ubicado con las coordenadas UTM 594 930 y 2 339 474. En éste se observan Pendientes y Cañadas, en las cuales domina la Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia Espinosa y Vegetación Riparia con *Ficus*.

SANTO DOMINGO. La localidad está referida en las coordenadas UTM 607 592 y 2 334 012. Las UA presentes corresponden a Pendientes, Cañadas, Planicies y Agua. En este lugar se presenta la Selva Baja Caducifolia Espinosa, Selva Baja Caducifolia y Vegetación Riparia con *Ficus*.

SAYULIMITA. Corresponde a la localidad más alejada del sitio de La Boquilla y está localizada en las coordenadas UTM 615 592 y 2 329 511. Ahí se presentan Pendientes, Planicies, Cañadas y Agua. Los tipos de vegetación registrados corresponden a Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia Espinosa y Vegetación Riparia con *Ficus*.

#### **IV.2.2.2.1.3 Muestreo de vertebrados**

##### **Peces**

Para obtener el listado de peces para la zona de estudio, se utilizaron dos redes atarrayas. Una de 4,0 m de diámetro y una luz de malla de 1,8 cm y otra de 4,5 m de diámetro y luz de malla de 1,0 cm, además de una red agallera o tumbo de 25 m de largo por 2,5 m de caída y luz de malla de 2,5 pulgadas. El esfuerzo de pesca para las atarrayas se estandarizó en una hora por sitio, esto con el fin de obtener información respecto a la abundancia relativa de cada una de las especies registradas (Nadreer 1966).

Los individuos de las especies cuya identificación en el campo fué dudosa fueron recolectados. Se preservaron en formol al 10% y fueron transportados al laboratorio en bolsas plásticas debidamente etiquetados para su posterior determinación. La determinación de los especímenes se basó en el trabajo de Álvarez (1970).

##### **Anfibios y reptiles**

Los componentes de interés para este estudio sobre la estructura de la comunidad de anfibios y reptiles, fueron la composición de especies, su abundancia relativa y la variación espacio-temporal para las distintas unidades ambientales.

Como primer paso se desarrolló un inventario exhaustivo en el área de estudio del medio físico y natural, para lo cual se efectuaron colectas de las especies ahí existentes y fueron determinadas en el laboratorio con claves especializadas, se corroboraron estas determinaciones con material de colecciones (Instituto de Biología de la UNAM, Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL; y el Centro de estudios en Zoología del CUCBA, U. de G.) y especialistas.

Para conocer la riqueza y la abundancia relativa de la herpetofauna, se aplicó un método de transecto en banda (Lloyd *et al.* 1968; Reading 1997).

El transecto en banda (el cual es equiparable a un cuadrante modalidad transecto), consistió en una banda de 6,0 m de ancho y una longitud que se definió por la técnica de área mínima, para este trabajo se determinó una banda de 1 500 m de longitud, lo que cubre una superficie muy cercana a una hectárea (9 000 m<sup>2</sup>). Durante los recorridos sobre el transecto se determinaron las especies, así como el número de individuos para cada especie por sitio de muestreo.

Los especímenes colectados fueron, fijados y preservados bajo las técnicas tradicionales de colecciones científicas de estos grupos y puestos a disposición de la colección del Centro de Estudios en Zoología (CZUG) del CUCBA.

#### Aves

Para obtener el listado de aves presentes en la zona de estudio, se establecieron puntos de conteo en cada una de las unidades ambientales. Los puntos estuvieron separados al menos 100 m entre sí (Raman 2003). En los puntos seleccionados, se realizaron conteos (observaciones directas y cuando sea posible, detección por canto) utilizando metodología estándar con dos bandas de conteo, 0 - 30m y >30m. (Bibby *et al.* 2000, Scott *et al.* 1981, Sutherland 1996). La unidad de conteo fueron los individuos detectados. Los conteos iniciaron al amanecer y tuvieron una duración de 10 minutos por punto. Antes de comenzar el conteo en cada punto, se dejó transcurrir un período de 8 minutos, para que las aves normalizaran su comportamiento. Los individuos observados y/o escuchados fuera de los puntos de conteo fueron también registrados, así como especies conspicuas referidas de fuentes locales confiables.

Además de los puntos de conteo, se colocaron redes de niebla para incrementar el número de especies registradas, especialmente para aquellas inconspicuas y/o difíciles de identificar. Los sitios para emplear las redes fueron determinados en campo y fué un método auxiliar para incrementar la riqueza de especies. En todos los casos, los registros de aves en campo fueron relacionados a unidades ambientales.



Los puntos de conteo proveen datos para determinar densidades de las especies de aves registradas, las cuales se obtienen por métodos descritos en Bibby *et al.* (2000). Todos los puntos de conteo fueron catalogados de acuerdo al tipo de vegetación, información que permitió relacionar las densidades obtenidas con tipos de vegetación, para poder determinar abundancias específicas.

### Mamíferos

Para obtener el listado de mamíferos presentes en la zona de estudio, se establecieron sitios de muestreo, en función de las unidades del paisaje presentes en la zona de trabajo. En los puntos seleccionados, se realizaron conteos para mamíferos pequeños (roedores), mamíferos medianos (ardillas, armadillos, tlacuaches, entre otros) y para mamíferos mayores (canidos, prociénidos, félicos, cervidos), así mismo se trabajó con mamíferos voladores (murciélagos). Se aplicaron técnicas estándar para la medición y monitoreos de los distintos grupos de mamíferos (Sutherland 1996, Wilson *et al.* 1996, Boitani y Fuller 2000), mediante el uso de trampas Sherman para pequeños mamíferos, estaciones olfativa para mamíferos medianos y conteos directos. En el caso de mamíferos voladores se utilizaron redes de niebla. Los registros de las especies serán relacionados a tipos de vegetación y a unidades ambientales.

En el caso del uso de trampas Sherman, se utilizaron 100 trampas por cada una de las unidades ambientales por noche. Dadas las condiciones de terreno en el área de estudio, las trampas fueron colocadas en línea. Se ha demostrado que este tipo de muestreos permite incorporar una mayor riqueza de las especies presentes en el sitio de estudio.

En el caso del uso de estaciones olfativas, éstas fueron colocadas a lo largo de las brechas y caminos presentes en el área. El muestreo consistía de un transecto conformado por 10 estaciones, las cuales se colocaban de manera alternada a los lados del camino y con una separación entre estación y estación de 300 m. Las estaciones consistían de un área de tierra cernida con un diámetro de 90 cm de diámetro y fueron cebadas de manera alternada con pescado y alimento para perros. Se activaron durante la tarde y fueron revisadas durante la mañana del día siguiente (Linhart y Knowlton 1975, Roughon y Sweeny 1982).

Adicionalmente, se registraron a lo largo de dichos caminos, brechas y dentro de las unidades ambientales, la presencia de rastros (excretas, huellas, rascaderos, madrigueras), esto con el objeto de tener un mejor reconocimiento de la riqueza de especies presentes en el área.

Con respecto al muestreo de murciélagos, se colocaron 4 redes de 3 x 12 m en cada una de las unidades ambientales. Estas redes fueron activadas de las 1 700 a las 2 400 y se trabajó una noche por UA<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Unidad Ambiental

Las técnicas aplicadas para el conocimiento de los mamíferos permitió determinar abundancias de cada una de éstos (Wilson et al. 1996), refiriéndose dichas cuantificaciones a las unidades ambientales presentes en la zona.

#### **IV.2.2.2.1.4 Determinación del régimen de las especies**

La determinación de las especies endémicas se basó en los listados de la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001) para peces, anfibios y reptiles y aves; en el caso de los mamíferos, adicionalmente, se consultó el trabajo de Guerrero y Cervantes (2003). Respecto a la determinación del Régimen de Protección se utilizó la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001), las especies incluidas en los listados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se basaron en el trabajo de Baillie *et al.* (2004). Así mismo, se utilizaron los listados publicados por el Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) en el 2005.

#### **IV.2.2.2.1.5 Analisis de la diversidad**

El análisis de la diversidad para cada uno de los grupos se llevó a cabo mediante el índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ); adicional se integra el valor de la varianza para este índice, así como una análisis Bootstrap con el fin de obtener un intervalo de confianza para el valor generado por el índice de diversidad (Krebs 1998). En el caso de mamíferos, dada la gama de técnicas de muestreo que demandó su estudio y los valores de abundancia que se generan con cada uno de ellos, el índice fué aplicado en función de dicha técnica. Así se obtuvo un valor de diversidad para murciélagos (redes de niebla), pequeños mamíferos (trampas tipo Sherman) y mamíferos medianos y grandes (estaciones olfativas); el valor obtenido para cada grupo fué promediado con el fin de tener un valor aproximado de la diversidad mastozoológica de cada sitio de muestreo.

Es importante hacer notar que, dado que los modelos de diversidad se ven afectados tanto por el número de especies como por la distribución de los valores de abundancia registrados para cada una de las especies (referido como equitatividad), se obtuvo un valor de equitatividad relacionando el valor de diversidad respecto al logaritmo de la riqueza (Krebs 1998, Huerta-Martínez y Guerrero, 2004).

Los valores de diversidad, equitatividad, varianza e intervalos de confianza fueron generados para cada UA, Tipo de Vegetación, Sitio de Muestreo y Zona de Inundación y Zona de Estudio, lo que permitiera tener una mayor claridad respecto a la situación que guardan los vertebrados en el área del PH La Yesca. Cabe hacer notar que la separación entre la zonas de Influencia y de Inundación, está referida con la idea de ponderar las especies que eventualmente pudieran verse afectadas con el llenado de la presa; así mismo, detectar si su presencia se dá en la zona aledaña a la de inundación, lo que condujera a tener una idea más clara del grado de impacto del PH La Yesca sobre los vertebrados.

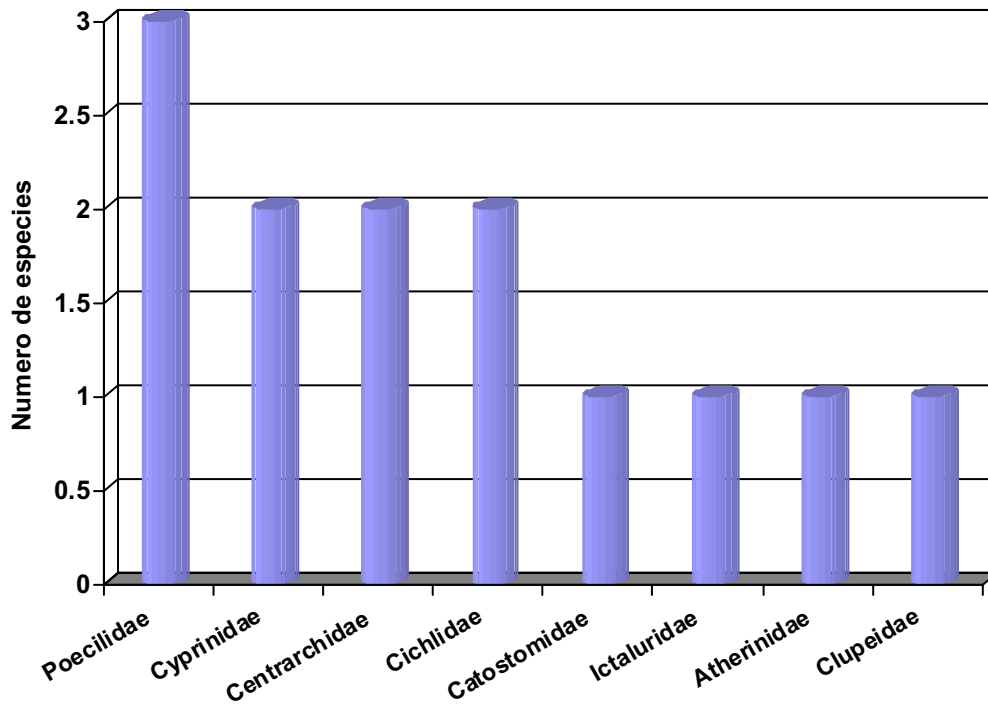
#### **IV.2.2.2.2 Fauna presentes en el área de estudio del medio físico y natural**

##### **IV.2.2.2.2.1 Peces**

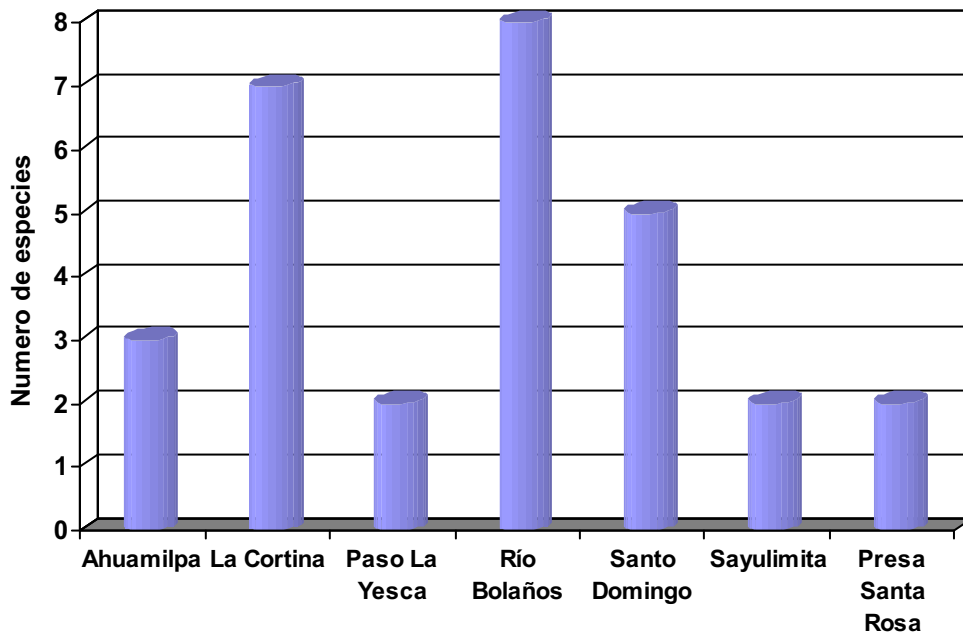
Composición.

La riqueza de especies en el área fué de 13 especies pertenecientes a 6 órdenes, 8 familias y 12 géneros. Se incluyen en esta riqueza 2 especies registradas en la Presa de Aguamilpa ubicada aguas abajo sobre el Río Santiago, esto es, en la misma cuenca hidrológica a que se refiere el presente documento. Estas especies son *Dorosoma smithi* y *Lepomis macrochirus*. La familia mejor representada son los Poeciliidae con 3 especies seguida de Cyprinidae, Cichlidae y Centrarchidae con dos especies cada una de ellas, las restantes cuatro con una especie cada una. Los órdenes Cypriniformes y Perciformes están representados por dos familias cada uno (anexo 21 tabla 1; gráfica 12).

El sitio con el mayor número de especies se ubica sobre el Río Bolaños, contrario a lo registrado para la presa de Santa Rosa, en donde se obtuvieron solamente 2 especies (gráfica 13).



Gráfica 12. Número de especies de peces por familia, registrados en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca.



Gráfica 13. Riqueza de especies de peces registrada en cada uno de los sitios de muestreo dentro de la zona de estudio del medio físico y natural PH La Yesca.

Diversidad.

La diversidad, cuantificada mediante el índice de diversidad de Shannon,

muestra que los mayores valores se registraron en el sitio de La Boquilla ( $H' = 1,436$ ), seguido por el Río Bolaños ( $H' = 1,357$ ); en cambio los menores valores se obtuvieron en Santo Domingo ( $H' = 0.868$ ) seguido por la presa de Santa Rosa ( $H' = 0,979$ ) (tabla 57). Cabe hacer notar que la diferencia en diversidad entre La Boquilla y Río Bolaños está fundada en los valores de equitatividad, la cual tiende a ser mayor en el primero de los sitios.

**Tabla 57. Resultados de la aplicación del índice de diversidad de Shannon para los sitios de muestreo de peces.**

SITIO	Riqueza (S)	Equitatividad	Shannon ( $H'$ )	Varianza
Aguamilpa	3	0.8775	1.175	0.0019
La Boquilla	7	0.7631	1.436	0.0092
Paso La Yesca	2	0.8454	0.986	0.0103
Río Bolaños	8	0.6389	1.357	0.0037
Santo Domingo	5	0.3558	0.868	0.0166
Sayulimita	2	0.9183	1.011	0.0536
Presa Santa Rosa	2	0.5033	0.979	0.0027

#### Distribución.

De las 13 especies registradas, solo *Oreochromis aureus* se colectó en todos los sitios en tanto que a *Poecilia butleri* se le colectó en cuatro de los siete sitios, *Chirostoma arge*, *Ictalurus dugesi*, y *Cichlasoma beani* se les colectó en 3 de los siete sitios, *Dorosoma smithi*, *Algansea monticola*, *Cyprinus carpio*, *Poeciliopsis baenschi* y *Micropterus salmoides* son las de distribución más restringida, en un solo sitio a cada una. *Micropterus salmoides* fue frecuente en el Río Bolaños. Si bien *Dorosoma smithi* está presente en la Presa de Aguamilpa, su presencia en el Río Santiago aguas arriba de esta presa no está registrada y es poco probable su presencia. *Cyprinus carpio* está presente en el Río Bolaños y aunque para este trabajo no se le localizó en el Río Santiago se conoce de su existencia en la confluencia del Río Verde y el Santiago, por lo que no se descarta su presencia en las localidades intermedias, esto es, en la presa de Santa Rosa, en Santo Domingo, Sayulimita y en la zona de La Boquilla (anexo 21, tabla 2).

#### Régimen de las especies.

De acuerdo con la NOM-SEMARNAT-059-2001, solamente dos de las 13 especies de peces registradas en el área de estudio están citadas en dicha Norma, éstas se incluyen con el régimen de amenazadas. No se registra ninguna especie en los listados de UICN ni en CITES. Ello implica que el 15,3% de las especies presentan algún régimen (anexo 21, tabla 3).

#### Especies de uso e interés social.

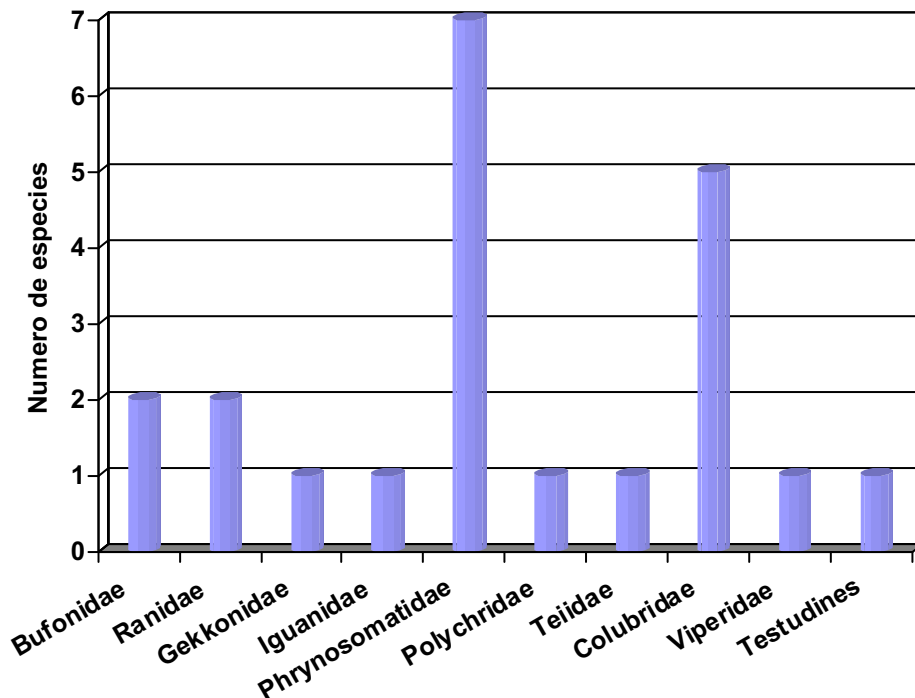
Por observación en el campo, se pudo apreciar que las especies de mayor a menor interés de uso pesquero en toda la zona de estudio son *Oreochromis aureus*, *Ictalurus dugesi*, *Cichlasoma beani*, *Micropterus salmoides*, *Cyprinus carpio* (anexo 21, tabla 4).

*Oreochromis aureus* y *Cichlasoma beanii* son capturadas y vendidas como “Tilapia”. El Río Bolaños es visitado regularmente, en su parte baja, por grupos de pescadores que reportaron verbalmente tener capturas de 300 a 500 kg cada tercer o cuarto día. Las artes de pesca utilizadas son atarrayas y tumbo ó trasmallo. El producto de la pesca es vendido en las poblaciones cercanas a puestos establecidos en los mercados locales, fresco y eviscerado. Por indicios dejados en el sitio tales como: restos de artes de pesca, (pedazos de redes, línea y anzuelos) y residuos de la actividad de descamación y desviscerado de los peces capturados se pudo apreciar alguna actividad pesquera en los sitios de Sayulimita, Santo Domingo, Presa de Santa Rosa y la zona de La Boquilla, para ninguno de estos sitios es posible precisar los volúmenes de captura.

#### IV.2.2.2.2 Anfibios y Reptiles.

Composición.

En el sitio fueron registrados cuatro especies de anfibios y 18 de reptiles. Los Anfibios pertenecen a 2 géneros y 2 familias; para los reptiles encontramos representación de 13 géneros, 8 familias y 2 subórdenes (gráfica 14; anexo 21, tabla 5.).



Gráfica 14. Número de especies de anfibios y reptiles para cada una de las familias registradas en el zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca.

Diversidad.

Los valores de diversidad en función de las UA mostraron que la zona de pendientes presentó el valor más alto ( $H' = 1.844$ ), por su parte la unidad de cañadas registró el menor valor ( $H' = 1.441$ ), esto como resultado de un valor más alto en la riqueza de especies presente en la primera de las UA (tabla 58).

Por otro lado, la Vegetación Riparia con *Pithecellobium* mostró el mayor valor de diversidad ( $H' = 1.902$ ) entre los tipos de vegetación definidos, en cambio el menor valor ( $H' = 1.43$ ) se observó en los sitios con Vegetación Riparia con *Ficus*, mostrando la Selva Baja Caducifolia valores intermedios. Esta diferencias en la diversidad entre los tipos de vegetación están mayormente influidos por la riqueza que por la equitatividad (tabla 59).

En función de los sitios de muestreo, se estableció una clara diferencia entre ellos, resultanto que Mesa de Flores ( $H' = 2.033$ ) seguido por La Boquilla ( $H' = 1.87$ ) fueron los sitios con los valores más altos, coincidiendo en ambos la presencia de una alta equitatividad (Tabla 60).

**Tabla 58. Valores de diversidad del índice de Shannon en función de unidades ambientales para los anfibios y reptiles registrados en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca.**

Índices	PENDIENTE	PLANICIE	CAÑADA
H'	1,844	1,795	1,441
Varianza H'	0,0039	0,0081	0,0029
Inferior (95%)	1,689	1,563	1,306
Superior (95%)	1,931	1,903	1,519
Equitatividad (J)	0,7689	0,6998	0,8041

**Tabla 59. Valores de diversidad del índice de Shannon en función de tipos de vegetación para los anfibios y reptiles registrados en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca. SBC= Selva Baja Caducifolia, VRF= Vegetación Riparia con Ficus, VRP= Vegetación Riparia con Pithecellobium, SBCE= Selva Baja Caducifolia Espinosa.**

Índices	SBC	VRF	VRP	SBCE
H'	1,87	1,43	1,902	1,561
Varianza H	0,0083	0,0019	0,0136	0,0069
Inferior (95%)	1,626	1,326	1,566	1,358
Superior (95%)	1,977	1,497	2,032	1,665
Equitatividad (J)	0,78	0,798	0,7414	0,8023

**Tabla 60. Valores de diversidad de aves por sitio, obtenidos en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca. LB= La Boquilla, MFL= Mesa de Flores, PLY= Paso La Yesca, CBO= Caños del Río Bolaños, HTQ= Hostotipaquillo, SYM= Sayulimita, STD= Santo Domingo.**

Índices	LB	MFL	PLY	CBL	HTQ	STD	SYM
H'	1,87	2,033	1,234	1,094	1,318	0,951	1,478
Varianza H	0,0167	0,0288	0,0050	0,0107	0,0099	0,0136	0,0329
Inferior (95%)	1,486	1,442	1,078	0,8492	1,059	0,6502	0,963
Superior (95%)	2,022	2,062	1,347	1,249	1,459	1,141	1,668
Equitatividad (J)	0,729	0,9253	0,7665	0,6796	0,7358	0,686	0,7594

Entre la zona de inundación y la zona de estudio, se notó diferencia en el valor de la diversidad de anfibios y reptiles presentes, siendo en la primera de  $H' = 1,806$  (varianza = 0,0028) y en la segunda de 1,655 (varianza = 0,0048).

#### Distribución.

De acuerdo con los resultados de la distribución, se observó que seis especies fueron registradas en al menos tres de las UA definidas para el área del PH La Yesca, entre ellas encontramos a *Sceloporus graciosus*, *Sceloporus horridus*, *Sceloporus utiformis*, *Urosaurus bicarinatus* y *Aspidocelis communis* y *Anolis nebulosus*. Por el contrario, siete especies se limitaron a una UA, entre las que se pueden citar están *Rana catesbiana* y *Sceloporus clarkii* y *Crotalus basiliscus*. En este sentido, fué en la UA de Pendientes en donde se registró la mayor riqueza con 18 especies, mientras que en Agua solo se observaron tres especies siendo la menor riqueza (anexo 21, tabla 6).

Por su parte, en la Selva Baja Caducifolia de registraron 15 especies, en Vegetación Riparia con *Pithecellobium* 13, en Vegetación Riparia con *Ficus* ocho y en la Selva Baja Caducifolia Espinosa siete y en Vegetación Acuática tres (anexo 21, tabla 7).

Trece de las especies registradas se distribuyen en uno o dos de los sitios de muestreo, tal es el caso de los anfibios, tres lagartijas del genero *Sceloporus* (*Sceloporus clarkii*) y todas las serpientes. Es posible que para los anfibios y las lagartijas se deba a condiciones y requerimientos específicos del hábitat, pero para el caso de las serpientes se deba en mucho a la dificultad de ser observadas. Por otro lado, especies como *Sceloporus graciosus*, *Sceloporus horridus*, *Sceloporus utiformis*, *Urosaurus bicarinatus* y *Aspidocelis communis*, presentaron una distribución amplia para casi toda el área de estudio del medio físico y natural (anexo 21, tabla 8).

Respecto a la riqueza entre zonas, se observó que en el área de estudio se registraron 19 mientras que en la zona de inundación solamente 14 (anexo 21, tabla 9).

#### Régimen de las especies.

Cinco de las 22 especies observadas en el área de estudio están determinados como endémicas de México, dos lagartijas, dos serpientes y una tortuga. Ocho están bajo algún régimen de protección en la NOM-059-2001, dos amenazadas y seis en protección especial; entre estas ochos están las endémicas (anexo 21, tabla 10).

En el caso de los anfibios ninguno de los registrados en el trabajo de campo, son endémicos de México ni están en la NOM-059-2001, bajo algún tipo de protección.



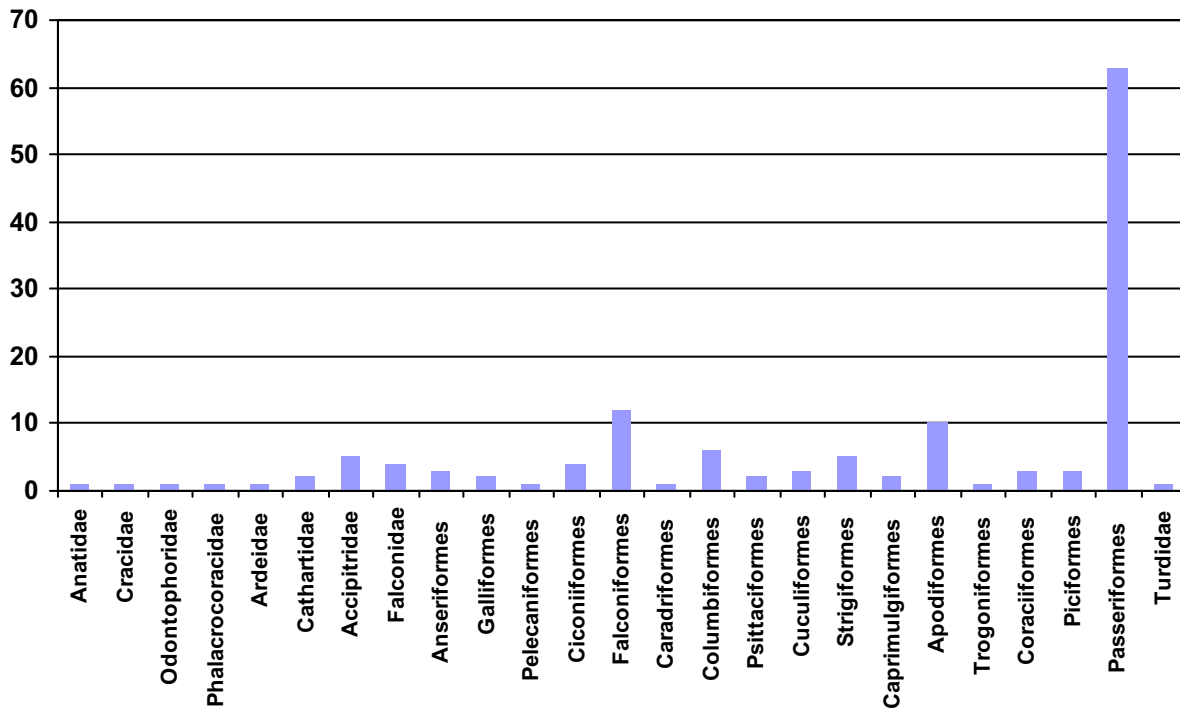
#### Especies de uso e interés social.

Se presentan en el área de estudio del medio físico y natural del proyecto dos especies de anfibios con valor de comercial, derivado éste por el uso como mascotas o como material biológico en laboratorio de escuelas de distintos niveles. Sin embargo en la zona de estudio no existen prácticas de aprovechamiento sobre estas especies reportadas. Para el caso de los reptiles se determinaron 11 especies con algún valor de uso, 4 de ellas con aprovechamiento de su carne y piel, tal es el caso de las iguanas, que se reportó el consumo de una de ellas por los lugareños (*Ctenosaura pectinata*). Un lugar importante presentan las especies venenosas, de las cuales se determinaron 4 con posibilidad de encontrarse en la zona y una registrada durante el estudio (*Heloderma horridum horridum*, *Micrurus distans*, *Agkistrodon bilineatus bilineatus* y *Crotalus basiliscus basiliscus*), la importancia radica en el peligro que representan estas especies para la población humana, particularmente por encontrarse sus localidades en condiciones de aislamiento y con ello dificultad para la asistencia médica. Dos especies de serpientes presentan valor de importancia como controladores de roedores (*Boa constrictor imperator* y *Drymarchon corais rubidus*). Ocho especies se presentan con importancia comercial como mascotas y 3 para colecciones de herpetarios (anexo 21, tabla 11).

#### **IV.2.2.2.3 Aves.**

##### Composición.

Un total de 122 especies de aves fueron registradas en la zona de estudio. Estas pertenecen a 15 órdenes, 31 familias y 59 géneros. El orden con el mayor número de especies fué Passeriformes con 36 especies, seguido por Falconiformes con nueve especies. Por el contrario, los órdenes con el menor número de especies registradas fueron Anseriformes, Pelecaniformes, Charadriiformes, Psittaciformes, Caprimulgiformes y Piciformes con una especie cada uno (gráfica 15; anexo 21, tabla 9).



Gráfica 15. Número de especies de aves para cada uno de los ordenes registrados en el zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca.

#### Diversidad.

En función de las unidades ambientales definidas, fueron las cañadas las que manifestaron el valor mayor de diversidad de aves ( $H' = 2,951$ ), en cambio en la zona de agua se observó el menor valor ( $H' = 0,479$ ) (tabla 61).

Así mismo, en función de los tipos de vegetación, la Selva Baja Caducifolia presentó el valor mayor del índice de Shannon ( $H' = 3,161$ ) y el menor fué obtenido para la Vegetación Acuática con  $H' = 0,479$  (tabla 62). Dado que los valores de equitatividad son semejantes, a excepción de Vegetación Acuática, entre los tipos de vegetación, fué la riqueza de especies la que influyó en las diferencias en el valor de diversidad.

De acuerdo con los sitios de muestreo, se observó que el valor más alto de diversidad se obtuvo para el cañon del Río Bolaños ( $H' = 2,747$ ) en cambio el menor se registró en la zona de La Boquilla ( $H' = 1,727$ ) (tabla 63). Al igual que con los tipos de vegetación, la riqueza de especies presente en cada uno de los sitios, jugó un papel fundamental en la diferencia en el valor de diversidad entre dichos sitios.

Tabla 61. Valores de diversidad de aves por unidad ambiental, obtenidos en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca.

	PENDIENTE	CAÑADA	PLANICIE	AGUA
I. Shannon	2,942	2,951	2,242	0,4789
Varianza H	0,006364	0,006426	0,0213	0,002369
Inferior (95%)	2,678	2,601	1,747	0,3746
Superior (95%)	2,991	2,94	2,303	0,5671
Equitatividad (J)	0,8414	0,941	0,874	0,4359

Tabla 62. Valores de diversidad de aves por tipo de vegetación, obtenidos en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca. SBC= Selva Baja Caducifolia, VRP= Vegetación Riparia con Pithecellobium, VRF= Vegetación Riparia con Ficus, SBCE= Selva Baja Caducifolia Espinosa, VA= Vegetación Acuática.

	SBC	VRP	VRF	SBCE	VA
I. Shannon	3,161	2,872	3,135	2,492	0,4789
Varianza H	0,004046	0,004192	0,004647	0,0147	0,002369
Inferior (95%)	2,955	2,675	2,899	2,095	0,3821
Superior (95%)	3,204	2,922	3,167	2,577	0,5592
Equitatividad (J)	0,821	0,8077	0,8557	0,8622	0,4359

Tabla 63. Valores de diversidad de aves por sitio, obtenidos en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca. LB= La Boquilla, MFL= Mesa de Flores, PLY= Paso La Yesca, CBO= Caños del Río Bolaños, HTQ= Hostotipaquillo, SYM= Sayulimita, STD= Santo Domingo.

	LB	MFL	PLY	CBO	HTQ	STD	SYM
I. Shannon	1,727	2,251	2,616	2,747	2,242	2,674	3,299
Variance H	0,00610	0,0151	0,0074	0,0068	0,0213	0,0087	0,0046
Inferior (95%)	1,541	1,88	2,339	2,494	1,773	2,363	3,061
Superior (95%)	1,841	2,356	2,67	2,821	2,292	2,713	3,325
Equitatividad (J)	0,559	0,812	0,846	0,808	0,874	0,865	0,862

La cuantificación de la diversidad de la avifauna registrada entre la Zona de Inundación ( $H' = 2,751$ , Equitatividad = 0,711) respecto a la Zona de Estudio del PH La Yesca, se observó que en esta última se presentó el valor más alto de diversidad ( $H' = 3,389$ , Equitatividad = 0,838).

Distribución.

El análisis de la distribución de las aves se realizó bajo dos perspectivas, la primera a nivel de tipos de vegetación y la segunda por sitios de colecta. Con respecto a unidades ambientales, se pudo notar que siete especies se registraron en al menos cuatro diferentes tipos de vegetación, por lo que se les puede considerar como generalistas en el uso del hábitat, en este grupo se incluyen especies como *Calocitta colliei*, *Columbina inca*, *Icterus cuculatus*, *Melanerpes uropygialis*, *Myiarchus cinerascens*, *Vermivora virginiae* y *Zenaida asiatica*. Por su parte, 42 especies resultaron ser las de mayor restricción en su patrón de distribución, en función de tipos de vegetación, entre las que se puede citar a *Accipiter striatus*, *Aimophila ruficauda*, *Bubo virginianus*, *Falco femoralis*, *Forpus cyanopigiuis*, *Glaucidium brasiliarum* y *Glaucidium palmarum*, *Momotus mexicanus*, entre otras (anexo 21, tabla 13).

Por otro lado, al analizar la información de distribución en función de los sitios de colecta, se pudo notar que 10 especies se registraron en al menos cinco diferentes sitios. Dentro de ellas están *Calocitta colliaei*, *Cathartes aura*, *Columbina inca*, *Icterus cuculatus*, *Melanerpes uropygialis*, *Myiarchus cinerascens*, *Myiarchus tyrannulus*, *Polioptila caerulea*, *Vermivora virginiae* y *Zenaida asiatica*. En cambio las restringidas fueron 42 especies entre las que destacan *Accipiter striatus*, *Aimophila ruficauda*, *Bubo virginianus*, *Falco femoralis*, *Forpus cyanopygius*, *Glaucidium brasilianum* y *Glaucidium palmarum*, *Momotus mexicanus*, entre otras más (anexo 21, tabla 14).

La comparación de las especies presentes entre el área de Inundación respecto a el área de estudio del proyecto mostró que entre ambos sitios se comparte un bajo número de especies (anexo 21, tabla 15), cuantificado mediante el índice de semejanza de Jaccard, arrojó un valor de 0,346.

#### Régimen de las especies.

Del total de especies hasta el momento registradas en la zona de estudio, se tiene que 10 de ellas son endémicas a México, entre las que destacan *Glaucidium palmarum colemanense*, *Vireo hypochryseus*, *Calocitta colliaei* y *Turdus rufopalliatum* (anexo 21, tabla 16).

Por otro lado, la NOM-SEMARNAT-059-2001 reconoce a dos especies de aves con régimen, *Ara militaris*, catalogada en Peligro de Extinción y *Vermivora crissalis* considerada con Protección Especial. Así mismo, dos especies reconoce la UICN, una Vulnerable (*Ara militaris*) y otra Casi Amenazada (*Vermivora crissalis*). En el caso de CITES, una especie esta en el Apéndice I y 16 en el Apéndice II (anexo 21 tabla 16).

#### Especies de uso e interés social.

El uso e interés social que las aves pueden representar está basado en tres formas diferentes: canoras y de ornato, cacería y cetrería. En este sentido especies registradas en la zona como los patos (*Anas strepera*, *Anas discor*, *Anas clypeata*), codornices (*Colinus virginianus*) y palomas (*Zenaida asiatica*, *Zenaida macroura*, *Columbina inca*, *Columbina passerina*) resultan relevantes por su uso en la cacería, particularmente tanto las codornices como las palomas son utilizadas en la alimentación por pobladores de la zona.

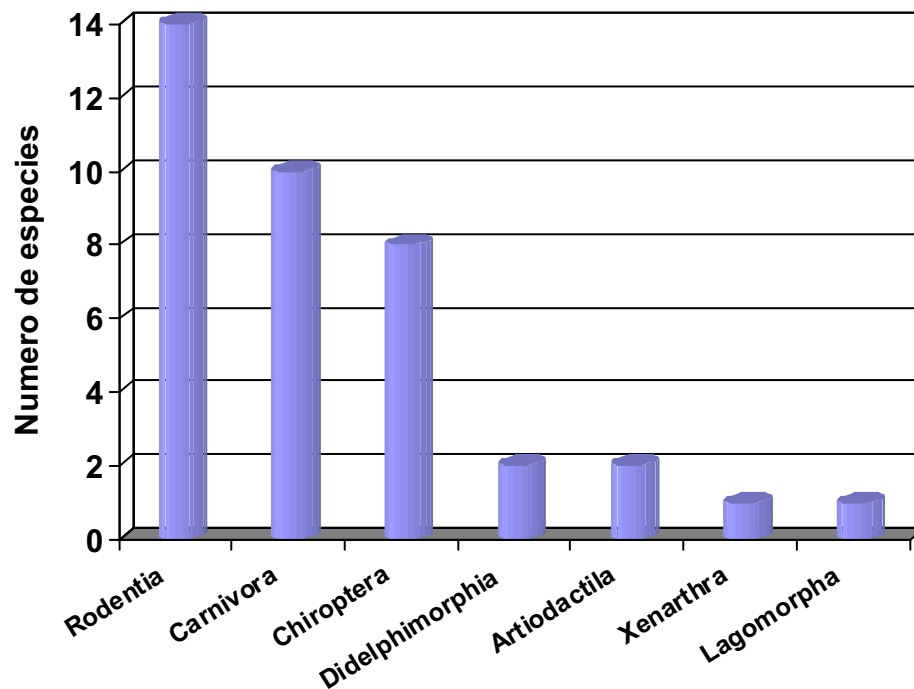
Por otro lado, se pudo observar que frecuentemente algunas palomas y pericos (*Forpus cyanopygius*) son usados como aves de ornato, junto con éstas se observó en cautiverio algunos corvidos (*Calocitta colliei*).

Especies del orden Falconiformes tienen un particular interés en el campo de la cetrería, sin embargo, en el área de estudio del medio físico y natural del proyecto no se observó ni se documentó la captura de especies de este grupo para dicha actividad.

#### IV.2.2.2.4 Mamíferos.

Composición.

La mastofauna del área de estudio está compuesta por 38 especies, las cuales están incluidas en siete órdenes, 16 familias y 29 géneros (anexo 21, tabla 17). Entre los órdenes registrados los mejor representados fueron Rodentia con un total de 14 especies, seguido de Carnivora con 10 y Chiroptera con ocho especies; en cambio tanto Xenarthra como Lagomorpha fueron los que mostraron la menor riqueza con solamente una especie cada uno (gráfica 16).



Gráfica 16. Número de especies para cada uno de los órdenes de mamíferos registrados en la zona del estudio y medio natural del PH La Yesca. De octubre del 2004 a julio del 2005.

Esta composición representa el 23% de las especies, el 33% de los géneros, el 73% de familias y el 87% de los órdenes citados para el Estado de Jalisco (Guerrero y Cervantes 2003).

Diversidad.

Los valores de diversidad para mamíferos en función de las UA presentó diferencias, en tanto en las áreas de pendiente se obtuvo el valor más alto ( $H' = 1,304$ ) en las Cañadas se presentó el más bajo ( $H' = 0$ ), en el caso de mamíferos medianos y grandes. En cambio para murciélagos fueron las planicies ( $H' = 1,538$ ), seguido por las cañadas ( $H' = 1,441$ ) en donde se observaron los valores superiores; en el caso de los pequeños mamíferos, fue la UA de pendientes ( $H' = 1,97$ ) la más relevante (tabla 64).

Con respecto a los tipos de vegetación, se pudo notar que para mamíferos medianos y grandes la Selva Baja Caducifolia Espinosa fué la que resultó con la mayor diversidad ( $H' = 1,232$ ), en el caso de murciélagos lo fué la Vegetación Riparia, tanto con *Pithecellobium* ( $H' = 1,574$ ) como con *Ficus* ( $H' = 1,441$ ) en donde se registró la más alta diversidad. En el caso de los pequeños mamíferos fué la Selva Baja Caducifolia Espinosa la más diversa ( $H' = 1,876$ ) entre los tipos de vegetación (tabla 64).

En función de los sitios de colecta, la aplicación del índice de diversidad mostró que para los pequeños mamíferos el valor más alto se obtuvo para el Cañon del Río Bolaños ( $H' = 1,149$ ), en tanto el valor más bajo fué para Mesa de Flores y Santo Domingo ( $H' = 0$ ). La razón de ello se puede notar en la riqueza de especies registrada entre ambas zonas, así como en el valor de equitatividad. Por su parte, en el caso de los murciélagos, el valor más alto de diversidad fué obtenido en Santo Domingo ( $H' = 1,494$ ), en cambio el menor fué obtenido para Sayulimita ( $H' = 0,520$ ), la diferencia entre ambos valores está mayormente influenciada por el número de especies registradas en ambos sitios. Con respecto a los mamíferos medianos y mayores, el valor más alto fué obtenido en Hostotipaquillo ( $H' = 1,494$ ) y el menor en el Cañon del Río Bolaños ( $H' = 0,257$ ); de la misma manera que en el caso de murciélagos, esta diferencia estuvo mayormente influida por la riqueza presente en ambas zonas (tabla 65).

Por otro lado, la diversidad registrada entre la zona de inundación y la de estudio para mamíferos presentó diferencia en función de los grupos. Así se observó que para los mamíferos medianos y grandes, la zona de estudio presentó el valor más alto ( $H' = 1,418$ , varianza =  $0,0217$ ), para murciélagos la zona inundable fué la más relevante al mostrar un valor de  $H' = 1,615$ , y para pequeños mamíferos de la misma manera la zona inundable presentó el valor más elevado ( $H' = 1,75$ , varianza =  $0,0274$ ).

**Tabla 64. Valores de diversidad de mamíferos por sitio, obtenidos en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca. LCT= Sitio de La Boquilla, MFL= Mesa de Flores, PLY= Paso La Yesca, CBO= Caños del Río Bolaños, RSA= Río Santiago, HTQ= Hostotipaquillo, SYM= Sayulimita, STD= Santo Domingo.**

INDICE	PENDIENTE	PLANICIE	CAÑADA
<b>Mamíferos medianos y grandes</b>			
<b>I. Shannon</b>	1,304	0,8981	0
<b>Varianza H</b>	0,0179	0,0257	0
<b>Inferior (95%)</b>	0,9855	0,5402	0
<b>Superior (95%)</b>	1,5099	1,0579	0
<b>Equitatividad (J)</b>	0,6703	0,8175	0
<b>Murciélagos</b>			
<b>I. Shannon</b>	1,182	1,538	1,441
<b>Varianza H</b>	0,03773	0,0289	0,0244
<b>Inferior (95%)</b>	0,6564	1,03713	1,0090
<b>Superior (95%)</b>	1,4376	1,7163	1,6167
<b>Equitatividad (J)</b>	0,7346	0,7905	0,7405
<b>Pequeños mamíferos</b>			
<b>I. Shannon</b>	1,97	1,162	1,04
<b>Variante H</b>	0,0306	0,0441	0,0306
<b>Inferior (95%)</b>	1,3738	0,5859	0,3768
<b>Superior (95%)</b>	2,0297	1,3421	1,0822
<b>Equitatividad (J)</b>	0,8964	0,8384	0,9464

**Tabla 65. Valores de diversidad de mamíferos por tipo de vegetación, obtenidos en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca.**

INDICE	SBC	VRF	VRP	SBCE
<b>Mamíferos medianos y grandes</b>				
<b>I. Shannon</b>	1,194	0	0,8981	1,232
<b>Varianza H</b>	0,0504	0	0,0257	0,0211
<b>Inferior (95%)</b>	0,5566	0	0,5402	0,8824
<b>Superior (95%)</b>	1,4459	0	1,0579	1,4448
<b>Equitatividad (J)</b>	0,7418	0	0,8175	0,6873
<b>Murciélagos</b>				
<b>I. Shannon</b>	0,8018	1,441	1,574	1,237
<b>Varianza H</b>	0,0594	0,0244	0,0340	0,0426
<b>Inferior (95%)</b>	0	1,0301	1,0598	0,6330
<b>Superior (95%)</b>	1,0549	1,6152	1,7549	1,4576
<b>Equitatividad (J)</b>	0,7298	0,7405	0,8091	0,7685
<b>Pequeños mamíferos</b>				
<b>I. Shannon</b>	0,3768	1,055	1,162	1,876
<b>Varianza H</b>	0,05958	0,05537	0,04416	0,04203
<b>Inferior (95%)</b>	0	0,500402	0,585953	1,19445
<b>Superior (95%)</b>	0,661563	1,05492	1,34211	1,93381
<b>Equitatividad (J)</b>	0,5436	0,9602	0,8384	0,9023

**Tabla 66. Valores de diversidad de mamíferos por sitio de colecta, obtenidos en la zona de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca. LCT= Sitio de La Boquilla, MFL= Mesa de Flores, PLY= Paso La Yesca, CBO= Caños del Río Bolaños, RSA= Río Santiago, HTQ= Hostotipaquillo, SYM= Sayulimita, STD= Santo Domingo.**

INDICE	LB	MFL	PLY	CBO	HTQ	STD	SYM
Mamíferos medianos y grandes							
<b>I. Shannon</b>	0,4506	1,242	0,8853	0,257	1,494	1,298	1,421
<b>Varianza H</b>	0,0738	0,0919	0,0509	0,0337	0,0600	0,0133	0,0930
<b>Inferior (95%)</b>	0	0,4506	0,2237	0	0,6931	0,9427	0,5859
<b>Superior (95%)</b>	0,6931	1,3297	1,2007	0,5196	1,5596	1,3713	1,6417
<b>Equitatividad (J)</b>	0,65	0,8962	0,6386	0,3712	0,9284	0,9366	0,7928
Murciélagos							
<b>I. Shannon</b>	1,277	0,6365	1,416	1,213	0,5297	1,494	0,5196
<b>Varianza H</b>	0,0602	0,0317	0,031	0,0241	0,0363	0,0600	0,0228
<b>Inferior (95%)</b>	0,4101	0	0,8739	0,8159	0	0,6616	0
<b>Superior (95%)</b>	1,3518	0,6931	1,5644	1,4090	0,6869	1,5595	0,6829
<b>Equitatividad (J)</b>	0,9212	0,9183	0,8799	0,7537	0,7642	0,9284	0,7496
Pequeños mamíferos							
<b>I. Shannon</b>	0,3488	0	1,055	1,149	1,011	0	1,099
<b>Varianza H</b>	0,0536	0	0,0553	0,0682	0,0535	0	0,1111
<b>Inferior (95%)</b>	0		0,5004	0,3488	0		0
<b>Superior (95%)</b>	0,6365		1,0549	1,3108	1,0986		1,0986
<b>Equitatividad (J)</b>	0,5033	0	0,9602	0,8289	0,9206	0	1

Distribución.

El análisis de la distribución de los mamíferos se realizó bajo tres perspectivas, la primera a nivel de unidades ambientales, la segunda por tipos de vegetación y la tercera por sitios de colecta. Con respecto a unidades ambientales, se pudo notar que 10 especies se registraron en las tres unidades, por lo que se les puede considerar como generalistas en el uso del hábitat, en este grupo se incluyen especies como *Didelphis virginiana*, *Dasyopus novemcintus*, *Bassariscus astutus* y *Mephitis macroura*, entre los mamíferos medianos y grandes; entre los murciélagos se registró a *Pteronotus parnelli*, *Desmodus rotundus* y *Artibeus jamaicensis*; en cambios entre los pequeños mamíferos se observó en este grupo solamente a *Peromyscus difficilis* (anexo 21, tabla 18).

Entre las especies que mostraron distribución restringida en función de las unidades ambientales se encontró a *Marmosa canescens*, *Pteronotus davyi*, *Artibeus hirsutus*, *Herpailurus jagouaroundi*, *Puma concolor*, así como *Neotoma mexicana*, *Peromyscus maniculatus*, entre otros. Además de *Liomys pictus*, esas mismas especies fueron registradas solamente en uno de los sitios de muestreo (anexo 21, tabla 18).



### Régimen de las especies.

De las 38 especies de mamíferos registradas en la zona del PH La Yesca, solamente tres están citadas en la NOM-ECOL-059-2001; dos amenazadas (*Herpailurus yagouaroundi*, *Lontra longicaudis*) y una en peligro (*Leopardus pardalis*). Así mismo, cinco especies son endémicas de México; una del orden Didelphimorphia, una del orden Chiróptera y tres del orden Rodentia (anexo 21, tabla 21).

Con base en los datos de UICN y CITES, cinco especies son registradas entre ambos listados. Respecto a la primera, únicamente se cita a *Marmosa canescens* con Datos Deficientes. Con relación a CITES, cuatro especies de mamíferos son consideradas; de manera específica tres en el Apéndice I y una en el Apéndice II, siendo los felinos los que conforman el mayor número (anexo 21, tabla 21).

### Especies de uso e interés social.

Entre los mamíferos de uso o interés social para los pobladores del área o los sitios aledaño a la misma se registraron ocho especies, destacando aquellas que son utilizadas para la caza y para el autoconsumo, tal es el caso de *Sylvilagus floridanus*., *Odocoileus virginianus* y *Pecari tajacu*. Otras especies eventualmente son cazadas como *Didelphis virginiana*, la cual representa en ocasiones un problema para los pobladores por su incursión a los sitios en donde se albergan gallinas, las cuales llega a utilizar como alimento, junto con el huevo (anexo 21, tabla 23).

El caso de *Desmodus rotundus* es muy particular, ya que está ligado a un problema de salud pública por ser portadores de rabia. De acuerdo con los pobladores, es muy frecuente el ataque de esta especie al ganado y caballos, lo que en un buen número de ocasiones provoca la muerte de estos animales. Aún cuando algunos pobladores señalaron el ataque de este murciélago a personas, no se tienen registros, en los últimos cinco años, de casos de rabia inducida por *Desmodus rotundus* en humano en la región.

IV.2	CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL .....	8
IV.2.1	Medio Físico .....	8
IV.2.1.1	Clima .....	8
IV.2.1.2	Aire .....	20
IV.2.1.3	Geología.....	22
IV.2.1.4	Geomorfología .....	38
IV.2.1.5	Suelos .....	49
IV.2.1.6	Hidrología Superficial.....	81
IV.2.1.7	Hidrología Subterránea .....	101
IV.2.1.8	Calidad del Agua.....	109
IV.2.1.9	Calidad Escénica .....	126

## IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

### IV.2.1 MEDIO FÍSICO

#### IV.2.1.1 Clima

##### IV.2.1.1.1 Metodología

La caracterización climática del área de estudio del medio físico y natural se realizó con base en el desarrollo de las siguientes etapas:

##### a) Banco de datos climáticos.

Se conformó una base de datos climáticos conforme a la serie 1961-2003 de 28 estaciones climatológicas ubicadas dentro y en los alrededores del área de estudio del medio físico y natural del proyecto. Esta base de datos incluyó las variables temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación y evaporación y se compiló en el sistema SICA 2.5 (Medina y Ruiz, 2004) y en Excel de Microsoft. Las estaciones que se consideraron se mencionan en el tabla 1, donde también se describe su localización geográfica y altitudinal. En tanto, en la figura 4 se muestra la distribución espacial de tales estaciones.

##### b) Cálculo de estadísticas climatológicas.

Mediante el Programa SICA se calcularon los siguientes parámetros a nivel mensual: temperatura máxima media, temperatura mínima media, temperatura media, temperatura máxima maximorum, temperatura mínima minimorum, oscilación térmica, precipitación acumulada promedio, lluvia máxima en 24 horas, número de días con lluvia, evaporación acumulada promedio y fotoperíodo. Adicionalmente, con el programa SICA 2.5 (Medina y Ruiz, 2004) se calcularon los parámetros temperatura diurna y temperatura nocturna. La evapotranspiración potencial se estimó utilizando la propuesta hecha por Ruiz (1988, 1994) que se describe más adelante.

La descripción conceptual y/o del cálculo matemático de cada uno de estos parámetros se describe a continuación:

**Temperatura máxima media.** Constituye el valor normal o promedio histórico de la temperatura máxima:

$$T_{xm} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{xi}}{n}$$

**Tabla 1. Estaciones climatológicas localizadas en el de estudio del medio físico y natural del proyecto para el medio físico 65 000 ha.**

Estación	Municipio y Estado	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)	Longitud de la serie climática (años)
Ahuacatlán	Ahuacatlán, Nay.	21°03'	104°29'	984	42
Ahualulco de Mercado	Ahualulco de M., Jal.	20°41'	103°58'	1 305	22
Ameca	Ameca, Jal.	20°33'	104°03'	1 419	42
Antonio Escobedo	Antonio Escobedo, Jal.	20°48'	104°00'	1 380	42
Atenguillo	Atenguillo, Jal.	20°25'	104°29'	1 310	34
Bolaños	Bolaños, Jal.	21°49'	103°47'	850	41
Cacalutan	Ixtlán del Río, Nay.	21°10'	104°18'	760	26
Chapalacana	Jesús María, Nay.	21°57'	104°29'	1 018	24
Corrinchis	Mascota, Jal.	20°30'	104°47'	1 263	42
Cuixtla	San Cristóbal B., Jal.	21°05'	103°25'	816	42
El Rodeo	Atenguillo, Jal.	20°20'	104°34'	1 490	22
El Salitre	San Martín Hgo., Jal.	20°31'	103°51'	1 250	40
García de la Cadena	García de la Cadena	21°12'	103°28'	1 740	22
Hostotipaquillo	Hostotipaquillo, Jal.	21°06'	104°03'	1 260	41
Huitzila	Teúl de Glez. O., Zac.	21°13'	103°36'	1 675	22
Ixtlán del Río	Ixtlán del Río, Nay.	21°02'	104°22'	1 042	34
La Vega	Teuchitlán, Jal.	20°36'	103°50'	1 257	42
La Yesca	La Yesca, Nay.	21°21'	104°02'	1 460	18
Magdalena	Magdalena, Jal.	20°54'	103°58'	1 410	39
Mezquital del Oro	Mezquital del Oro, Zac.	21°12'	103°22'	1 200	22
Mixtlán	Mixtlán, Jal.	20°26'	104°24'	1 471	23
Plan de Barrancas	Hostotipaquillo, Jal.	21°02'	104°12'	863	35
Santa Rosa	Amatitán, Jal.	20°54'	103°42'	750	42
Tala	Tala, Jal.	20°38'	103°41'	1 255	21
Teúl de González. O.	Teúl de Glez. O., Zac.	21°27'	103°28'	1 787	42
Totuate	Mezquitic, Jal.	22°17'	103°44'	1 332	22
Villa Guerrero	Villa Guerrero, Jal.	21°59'	103°35'	1 785	43
Zapopan	Zapopan, Jal.	20°44'	103°24'	1 580	34

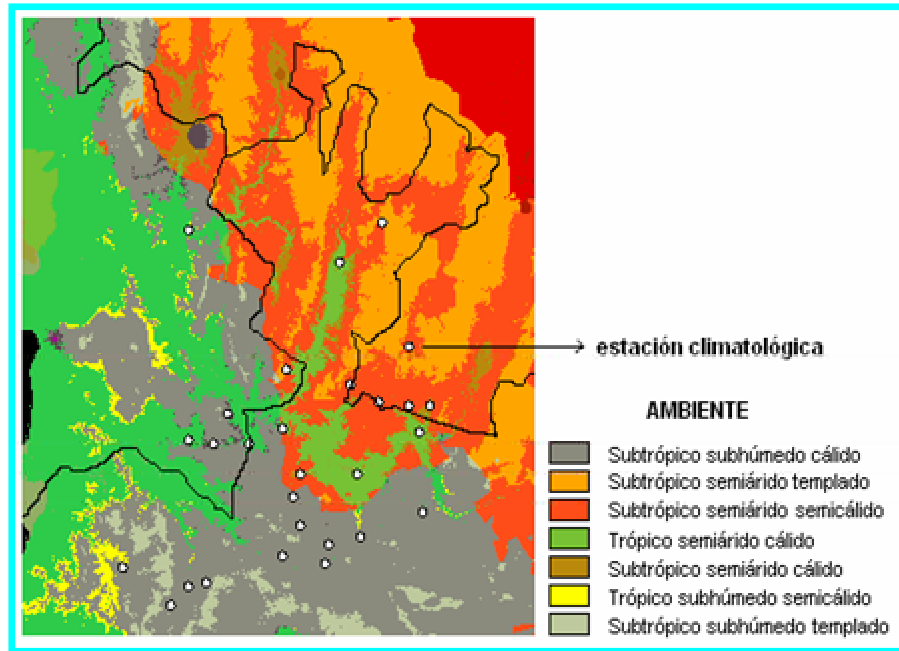


Figura 4. Distribución espacial de 28 estaciones climatológicas.

Donde:

$T_{xm}$  = Temperatura máxima media.

$T_{xi}$  = Temperatura máxima media para un mes del año en cuestión.

$n$  = Cada uno de los años de la serie histórica de la estación.

**Temperatura mínima media.** Representa el valor normal o promedio histórico de temperatura mínima.

$$T_{im} = \frac{\sum_{j=1}^n T_{ij}}{n}$$

Donde:

$T_{im}$  = Temperatura mínima media.

$T_i$  = Temperatura mínima media para un mes del año en cuestión.

$n$  = Cada uno de los años de la serie histórica de la estación.

**Temperatura media.** Constituye el valor normal o promedio histórico de temperatura media.

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^n T_{pi}}{n}$$

Donde:

$T_m$  = Temperatura media.

$T_{pi}$  = Temperatura promedio para un mes del año en cuestión.

$n$  = Cada uno de los años de la serie histórica de la estación.

**Temperatura máxima *maximorum*.** Es el valor máximo presentado a nivel diario para el mes en cuestión durante la serie histórica de datos.

**Temperatura mínima *minimorum*.** Es el valor mínimo presentado a nivel diario para el mes en cuestión durante la serie histórica de datos.

**Oscilación térmica.** Es la diferencia entre los valores normales de temperatura máxima y temperatura mínima.

$$OT = T_{xm} - T_{im}$$

**Fotoperíodo.** Es la duración del día promedio del mes. Se consideró el fotoperíodo del día quince.

$$N = 2h / 15$$

Donde:

$N$  = Fotoperíodo (horas).

$h$  = Ángulo horario de la salida o puesta del sol.

$h = \text{ArcCos}(-\tan \varphi \tan \delta)$

$\varphi$  = Latitud en grados.

$\delta$  = Declinación solar en grados.

$$\delta = 23,45 \text{ Sen } \left[ 360 \frac{(284 + Dj)}{365} \right]$$

$Dj$  = Día juliano.

**Temperatura diurna.** Es el valor normal de temperatura diurna.

$$Td = Tm + \frac{[(T_{xm} - T_{im})(11 - T_o)]}{4(12 - T_o) \text{Sen} \left[ \pi \frac{11 - T_o}{11 + T_o} \right]}$$

Donde:

$Td$  = Temperatura diurna.

$$T_o = 12 - 0,5 N.$$

$\text{Sen}$  = Seno expresado en radianes.

$$\pi = 3,1416$$

**Temperatura nocturna.** Es el calor normal o promedio histórico de temperatura nocturna:

$$Tn = Tm - \frac{[(T_{xm} - T_{im})(11 - T_o)]}{4(12 - T_o) \text{Sen} \left[ \pi \frac{11 - T_o}{11 + T_o} \right]}$$

Donde:

$T_n$  = Temperatura nocturna.

**Evaporación acumulada promedio.** Es el valor mensual normal de la evaporación.

$$E_{ap} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{pmi}}{n}$$

Donde:

$E_{ap}$  = Evaporación acumulada promedio mensual.

$E_{pmi}$  = Evaporación acumulada promedio en un mes del año en cuestión.

$n$  = Cada uno de los años de la serie histórica de la estación.

**Evapotranspiración potencial.** Es el valor mensual normal de la evapotranspiración:

$$ETP = E_{ap} * K_p$$

Donde:

$ETP$  = Evapotranspiración potencial mensual.

$E_{ap}$  = Evaporación acumulada promedio mensual.

$K_p$  = Coeficiente del tanque evaporímetro tipo A de acuerdo a la siguiente tabla:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,70	0,70

### c) Clasificación climática de estaciones climatológicas.

A partir de las estadísticas climatológicas básicas de las tablas 2 y de la 1 a la 29 en anexo 1, se procedió a realizar la clasificación climática de las estaciones climáticas bajo estudio, utilizando el Sistema de Clasificación Köppen modificado por Enriqueta García (García, 1973, 1988).

### d) Generación de un sistema de información climática digital.

A partir de las estadísticas climatológicas básicas y de las coordenadas geográficas de las estaciones de estudio (tablas 2 y de la 1 a la 29 en anexo 1), se integraron matrices de interpolación espacial para las variables climáticas básicas, esto es temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación. Estos procesos de interpolación espacial incluyeron el método kriging ordinario para el caso de la precipitación y el modelo alto-térmico referido por Medina y colaboradores (Medina *et al.*, 1998), para el caso de variables térmicas.

Para el modelaje kriging de la precipitación, se utilizó el sistema GS Plus. Los parámetros resultantes de este proceso se implementaron en el sistema IDRISI32 para generar las imágenes raster de precipitación.

El proceso de interpolación de temperaturas se realizó directamente con el sistema IDRISI32 en el módulo de análisis de superficie.

Al final se generaron 12 imágenes mensuales para cada variable climática con una resolución de 30 y 90 m.

**e) Generación de cartografía de tipos climáticos.**

Con apoyo del Sistema de Información Climática digital generado en la etapa anterior y haciendo uso de los módulos de análisis espacial del sistema IDRISI32, se procedió a generar cartografía climática digital del área de estudio del medio físico y natural del proyecto para el medio físico (AIP).

Mediante procesos de reclasificación de imágenes se obtuvo la imagen de intervalos de precipitación acumulada promedio anual y temperatura media anual, y con base en estas imágenes y las imágenes mensuales de precipitación de enero, febrero y marzo, así como la temperatura media de enero, febrero, mayo y junio se procedió a obtener el mapa de tipos climáticos de la región de estudio con base en el Sistema de Clasificación Climática de Köppen modificado por Enriqueta García (García, 1988).

**f) Caracterización de fenómenos climatológicos y vientos.**

La caracterización de estos aspectos del clima se realizó con base en información proveniente de los Observatorios Meteorológicos de Guadalajara, Jalisco y Tepic, Nayarit, así como de datos procedentes de estaciones automatizadas ubicadas en el interior y en los alrededores del área de estudio del medio físico y natural del proyecto.

**IV.2.1.1.2 Origen de la Variación Climática Regional**

El área de estudio del medio físico y natural representa una superficie encañonada, de cauces estrechos, que se caracteriza por una topografía accidentada, con un pronunciado gradiente altitudinal. En 65 000 ha que cubre el área, se tiene un diferencial de elevación de poco más de 1 540 m entre el punto más bajo y el más alto. De esta forma, la altitud, la exposición del terreno y el relieve de la superficie, se convierten en factores que influyen de manera significativa en la climatología de la región.

Los elementos del clima que mayormente se ven influidos por esta condición topográfica son la insolación, la presión atmosférica, la temperatura y la dirección y velocidad del viento. Aunque las modificaciones a estos elementos del clima provocan a manera de reacción en cadena, variaciones en el resto de los componentes climáticos.

**IV.2.1.1.3 Caracterización Climática**

En las tablas del 1 al 29 (ver anexo 1) se muestran las tablas de estadísticas climatológicas obtenidos para cada una de las estaciones climatológicas consideradas en el estudio.



Como puede verse en la figura 5, la región se caracteriza mayormente por condiciones de temperatura que van de los 22 a los 26 °C promedio anual, que corresponde a una denominación de zona cálida (García, 1973). También están presentes el intervalo de 18 a 22 °C denominado como semicálido, y la categoría > 26 °C, designada por García (1988) como clima muy cálido. Este último estrato tiene particular importancia debido a que en él se localizará propiamente la zona de construcción del proyecto. De tal forma que de aquí en adelante vale la pena no perder de vista la caracterización climática de esta zona, por los posibles efectos de salud que pudiera tener sobre la población que laborará en las diversas etapas de desarrollo del PH La Yesca. La figura 6 muestra precisamente un aspecto de la distribución espacial de las temperaturas máximas medias en la región. Ahí se puede apreciar cómo las áreas circundantes a la zona de realización del proyecto se encuentran entre los 38 y 42 °C durante mayo, temperaturas que imponen condiciones poco confortables para el desempeño humano, sobre todo si se considera que estas temperaturas máximas a las que se hace referencia son valores promedio mensuales. Esto implica que en más de un día la temperatura alcanza niveles superiores a los de estos intervalos. Esta condición térmica tendrá que ser muy tomada en cuenta en la planeación y ejecución del proyecto, sobre todo en lo concerniente a la toma de medidas para mitigar el efecto del calor sobre los trabajadores.

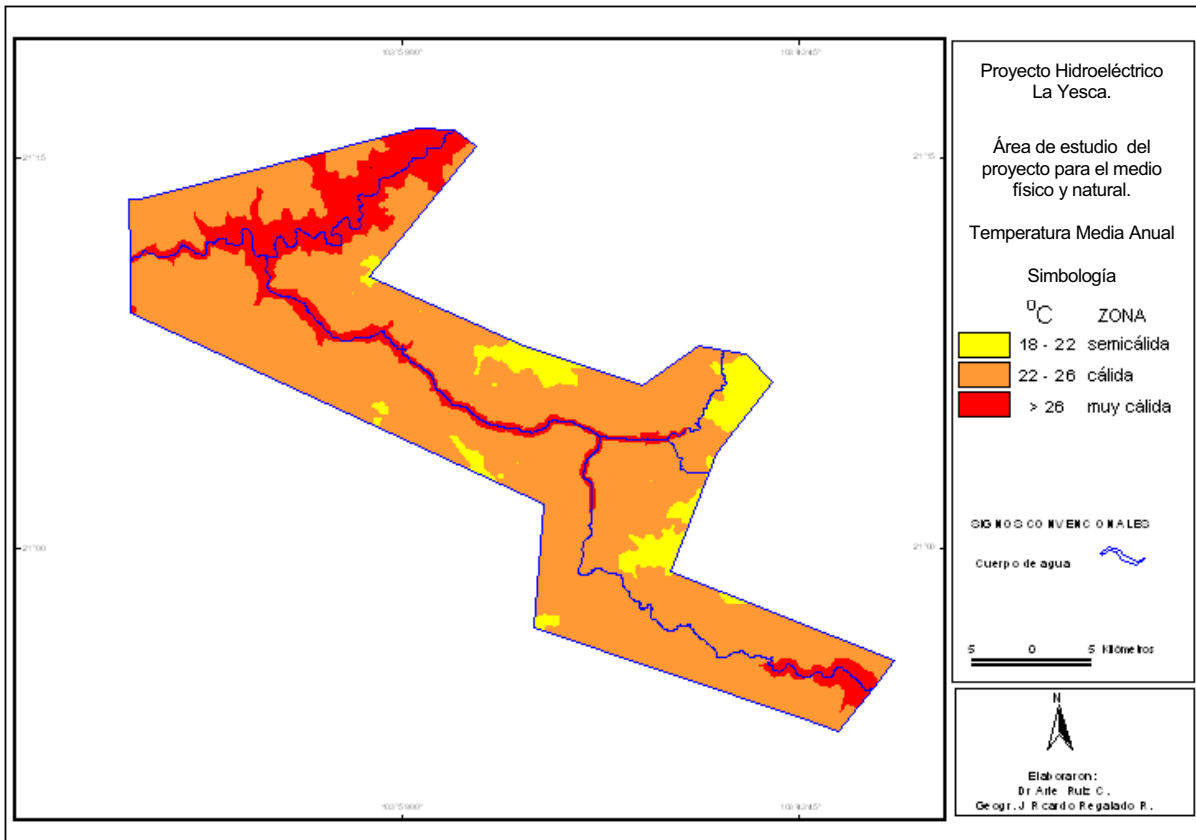


Figura 5. Distribución espacial de intervalos de temperatura media anual.

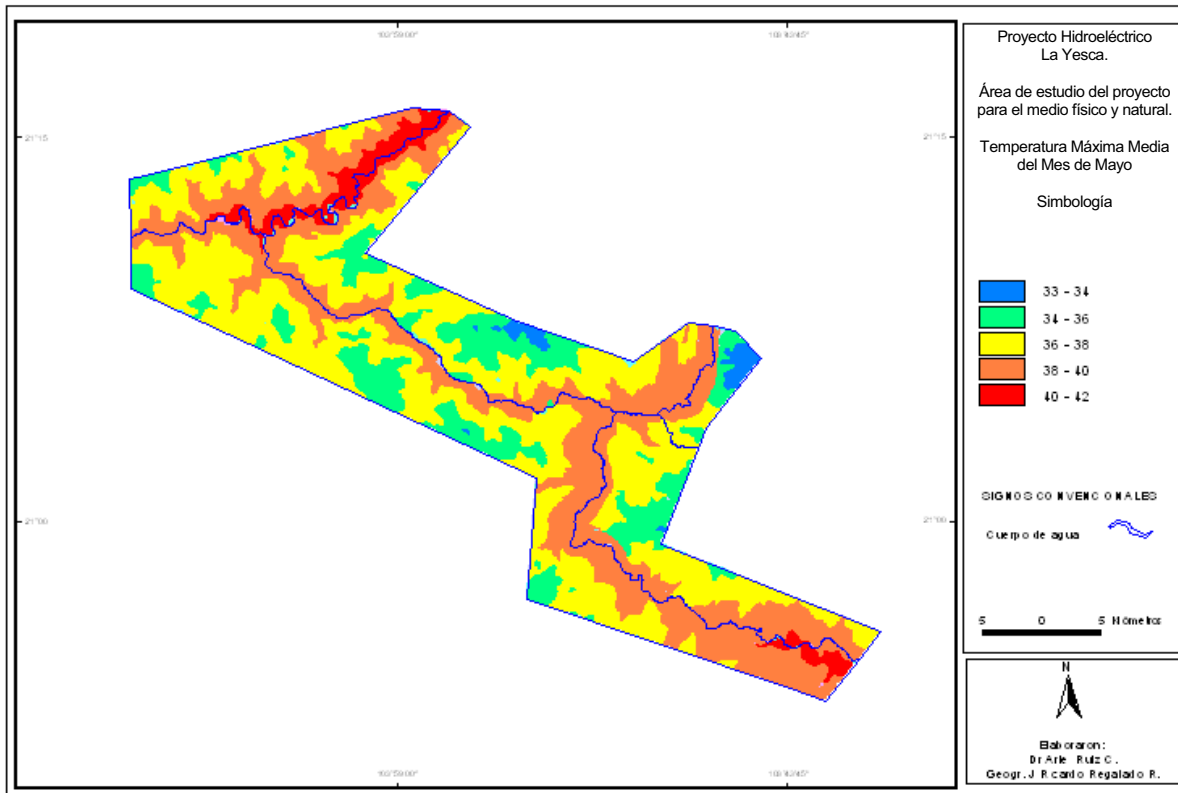


Figura 6. Distribución espacial de intervalos de temperatura máxima media en el mes de mayo.

Esta información debe ser tomada en cuenta para la selección de sitios donde serán instalados los campamentos, para asegurar un apropiado descanso del personal trabajador durante la noche. De cualquier manera deberá tal vez considerarse la instalación de sistemas de clima artificial, al menos en el área de dormitorios, para mitigar el efecto detrimental a la salud de las altas temperaturas que privan en la mayor parte del área de estudio del medio físico y natural del proyecto.

Siguiendo con la caracterización de aspecto térmico regional, en la tabla 2 se describen las estadísticas climatológicas básicas del área de estudio del medio físico y natural del proyecto. Como puede verse, la temperatura alcanza sus máximos niveles durante los meses de abril, mayo y junio, cuando incluso en algunas áreas (zona térmica muy cálida) se alcanzan niveles térmicos por arriba de los 40 °C. En contraste, enero, febrero y diciembre resultan ser los meses más frescos, con temperaturas mínimas por debajo de 10 °C en algunas áreas correspondientes a la zona semicálida (figura 5).

Con respecto a la temperatura media, aunque el promedio de cada uno de los meses sobrepasa los 18 °C, el valor mínimo de la temperatura media durante los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, indica la existencia de algunas áreas donde por lo menos 1 mes se mantiene con temperatura media por debajo de los 18 °C, señalando la existencia de variantes climáticas diferentes al clima cálido predominante en la región (tabla 2).

**Tabla 2. Estadísticas climatológicas básicas a escala regional.**

Mes	Temperatura máxima (°C)			Temperatura mínima (°C)			Temperatura media (°C)			Precipitación pluvial (mm)		
	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio
Ene	24	34	29	5	16	10,5	14,5	25	19,8	17	28	22,5
Feb	27	37	32	6	18	12	16,5	27,5	22	4	9	6,5
Mar	29	39	34	8	19	13,5	18,5	29	23,8	2	6	4
Abr	31	41	36	10	22	16	20,5	31,5	26	3	6	4,5
May	33	42	37,5	12	24	18	22,5	33	27,8	15	23	19
Jun	31	42	36,5	15	26	20,5	23	34	28,5	120	172	146
Jul	27	38	32,5	14	24	19	20,5	31	25,8	233	260	246
Ago	27	37	32	14	24	19	20,5	31	25,8	195	222	208
Sep	27	36	31,5	14	24	19	20,5	31	25,8	117	146	132
Oct	27	37	32	11	22	16,5	19	29,5	24,2	46	58	52
Nov	26	36	31	8	19	13,5	17	27,5	22,2	10	16	13
Dic	24	34	29	6	17	11,5	15	25,5	20,2	12	16	14
Anual	27,8	37,8	32,8	10,2	21,2	15,8	19	29,6	24,3	774	962	868

Con relación a la precipitación pluvial (tabla 2), éste al parecer es un elemento que se distribuye de manera más uniforme en el área de estudio del medio físico y natural del proyecto, ya que su variación mes por mes, medida por la diferencia entre el valor mínimo y el máximo, no es significativa. De esta forma, la disponibilidad de humedad para el crecimiento de vegetación está más en función del balance hídrico de las diversas fracciones de terreno que de las cantidades de lluvia que ocurren sobre la superficie. Este balance hídrico y la disponibilidad de humedad del suelo para el crecimiento vegetal es entonces el resultado de la interacción de la profundidad del suelo, la pendiente del suelo, la textura del suelo y la ocurrencia de lluvia.

Al final de la tabla 2 se puede apreciar el resumen anual para cada una de las variables consideradas. Por ejemplo se puede concluir que la temperatura media anual regional es de 24,3 °C con una temperatura máxima de 32,8 °C y una temperatura mínima de 15,8 °C. También se puede concluir que en la región ocurren en promedio 868 mm de lluvia al año. En la figura 7 se puede corroborar como la precipitación constituye una variable de poca variación espacial en el área de estudio del medio físico y natural del proyecto, ya que va de 750 a 950 mm anuales de lluvia, predominando superficialmente de manera significativa, el intervalo de 850 a 950 mm anuales.

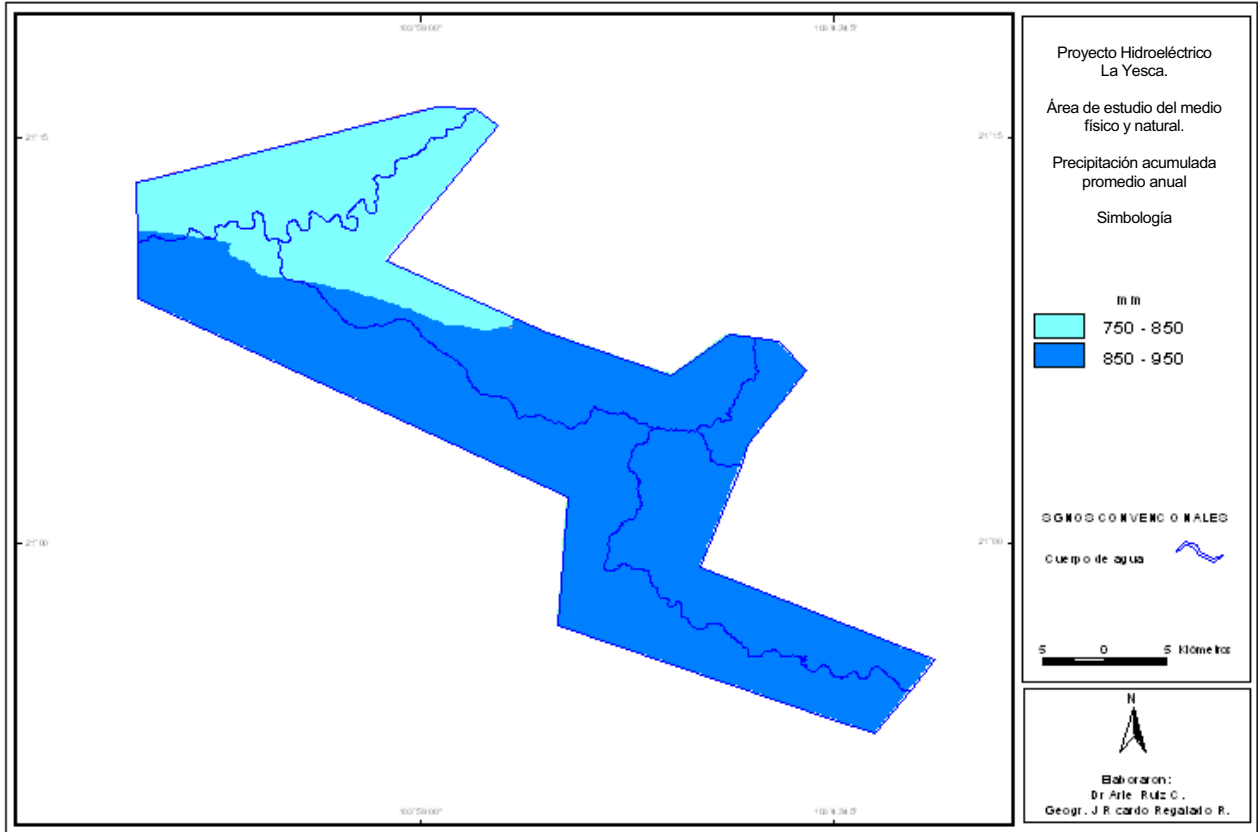


Figura 7. Distribución espacial de la precipitación pluvial anual.

#### IV.2.1.1.4 Clasificación Climática

En la figura 8 se describe la distribución espacial de los tipos climáticos delimitados en el área de estudio del medio físico y natural del proyecto de acuerdo con el sistema Köppen-García. Como se observa en esta figura, el tipo climático predominante es el  $Awo(w)(i')$ , en donde se ubica el PH La Yesca. Este clima se denomina cálido subhúmedo con lluvias de verano y un porcentaje de lluvia invernal inferior al 5%. Le siguen en importancia el clima  $BS_1(h')w(w)(i')$ , también aledaño a la zona de construcción de la presa. Se identificaron otras tres variantes climáticas en el área de estudio del medio físico y natural, un poco más alejadas de la zona de construcción de la presa y que son básicamente climas semicálidos. De éstos, el clima  $(A)Ca(w_1)(w)(i')$  es el que representa un clima de temperaturas más tolerables y menos seco que el resto de variantes climáticas; se ubica en dos porciones del oriente de la región. En este sentido le siguen el  $(A)C(w_0)(w)(i')$  y luego el  $A(C)(w_0)(w)(i')$ ; aunque este último ya se considera una variante de los cálidos cálidos.

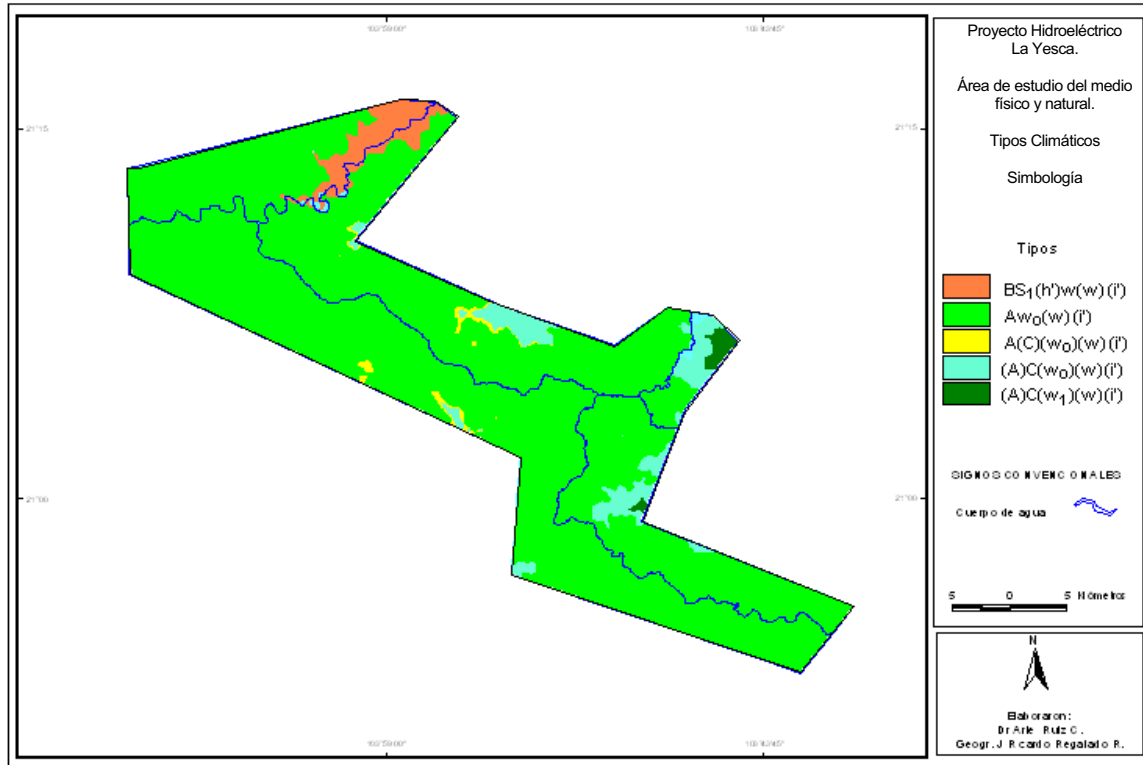


Figura 8. Tipos climáticos según Köppen-García en el área de estudio del medio físico y natural.

En todos los tipos climáticos identificados en el área de estudio del medio físico y natural del proyecto, se aprecia un balance hídrico anual poco favorable. Esto se demuestra al analizar el valor del cociente P/T (precipitación anual/temperatura anual). En todos los casos, con excepción del clima (A)Ca(w<sub>1</sub>)(w)(i'), el cociente P/T tiene un valor por definición inferior a 43,2 y en términos reales inferior a 40.

En la tabla 29 (ver anexo 1) se describe la clasificación climática de las 28 estaciones climatológicas consideradas en el presente estudio utilizando el Sistema de Clasificación Köppen modificado por García.

#### IV.2.1.1.5 Fenómenos Climáticos

Con relación a la presencia de nortes, tormentas tropicales y huracanes, estos fenómenos no son relevantes para el área de estudio para el medio físico y natural, debido a que se trata de una zona encañonada, naturalmente protegida del impacto potencial de este tipo de fenómenos. Generalmente cuando estos fenómenos son de cobertura masiva y arriban a la zona, lo hacen de una manera disminuida, causando más que perjuicios, efectos benéficos, como es el caso de tormentas tropicales y huracanes que se transforman en chubascos que benefician el balance hídrico y a la vegetación de la zona.

#### **IV.2.1.1.6 Vientos**

Para el mes de Enero predominan vientos del SW, W, WNW y SSW, con velocidades que se ubican mayormente en la condición de calma, seguidos por vientos de 0,3 a 1,5 m/s<sup>-1</sup>.

Para el mes de Febrero las direcciones dominantes son W, SW y WNW, con velocidades de 0,3 a 1,5 m/s<sup>-1</sup> y condiciones de calma.

En el mes de Marzo la dirección dominante es W, seguida por WNW. Mientras que la velocidad dominante es de 0,3 a 1,5 m/s<sup>-1</sup>, seguida por condiciones de calma.

En Abril, dominan direcciones de viento W, NW y SW, con velocidades de 0,3 a 1,5 m/s<sup>-1</sup>, seguidas por vientos de 1,6 a 3,3 m/s<sup>-1</sup>.

Para el mes de Mayo la velocidad de viento es similar a la del mes de Abril con direcciones dominantes de WNW, W y NW.

En Junio el viento dominante cambia a E y W soplando a velocidades de 1,6 a 3,3 m/s<sup>-1</sup> predominantemente, seguido por velocidades de 0,3 a 1,5 m/s<sup>-1</sup>.

Las direcciones E y ESE, y 1,6 a 3,3 m/s<sup>-1</sup> y condiciones de calma predominan en el mes de Julio.

En Agosto son representativas las direcciones del viento E y SE, soplando a velocidades de 1,6 a 3,3 y 3,4 a 5,5 m/s<sup>-1</sup> predominantemente.

Para el mes de Septiembre se presentan condiciones muy similares a Agosto, con la diferencia de que en velocidad de viento predominan los intervalos 1,6-3,3 y 0,3-1,5 m/s<sup>-1</sup>.

En Octubre y Noviembre el viento pierde velocidad, predominando condiciones de 0,3 a 1,5 m/s<sup>-1</sup> y de calma. La diferencia entre estos meses es la dirección del viento que varía de SSE y ENE en Octubre a E y W en Noviembre.

Finalmente, para el mes de Diciembre predominan las direcciones WNW y SSE, con vientos de 0,3 a 1,5 m/s<sup>-1</sup> y 1,6 a 3,3 m/s<sup>-1</sup>.

## IV.2.1.2 Aire

### IV.2.1.2.1 Calidad Atmosférica de la Región

#### IV.2.1.2.1.1 Fuente de Emisión de Contaminantes

El acceso al área de estudio del medio físico y natural es a través de terracerías, que son las vías de acceso también a los poblados de La Yesca y Mesa de Flores. Los vehículos que circulan por las terracerías causan la resuspensión de partículas en época de secas, lo que eventualmente representa un problema potencial de concentración por partículas suspendidas totales. Las partículas pueden llegar a tener concentraciones elevadas en el período de cruce de vehículos por terracerías. Sin embargo, actualmente el flujo de vehículos es muy bajo y se estima que cruzan aproximadamente de 10 a 15 vehículos por día. Durante la época de lluvias, la resuspensión de partículas se reduce significativamente por la humedad de la tierra. Por otra parte, también los vehículos que circulan por las terracerías emiten gases de combustión por el consumo de combustible, como son monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre e hidrocarburos.

En cuanto a los receptores de los contaminantes, solamente se encuentra la zona de Mesa de Flores, con una población menor a 60 personas. Dada esta situación, los principales efectos que se pueden tener es sobre los elementos florísticos que se encuentran en los márgenes de los caminos.

La tabla 3 lista los contaminantes que se emiten o se forman en la zona de estudio, definidos como contaminantes criterio.

**Tabla 3. Contaminantes Criterio.**

Monóxido de carbono (CO)
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )
Hidrocarburos
Partículas Suspendidas (PST)

Otra fuente de emisión de partículas y gases son los incendios forestales que eventualmente se presentan en época de secas, además de la resuspensión de partículas por efecto de la erosión eólica, sin embargo son elementos que no contribuyen de manera significativa debido a la poca densidad poblacional en la zona, los incendios provocados y las áreas desnudas son escasas.

Los problemas principales asociados con la resuspensión de partículas son el incremento en la concentración de las mismas, lo que representa daño potencial a la salud y la reducción de la visibilidad. Otro posible impacto es la afectación de la vegetación por el depósito de partículas. Durante la época de lluvias, la resuspensión de partículas se reduce significativamente por la humedad de la tierra.

Para la descripción de las condiciones actuales se realizó una estimación de las emisiones que se generan en el área de estudio del medio físico y natural del proyecto la cual se extiende a 65 000 ha. Las fuentes consideradas en esta estimación son la circulación de vehículos por terracerías. Se estima que las emisiones de partículas por estas fuentes es de 104 t/año. (ver anexo 2) Estas emisiones tienen un alcance muy limitado, por lo que solo en la vecindad de los caminos se generan concentraciones apreciables, aunque debido al escaso tránsito de vehículos no representan un riesgo importante para la salud.



### IV.2.1.3 Geología

#### IV.2.1.3.1 Geología Regional

Los Estados de Nayarit y Jalisco, donde se ubica el PH La Yesca, forman parte de la placa tectónica de Norteamérica que interactúa con las placas de Rivera y Cocos (figura 8), esta interacción se da a lo largo de la zona de subducción (proceso donde una placa se introduce por debajo de otra). Desde el punto de vista tectónico, el centro-occidente de México se caracteriza por su tectónica extensional evidenciada por las fosas tectónicas de Tepic-Zacoalco, Colima y Chapala (Ferrari y Rosas-Elguera, 2000). Las dos primeras estructuras son las fronteras del Bloque de Jalisco (figura 9). Estas fronteras del Bloque Jalisco son la respuesta a las diferentes tasas de convergencia entre las placas de Rivera y Cocos con la de Norteamérica (Rosas-Elguera et al., 1996).

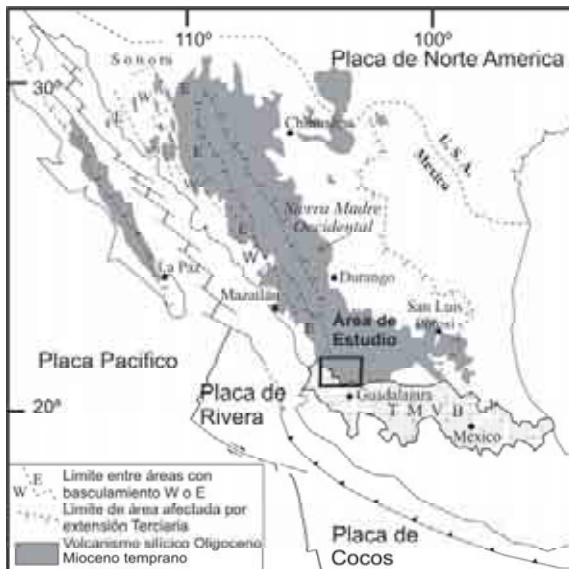


Figura 9. Tectónica Regional del Occidente de México.



Figura 10. Fronteras continentales del bloque Jalisco.

Los efectos de esta interacción entre las diferentes placas en la región centro-occidente de México, se traducen en sismos de gran magnitud en el margen convergente, en los corrimientos laterales continuos se presenta una liberación de energía moderada y de gran magnitud a lo largo del margen de corrimiento y zona de expansión en el borde de Colima, como lo evidencian los catálogos sísmicos.

En la figura 8 se aprecia que el área de estudio del medio físico y natural del proyecto que se localiza en los límites de las Provincias Geológicas Sierra Madre Occidental (SMO) y la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM) que son dos de los arcos volcánicos recientes más importantes de México.

El polígono en estudio tiene una área de 650,47 km<sup>2</sup> y abarca en su mayor proporción el flanco norte del graben de Plan de Barrancas-Santa Rosa, que forma parte del rift Tepic-Zacoalco de edad Mioceno Tardío-Cuaternario (figura 3).

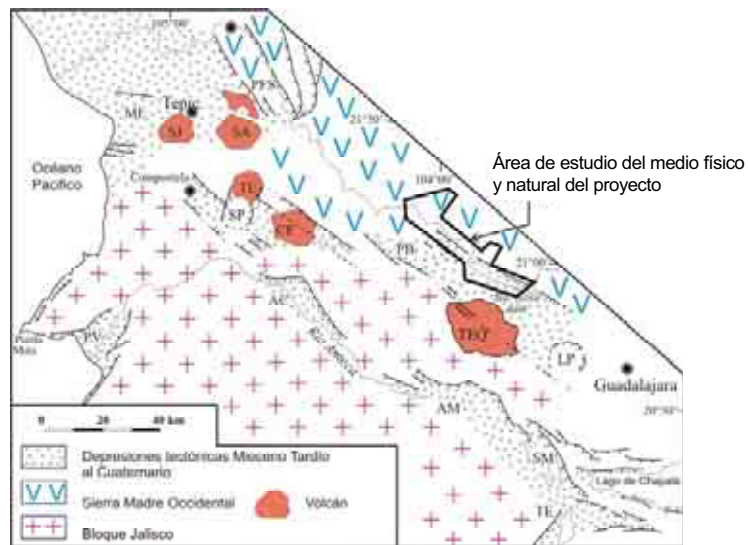


Figura 11. Imagen en donde se muestra la ubicación regional del área de estudio del medio físico y natural del proyecto y las estructuras volcánicas y tectónicas regionales principales que son: SJ = Volcán San Juan, SA = Volcán Sanganguey, TE = Volcán Tepetitlic, CE = Volcán Ceboruco, TEQ = Volcán Tequila, LA = Caldera La Primavera, SP = Caldera San Pedro, PV = Graben de Puerto Vallarta, PB = Graben Plan de Barrancas-Santa Rosa, SM = semigraben San Marcos; AC, semigraben Amatlan; AM, semigraben Ameca; TE, Falla Techalutla (tomado de Ferrari y Rosas-Elguera, 2000).

#### IV.2.1.3.1.1 El Graben de Plan de Barrancas-Santa Rosa

Desde el punto de vista de los sistemas de fallas que afecta a el área de estudio del medio físico y natural del proyecto, el PH La Yesca se localiza en el sector Norte del graben de Plan de Barrancas-Santa Rosa (figura 11) y fue definido por Ferrari y Rosas Elguera (2000). La falla Cinco Minas-Santa Rosa es relativamente reciente y pudiera tener efectos en la región de La Yesca.

La falla Cinco Minas-Santa Rosa (ver plano de discontinuidades anexo 3), de tipo normal y con una dirección N60°W, reactivó parcialmente una falla antigua según se desprende de los indicadores cinemáticos estudios en la cortina de la presa de Santa Rosa donde se observan estrías horizontales que son cortadas por estrías verticales lo que sugiere dos fase de actividad tectónica siendo la última la más reciente. La primera fase debió ser antes de los 8,5 Ma (Millones de años) dado que no afecta a las unidades mas jóvenes que esta edad. De acuerdo con la estratigrafía de la región y que una toba riolítica fue fechada en 5,5 Ma (Nieto-Obregón et al., 1985), la segunda fase debió ocurrir después de los 5,5 Ma y tuvo un desplazamiento menor a los 200 m. que en términos geológicos son fallas activas.

No se ha documentado actividad sísmica o movimiento alguno a lo largo del sistema Cinco Minas-Santa Rosa a pesar de que CFE ha monitoreado la presa de Santa Rosa desde el inicio de su construcción a través de extensómetros. Tampoco se han publicado estudios que se refieran a la actividad sísmica de la región aunque como se verá más adelante se han reportado sismos histórico cercanos a esta área.

#### **IV.2.1.3.1.2 Estratigrafía Regional**

##### **Batolitos y Cuerpos Intrusivos**

El bloque Jalisco (figura 10) fue definido por Mooser (1972) para referirse a un fragmento continental limitado por los rift de Tepic-Zacoalco, hacia el Norte y por el rift de Colima en su porción oriental. Básicamente el bloque Jalisco está formado por rocas plutónicas y secuencias volcano-sedimentarias del Cretácico-Terciario, siendo los intrusivos de afinidad calco-alcalina. El batolito de Puerto Vallarta forma parte del Cinturón de Rocas Plutónicas que se continua hacia el Norte para formar la Cordillera Plutónica de Baja California y Golfo de California (Gastil, 1983).

##### **Sierra Madre Occidental (SMO)**

La SMO es una provincia geológica cuya distribución, mostrada en la figura 9, e importancia radica en su extensión (2 000 km de longitud) superficie (300 000 km<sup>2</sup>), espesor (1 km) y volumen (300 000 km<sup>3</sup>) (McDowell y Keizer, 1977; McDowell y Clabaugh, 1979). Estas características insertan a la SMO entre las provincias geológicas más importantes y únicas formadas por ignimbritas silícicas. De acuerdo con las edades radiométricas y el marco geodinámico su formación debió ocurrir en un periodo de 10 Ma a 20 Ma como consecuencia de la subducción de la placa Pacífico por debajo de la placa de Norteamérica. Las elevaciones en la SMO pueden variar entre 2 100 y 2 900 m y están disectadas por valles profundos cuyas elevaciones llegan a ser tan bajas como 500 m.

Como consecuencia de su evolución geológica la SMO ha sido afectada por una tectónica extensional durante el Terciario (figura 12). La extensión en la parte oriental de la SMO, considerada como la prolongación hacia el Sur de la provincia Basin and Range del occidente de la Estados Unidos, fue provocada por la interacción de la Placa Pacífico y la placa de Norteamérica (Henry y Aranda-Gómez, 2000) durante el Mioceno Tardío (12,5 Ma), después de la subducción del remanente de la placa Farallón (Atwater y Stock, 1998). Otros estudios sugieren que la extensión inició en el Oligoceno (e.g. Nieto-Samaniego et al., 1999). Este problema en cuanto al inicio de la extensión acompaña a otro igualmente importante relacionado con explicar el gran volumen de ignimbritas en la SMO.

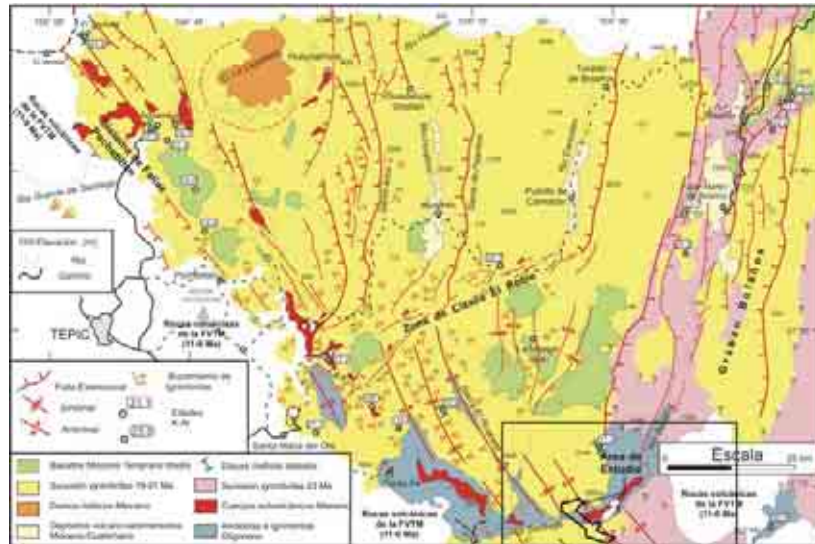


Figura 12. Tectónica del sector occidental de la Sierra Madre Occidental. El recuadro negro inferior delimita aproximadamente el área de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca (Ferrari et al., 2003).

Desde el punto de vista de su estructura la SMO puede dividirse en tres áreas (figura 12): (1) un sector oriental afectado por depresiones tectónicas de dirección NNE a N-S, (2) un sector occidental donde prevalecen un sistema de semi-grabenés de dirección NNW y (3) un sector Sur cuya peculiaridad es que su tectónica transpresiva. Es en esta última región donde se están desarrollando los trabajos relativos al proyecto hidroeléctrico La Yesca.

Por otra parte en la figura 13 se han graficado las edades de las rocas contra el número de muestras. En esta figura se observa claramente que existen dos máximos: uno a los 21 Ma y otro a los 23 Ma lo cual implica que durante este período debieron ocurrir importantes cambios geodinámicos que permitieron una mayor actividad volcánica en esos períodos.

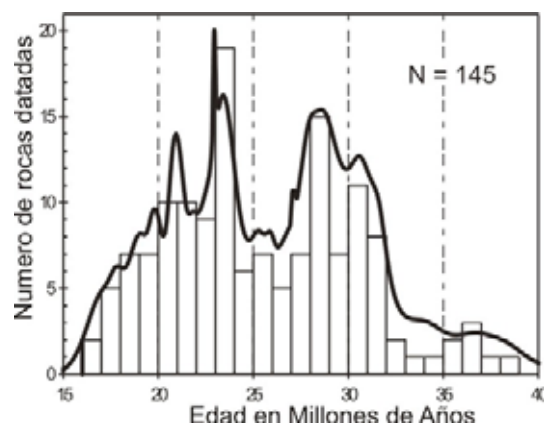


Figura 13. Edades radiométricas reportadas para la Sierra Madre Occidental.

Sobreyaciendo a las andesitas se tiene un paquete volcánico de composición ácida al que McDowell F. y Keiser (1977) denominaron Supergrupo Volcánico Superior compuestos por más de 1 000 metros de ignimbritas dacíticas, dacitas, ignimbritas riolíticas, tobas riolíticas y escasas intercalaciones de derrames andesíticos y depósitos volcano-sedimentarios (Méndez y Maldonado, 1982).

### **Faja Volcánica Transmexicana (FVTM)**

La FVTM, es la segunda estructura volcánica de mayor magnitud del territorio nacional, su dirección es casi Este-Oeste y se prolonga de la margen continental del Océano Pacífico hasta el Golfo de México (Figura 9). La FVTM está constituida por derrames de fisura así como grandes aparatos volcánicos entre los que destacan el Popocatepelt, Parícutín, Tequila y Ceboruco entre otros. Las edades isotópicas reportadas para esta provincia geológica son menores a los 13 Ma (Millones de años).

Diversos autores entre los que destacan Gastil et al. (1979); Moore et al. (1994); Rosas Elguera et al (1997); indican que el vulcanismo de la FVTM se divide en dos eventos: el más antiguo varía edad de 13 Ma a 8,7 Ma (Mioceno Superior) compuesto por basaltos a los que Rosas-Elguera (1998) les llamó Secuencia Máfica Basal de la FVTM. El segundo evento está formado por derrames y productos piroclásticos de composición riolítica, cuyas edades varían entre los 7,2 Ma y 2,8 Ma (Gilbert et al., 1985; Rosas-Elguera et al. 1997) es importante mencionar que para este estudio, este fué uno de los criterios morfológico tomados en el campo para separar las rocas ácidas de la SMO del vulcanismo riolítico de la FVTM. En segundo término se tiene dentro de este evento volcánico, derrames de basaltos cuyas edades son menores a 4,7 Ma (Watkins et al. 1971; Gilbert et al., 1985; Moore et al., 1994).

#### **IV.2.1.3.2 Geología local**

Para la evaluación de la cartografía proporcionada por CFE se analizó la información publicada haciendo especial énfasis en los resultados geocronológicos (tabla 4). Las diferentes unidades identificadas se agruparon en función de las dos provincias geológicas dominantes: la SMO y la FVTM. Cabe mencionar las coordenadas de la recopilación geocronológica se transformaron al Datum WGS 84 para que corresponda con la base topográfica. El resultado de ese proceso fué la elaboración de un primer borrador del plano geológico que culminó que el presentado en la figura 6. En él se muestran tres unidades identificadas para la SMO y cuatro para la FVTM, así como dos unidades de cuerpos intrusivos. Como se puede apreciar en mapa geológico anexo en el mapa geológico, el aproximadamente 70 % del área que comprende el polígono de estudio corresponde a la SMO y el resto a la FVTM.

#### **IV.2.1.3.2.1 Sierra Madre Occidental (SMO)**

En área de estudio del medio físico y natural la SMO está representada por tres unidades cuyos afloramientos ocurren en el extremo Suroeste (SW) del área.

##### **Andesitas (Tom A<sup>1</sup>)**

En el polígono de estudio la SMO está formada por rocas volcánicas de composición andesítica cuyos afloramientos se encuentran distribuidos a lo largo del Río Santiago, en los alrededores de Paso de la Yesca, Puente Paso del Rosario, Cinco Minas y en pequeñas áreas no cartografiadas como son los localizables sobre el camino hacia La Mesa de Tecomatán. En muestra de mano presentan estructura compacta, de matriz afanítica con esporádicas plagioclasas, generalmente fracturada y con vetillas de calcita, óxidos, clorita y caolín (figura 14).



**Figura 14. La andesita presenta alteración hidrotermal, observándose calcita y óxidos.**

Las edades isotópicas reportadas por Nieto-Obregón et al. (1985), en el área de estudio del medio físico y natural, son de  $24,7 \pm 0,6$  Ma (13 Q 608 992-2 336 957), hacia el Sureste (SE) de Cinco Minas. En el proyecto hidroeléctrico de Santa Rosa rocas de características similares dieron una edad de 17 Ma y en Aguamilpa de 22 Ma por lo que a esta unidad se le asigna una edad del Oligoceno-Mioceno. Sus contactos son discordantes observándose en el flanco izquierdo del Río Santiago, en la localidad del Paso de la Yesca donde subyacen a los basaltos del Plioceno (figura 15) y, también en discordancia, subyacen a los productos piroclásticos ácidos del Mioceno Inferior como ocurre en Cinco Minas (13 Q 614 816-2 328 685).

<sup>1</sup> Tom A, Terciario Oligoceno-Mioceno Andesita

**Tabla 4. Edades isotópicas consideradas en la MIA Regional para el PH La Yesca.**

Clave	Localidad	Coordenadas geográficas (NAD 27)		UTM (WGS 84) 13 Q	Tipo roca	Método y material datado		Edad	Error	Autor
		Long	Lat			K/Ar	gms			
CM 2	Cinco Minas, Jal	103 55.53	21.02.22	611606 2 326 680	Dique Microdiorita	K/Ar	gms	26,70	0,60	Nieto-Obregón et al. 1985
RGS 11	S. Pedro Analco, Jal.	103 57.27	21 05.75	608 549 2 333 172	Granodiorita	K/Ar	Hb	26,60	0,60	Nieto-Obregón et al. 1985
CM 3	Cinco Minas, Jal.	103 54.84	21 02.56	612 796 2 327 316	Andesita	K/Ar	gms	24,70	0,60	Nieto-Obregón et al. 1985
Ped Jal 19	S. Pedro Analco, Jal.	103.95	21.13	608 992 2 336 957	Latita	K/Ar	PI	22,54	0,47	Nieto-Obregón et al. 1985
CM 6	Cinco Minas, Jal.	103 56.23	21 03.19	610 381 2 328 462	Ignimbrita	K/Ar	San	20,20	0,50	Nieto-Obregón et al. 1985
RGS 10	S. Pedro Analco, Jal.	103 58.22	21 06.95	606 890 2 335 375	Dique Felspar	K/Ar	Feld	19,50	0,50	Nieto-Obregón et al. 1985
Ped Jal 22	Presa S. Rosa, Jal.	103.72	20.92	634 798 2 313 901	Ignimbrita	K/Ar	PI	16,90	0,50	Nieto-Obregón et al. 1985
Mas 712	Presa Santa Rosa, Jal.	103.71	20.91	634 114 2 312 789	Ignimbrita gouge	K/Ar	gouge	15,20	2,50	Moore et al., 1994
RGS 12	S. Rosa, Jal.	103 54.55	20 54.55	634 063 2 312 696	Ignimbrita	K/Ar	San	13,60	0,10	Nieto-Obregón et al. 1985
Ped Jal 17	Mistermeque, Jal.	103.79	20.99	625 726 2 321 579	Basalto	K/Ar	WR	8,52	0,10	Nieto-Obregón et al. 1985
Ped Jal 21	Achio, Jal.	103.71	20.88	634 141 2 309 468	Ignimbrita Ho	K/Ar	PI	4,69	0,17	Nieto-Obregón et al. 1985
Ped Jal 24	Mesa Mistermeque, Jal.	103.72	20.96	633 030 2 318 315	Basalto	K/Ar	WR	3,97	0,09	Nieto-Obregón et al. 1985
CM 4	Cinco Minas, Jal.	103 56.87	21 02.63	609 280 2 327 421	Basalto	K/Ar	gms	3,77	0,60	Nieto-Obregón et al. 1985
Ped Jal 23	Mesa Mistermeque, Jal.	103.93	21.02	611 150 2 324 796	Basalto	K/Ar	WR	3,72	0,06	Nieto-Obregón et al. 1985
Mas 530	N Hostotipaquillo, Jal.	103.99	21.05	604 894 2 328 075	Basalto	K/Ar	gms	3,26	0,18	Moore et al., 1994
TQ-308	Hostotipaquillo, Jal.	103.95	21.03	609 065 2 325 889	Basalto	K/Ar	gms	3,19	0,26	Moore et al., 1994
Ped Jal 3	El Sombrero, Jal.	104.10	21.13	593 414 2 336 861	Alk.-Bas.	K/Ar	WR	2,80	0,10	Damon et al. 1979
Ped Jal 20	Mesa S. Rosa, Jal.	103.73	20.91	632 034 2 312 772	Basalto	K/Ar	WR	2,50	0,06	Nieto-Obregón et al. 1985
Jal 6	Santa Rosa, Jal.	103.72	20.88	633 100 2 309 460	Alk.-Basalt	K/Ar	WR	1,34	0,20	Nieto-Obregón et al. 1985
634	Mesa S. Rosa, Jal.	103.71	20.90	634 123 2 311 682	Basalto	K/Ar	WR	0,93	0,05	Nixon et al. 1987
Ped Jal 5	Tequilizinta, Jal.	103.75	20.91	629 953 2 312 756	Alk.-Bas.	K/Ar	WR	0,91	0,22	Damon et al., 1979
624	S. Martín, Jal.	103.83	20.91	621 633 2 312 693	Dacite	K/Ar	WR	0,63	0,03	Nixon et al. 1987
KA 2956	Achio, Jal	103.73	20.89	632 051 2 310 558	Basalto	K/Ar		0,53	0,10	Gilbert et al. 1985



Figura 15. La localidad es Paso de la Yesca y se muestra la relación discordante entre la FVTM, representada por los basaltos y la SMO, representada por las andesitas.

### **Ignimbrita dacítica- Dacita (Tm Igd-Da<sup>2</sup>)**

En el caso de las ignimbritas dacíticas y dacitas los contactos propuestos en la cartografía, en el campo no presentan una respuesta morfológica que permita definir dicho contacto (figura 17). En virtud de que la relación estratigráfica de ambas unidades indica que son unidades contemporáneas se consideró conveniente englobarlas en una sola unidad.

Comprende los afloramientos más extensos en la partes bajas de los Ríos Santiago y Bolaños en proporción, predominan las ignimbritas dacíticas sobre los derrames dacíticos. Las ignimbritas se caracterizan por presentar pseudocapas gruesas a masivas (figura 16), en muestra de mano se observa una textura piroclástica bien soldada con fragmentos de rocas de la misma composición, de aristas subangulosa a angulosa y tamaños de hasta 8 cm. lo que le dá un aspecto brechoidal (figura 16). Su fracturamiento es moderado en lo que se considera como la zona de descompresión estando en algunos casos las fracturas abiertas pero de acuerdo a la información de los pozos exploratorios, éstas se cierran a profundidad.

### **Toba riolítica (Tm TR<sup>3</sup>)**

La unidad tiene una amplia distribución en la zona de estudio, de acuerdo con las edades radiométricas publicadas, su rango está entre 15 y 22 Ma de acuerdo con Clabaugh (1972) pertenece la Secuencia Volcánica Superior.

La riolita es de color rosa con textura porfídica, tiene fenocristales de plagioclasa hasta de 0,5 cm, cuarzo desvitrificado, biotita subhedral y ocasionalmente feldespato, la fluidez tiene un rumbo de N60° W con inclinación de N 37° E . Presenta variaciones texturales, observándose con regularidad de color blanca con textura afanítica muy alterada (oxidación, silicificación y cloritización) probablemente asociada a domos.

<sup>2</sup> Terciario Mioceno Ignimbrita dacítica Dacita

<sup>3</sup> Terciario Mioceno toba riolítica



Aunque pueden variar notablemente las ignimbritas son de color morado, gris oscuro, rosa y contienen abundante plagioclasa, cuarzo y mica (biotita). En ocasiones está silicificada, los fragmentos alargados son de la misma composición de la roca, presenta intercalación de tobas blancas y rosas de grano fino (cenizas).



Figura 16. Imagen que muestra el contacto propuesto en la cartografía geológica de CFE, que delimita a las rocas dacíticas e ignimbritas. Como se aprecia no existe un cambio morfológico que permita delimitarlas en imágenes o fotografías aéreas.

En muestra de mano la roca presenta una textura piroclástica donde se observan fenocristales de plagioclasa y cristales pequeños de micas (biotita), representados en cúmulos o pequeñas concentraciones y esporádicos cristales de cuarzo, también es posible observar fragmentos de roca alargados y deformados color gris y ocre (fiammes). Esta unidad está afectada por diques de composición andesítica. En la ranchería Los Sotoles se describe una riolita gris a rosa de textura fanerítica a afanítica, estructura masiva y compacta, se observan cristales de cuarzo, feldespato potásico y biotita, presenta "listones" claros constituidos por concentraciones de plagioclasa y cuarzo se observan horizontes vítreos de espesor menor a 10 m con desarrollo de esferulitas y silicificación alta.

Petrográficamente la ignimbrita (De la Teja y Castro, 2005), muestra una textura hipocristalina sus componentes principales son fragmentos líticos 25-50%, constituidos por granos angulosos de tipo riolítico y andesítico, plagioclasa 5-25%, en cristales rotos y diseminados en la matriz, vidrio desvitrificado 5-25% y como minerales de alteración los de mayor presencia son la clorita y epidota 5-25%, diseminados en toda la roca y por último minerales opacos y arcillosos 5%, alterando la mesostásis. Otra muestra presentó una textura microcristalina esferulítica con mesostásis de feldespato y cuarzo, sus principales minerales son: sanidino como

esferulitos y fenocristales rotos 25-50%, la oligoclasa en cristales tabulares formando aglomerados 5-25%, cuarzo en vetillas y de forma granular 5-25% y como minerales secundarios se tiene epidota en forma de manchones 5-25%, clorita producto de la alteración de la biotita <5%, minerales arcillosos <5% y minerales opacos diseminados en la roca <5%, esta roca fue clasificada como una riolita epidotizada.

Por su parte para el dique se reportó una textura microlítica porfídica, los minerales principales son: la andesina 25-50%, en microlitos fluidales formando la matriz y la roca, vidrio 5-25%, formando la matriz junto a la plagioclasa, los minerales de alteración están constituidos por calcita, clorita y sericita 5-25%, alterando fuertemente la roca, la roca fué clasificada como una andesita cloritizada.

Al microscopio, en la localidad de Aguacaliente (De la Teja y Castro, 2005), se le observa una textura hipocristalina con presencia de cuarzo en forma de bandas burdamente alineadas que alternan con flujos de vidrio volcánico 25-50%, vidrio volcánico que actúa como cementante 5-25%, Anfíboles diseminados en la matriz, feldespatos embebidos en la matriz y fragmentos de roca <5% y como minerales de alteración minerales arcillosos <5% producto de la desvitrificación del vidrio y de feldespatos preexistentes, cuarzo en fracturas, óxidos de fierro finamente diseminados, la matriz es de vidrio volcánico y presenta alteración argilítica se clasificó como una toba riolítica.

### **Cuerpos Intrusivos**

A lo largo del Río Santiago y Río Bolaños se presentan en la mayoría de los casos pequeñas ventanas de un cuerpo intrusivo de textura holocristalina, color gris claro (figura 17). Los afloramientos más importantes se localizan a 1 km al Noreste del eje de la cortina propuesta, delimitado por los arroyos La Primera Agüita y Los Naranjos. En la margen derecha, aguas abajo (13 Q 592 286-2 344 723) del primer arroyo se observan afloramientos de esta unidad que por su tamaño y la escala trabajada no son cartografiables. Aunque el contacto con la unidad Ignimbritas riolíticas-tobas riolíticas no es claro, a partir del conocimiento la estratigrafía regional y los datos geocronológicos es posible establecer su contemporaneidad con el vulcanismo de la SMO.



**Figura 17. Sobre el arroyo la Primera Agüita se observan ventanas de un intrusivo granodiorítico, moderadamente fracturado que afecta a las ignimbritas dacíticas y dacitas de la Sierra Madre Occidental.**

Otros afloramientos son el ubicado a 4 km aguas arriba a partir de la intersección del Río Bolaños con el Río Santiago y el localizado aguas arriba sobre el Río Santiago, del puente Paso del Rosario, en esta localidad un dique riolítico se fechó por el método K/Ar (Nieto-Obregón et al 1985), reportándose una edad de  $19,5 \pm 0,5$  Ma (13 Q 606 890-2 335 375) y en tanto que una edad de  $26,6 \pm 0,60$  Ma (13 Q 608 549-2 333 172) fue reportada para una granodiorita de hornblenda lo que ubica a esta unidad en el Oligoceno-Mioceno Inferior por lo que esta unidad se cartografía como Tom Gd. Estos intrusivos presentan una importancia económica en la región porque se consideran asociados con las soluciones hidrotermales que originaron la mineralización de oro y plata. De igual forma las alteraciones hidrotermales por silicificación y propilitización que se aprecian a lo largo de los Ríos Santiago y Bolaños. Aun ahora hay manifestaciones hidrotermales sobre el Río Santiago, por ejemplo en el sitio de coordenadas 13 Q 593 601-2 344 700.

En el área de estudio del medio físico y natural de influencia del proyecto afloran una serie de diques doleríticos que intrusionan a las rocas extrusivas ácidas de la SMO y al intrusivo granodiorítico sus afloramientos se restringen a diques que por la escala no son cartografiables, pero se muestran en la columna geológica con la clave Tm dd. Caso similar ocurre en la presa Aguamilpa donde esta actividad magmática, de acuerdo con las edades isotópicas, ocurrió a los 11 Ma aproximadamente lo cual es contemporáneo con el inicio de la actividad de la FVTM en el Mioceno Tardío.

#### **IV.2.1.3.2.2 Faja Volcánica Transmexicana**

##### **Secuencia Máfica Basal (Tm B<sup>4</sup>)**

El primer evento magmático que pertenece a la FVTM es el vulcanismo del Mioceno Tardío, que está caracterizado por una unidad basáltica ampliamente distribuida desde la región de Tepic hasta el Estado de Hidalgo (Ferrari et al., 1994). Este vulcanismo se ubica en la región de Los Altos, al Norte de Guadalajara, también se han reportado dos edades isotópicas, una al Norte de Atemajac (Rosas-Elguera, et al., 1997) y otra al Oeste de Atoyac (Allan, 1986).

En toda su extensión estos basaltos han sido denominados de diferente manera: Basaltos Cinco de Mayo, en Tepic, Basaltos San Cristóbal, alrededor de Guadalajara (Moore et al., 1994); Secuencia Máfica del Río Santiago, en Los Altos de Jalisco (Ferrari et al., 1994). Con el propósito de unificar nomenclaturas Rosas-Elguera (1998) sugirió el nombre de Secuencia Máfica Basal (SMB) de la Faja Volcánica Trans-Mexicana para referirse a este vulcanismo del Mioceno Tardío. Las edades isotópicas publicadas sugieren que el desarrollo de este vulcanismo basáltico ocurrió entre 13 y 8,7 Ma (Gastil et al., 1979; Allan, 1986; Moore et al., 1994; Rosas-Elguera et al., 1997; Rosas-Elguera, et al., 1998) por lo que la clave cartográfica es Tm B-A.

Dado que están ampliamente distribuidos en la región centro del Estado de Jalisco, existen varias localidades donde puede apreciarse la relación estratigráfica de la Secuencia con las unidades infra y suprayacentes. De manera particular, en la Presa de Santa Rosa, en la pared Norte del valle del río, los basaltos descansan sobre la riolita fechada en 16,9 Ma (Tm TR). Una sección realizada de la cortina de la presa a la Mesa Mistemeque, permite observar a los basaltos de la SMB intercalados con andesitas y tobas andesíticas fuertemente fracturadas y afectadas por fallas normales; sin embargo, en otras secciones realizadas en el cauce del Río Verde, esta unidad tiene una ignimbrita intercalada (20°47'32"/103°01'20") color café rojiza, semicompacta, de 4 m a 5 m de espesor, con clastos de pómez blanca < de 1 cm, -1% de líticos negros, soportados en una matriz de ceniza y cristales; un depósito de características semejantes que se correlaciona con esta unidad, fué fechado por Moore et al. (1994) cerca del poblado de San Cristóbal de la Barranca obteniendo una edad por el método <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar de 10,7 Ma.

##### **Toba riolitica-Riolita (Tmpl TR-R<sup>5</sup>)**

Esta unidad aflora de manera preferente al oriente de la zona de estudio pero en sus alrededores eventualmente se observa intercalada con riolita y andesita. En la región de la Presa de Santa Rosa esta unidad ha sido fechada en 5,5 Ma (Nieto et al., 1981). El estudio petrográfico dió lo siguiente: textura hipocristalina, con una mesostásis de vidrio volcánico, presenta como minerales esenciales vidrio volcánico 25-50%, se presenta como flujos que sirven de cementante a los demás componentes,

<sup>4</sup> Terciario Mioceno Basalto

<sup>5</sup> Terciario Mioceno-Plioceno Toba Riolítica-Riolita

plagioclasas 25-50%, muy alteradas en textura de reliquia, los minerales de alteración se presentan como minerales arcillosos 5-25% se observa como producto de la desvitrificación del vidrio volcánico, la sericita y el cuarzo en vetillas, los minerales opacos se presentan en forma de agregados, la roca fue clasificada como una toba vítrea de posible composición riolítica (De la Teja y Castro, 2005). En las cercanías de La Venta de Nochitiltic, el estudio petrográfico reportó una textura hipocristalina-hipidiomórfica, con mesostásis de plagioclasas, los minerales principales presentes son: plagioclasas 50-75%, del tipo andesina-labradorita en fenocristales, ferromagnesianos 5-25% finamente mezclados entre las plagioclasas, los minerales de alteración consisten en óxidos de hierro 5-25%, como producto de la alteración de las micas, epidota y clorita como alteración de los ferromagnesianos y por último minerales opacos diseminados en forma de flujos.

Petrográficamente (De la Teja y Castro, 2005) presenta una textura afanítica fluidal, con minerales principales de vidrio volcánico con desvitrificación a sílice criptocristalina de la variedad cristobalita y tridimita y plagioclasa sódica de 25-50%, de probable composición oligoclasa-andesina formando parte de la trama, ortoclasa de 5-25%, se observa dispersa en la roca y asociada con la plagioclasa y hornblenda < 5%.

#### **Andesita-Basalto (TplQ, A-B)<sup>6</sup>**

Esta unidad está distribuida prácticamente en toda la región de estudio, aflora desde la presa de Santa Rosa hasta la región de La Yesca. De acuerdo con las edades radiométricas publicadas, esta unidad se desarrolló entre los 3,97 Ma y 0,53 Ma. Las edades cuaternarias para esta unidad se localizan preferentemente al Sur del Río Santiago a la altura de la Presa de Santa Rosa.

De acuerdo con el reporte del Consejo de Recursos Minerales, las rocas del Plioceno, de una muestra colectada al oriente del rancho El Portezuelo, al microscopio muestra que la textura es afanítica, microcristalina con minerales principales de oligoclasa andesina-andesina >75%, presenta forma anhedral, augita 5-25%, se encuentra dispersa en la trama, magnetita y fluoroapatita < 5% como mineral de alteración hematita como alteración de ferromagnesianos, ésta se encuentra en proporciones menores al 5%, la roca fue clasificada como andesita de augita.

Un rasgo típico de la fracción cuaternaria de esta unidad es que forma “terrazas colgantes” a lo largo del cauce del Río Santiago. Un afloramiento típico puede observarse en la localidad del Paso de La Yesca donde los frentes de lava forman acantilados prácticamente verticales (figura 15). Los derrames de basaltos presentan color gris oscuro a negro, su textura es afanítica pero en ocasiones se observan plagioclasas y en ocasiones olivino y hornblenda, es común que los basaltos estén cubiertos concordantemente por pumicita ocre claro de composición riolítica, tiene un espesor de 10,00 m, esta unidad conforma estructuras tipo escudo. El espesor observado de esta unidad varía de 60 a 100 m.

<sup>6</sup> Terciario plioceno Cuaternario Andesita Basáltica

### **Dacita (Qpt D)<sup>7</sup>**

Estas rocas afloran únicamente al NE-E de la población de Magdalena. Cubren a la unidad de basaltos y andesitas del Plio-Cuaternario y posiblemente estos flujos estén asociados con la actividad volcánica que acompañó la evolución del campo volcánico Tequila. De acuerdo con las edades radiométricas publicadas, esta unidad tiene una edad de 0,65 Ma.

#### **IV.2.1.3.3 Sismicidad Histórica**

La investigación relativa a los sismos históricos en la región del PH La Yesca, contó con información de los catálogos sismológicos NOAA de Boulder Colorado, ISS del Observatorio Kew de Inglaterra, PED del USGS, Servicio Sismológico Nacional y de la información Sísmica Preliminar del Instituto de Ingeniería de la UNAM, así como las regionalizaciones sísmicas de Esteva (1970).

La sismicidad histórica registrada en las inmediaciones del PH La Yesca es pobre en frecuencia, ya que entre los años 1568 a 1899 en un radio de 150 km tomando como centro la cortina del proyecto, sólo se tienen reportados dos eventos sísmicos, el más cercano localizado a una distancia de 22 km., fechado el 11 de febrero de 1875, con una magnitud de 7,3 grados y otro del 8 de mayo de 1912 localizado en el cruce de las coordenadas geográficas 20,82 de Latitud Norte y 103,38 de Longitud Oeste, a una distancia de 85 km del proyecto, que tuvo una magnitud de 6,0 grados en la escala de Richter.

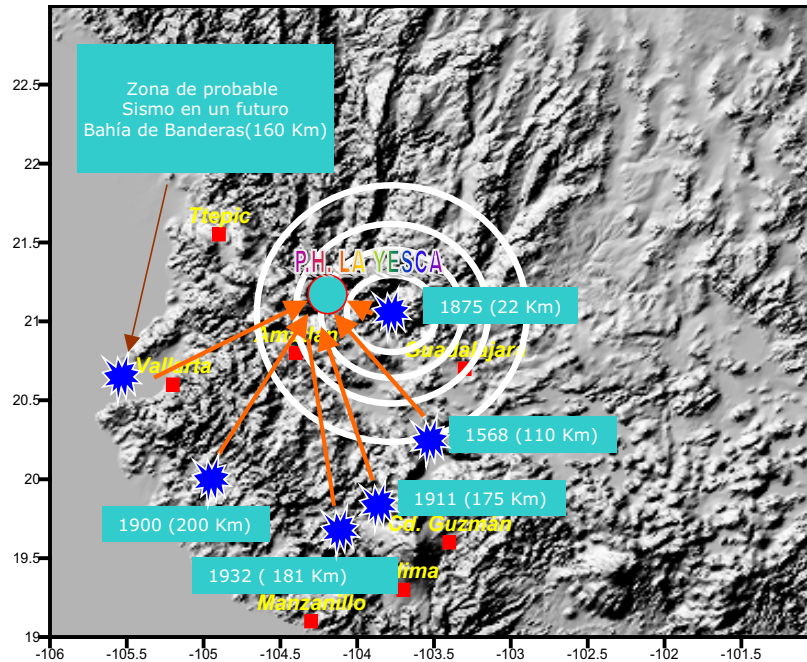
El Norte y centro del occidente de México, se caracteriza por una actividad sísmica histórica escasa como se observa en la figura 10, en la cual se graficaron todos los sismos con magnitudes mayores a 6 grados en la escala de Richter, reportados en el occidente del país.

Los eventos sísmicos que llegarían a afectar al PH La Yesca se originarían en el Estado de Jalisco, por sus rasgos tectónicos. El Estado de Jalisco se localiza en una región de actividad sísmica, poco frecuente, pero alto en cuestión de magnitud, cuyo registro histórico data desde 1542, como testimonio de la infinidad de eventos que se han sentido en el Estado, algunos de los más representativos por sus características y efectos ocasionados han ocurrido en los años de 1875, 1911, 1912 y 1932 (figura 18).

Actualmente se estima que entre cinco y diez años se espera que haya un sismo de entre 7 y 8 grados en la escala de Richter en una zona que va de Puerto Vallarta a Tomatlán, según una investigación que se realiza en el Centro Universitario de la Costa (CUC) de la Universidad de Guadalajara.

---

<sup>7</sup> Cuaternario Pleistoceno Dacita



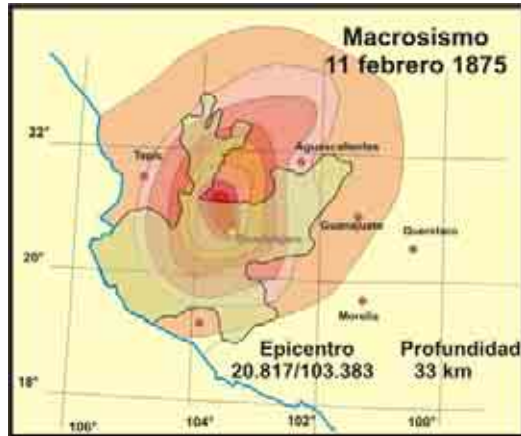
**Figura 18. Sismos históricos próximos al P. H. La Yesca, con magnitudes mayores a 6 grados.**

Cada 75 u 80 años se registra un sismo de grandes magnitudes en este lugar. Los dos últimos, ocurrieron en 1932 y 1995. Ambos fueron causados por el rompimiento de la placa de Rivera, la cual se hunde por debajo del continente en promedio seis centímetros al año. En 1995 hubo un tramo de cien kilómetros de largo, 20 de ancho y diez de grueso que no se movió y es el que se espera que provoque un sismo de entre 20 y 40 segundos en los próximos años.

El problema de documentar los catálogos históricos en México, desde el punto de vista sísmico, es especialmente agudo debido a la escasa población a lo largo de la Costa del Pacífico en los siglos pasados. Por ejemplo, para el siglo XIX, se ha identificado la ocurrencia de cerca de 23 temblores con  $M > 7.0$  (Singh, et. al., 1981), mientras que en el siglo XX ocurrieron alrededor de 35 eventos de esta magnitud, lo que implica la necesidad de dedicar esfuerzos importantes al estudio de los temblores históricos como los que han realizado García, et. al., (1988), Rojas, et. al., (1988) y García y Suárez (1998) para documentar y dar interpretación sísmológica a todos los temblores históricos para los que se dispone de testimonios. Aún cuando estos esfuerzos no permitieran completar el catálogo histórico, los resultados correctamente usados serán de gran importancia en la estimación del riesgo sísmico en zonas de escasa actividad, como el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca.

Los sismos de magnitudes mayor a 7,0 grados registrados en las costas de Jalisco y Colima, ocurrieron en los años de 1875, 1900, 1911, 1932, mientras que sismos entre 6 y 7 grados ocurrieron en 1568 y 1912, época en la que la calidad de localización epicentral se considera deficiente.

El sismo ocurrido en el año de 1875 (figura 19) en el Estado de Jalisco, es el evento histórico más cercano al PH La Yesca y desde entonces no se ha presentado otro evento con las mismas características. Razón por la que preocupa la probabilidad de ocurrencia de un nuevo evento en esta misma zona. En el plano de curvas de isosistas (curvas de igual intensidad) elaboradas por diversos autores muestran que las intensidades alcanzadas en la zona de estudio son hasta VII grados en la escala de Mercalli



**Figura 19. Isosistas del sismo de 1875.**



#### IV.2.1.4 Geomorfología

El paisaje y geformas del área de estudio del medio físico y natural del proyecto son resultado de un tectonismo activo - y parcialmente de vulcanismo cuaternario- labrado por procesos de erosión hídrica que a su vez son controlados por la distribución y la resistencia relativa de las distintas unidades litológicas aflorantes (figura 20). Siguiendo la regionalización de INEGI, la zona de estudio se encuentra localizada entre grandes unidades estructurales regionales, descritas como las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Occidental y la Faja Neovolcánica.

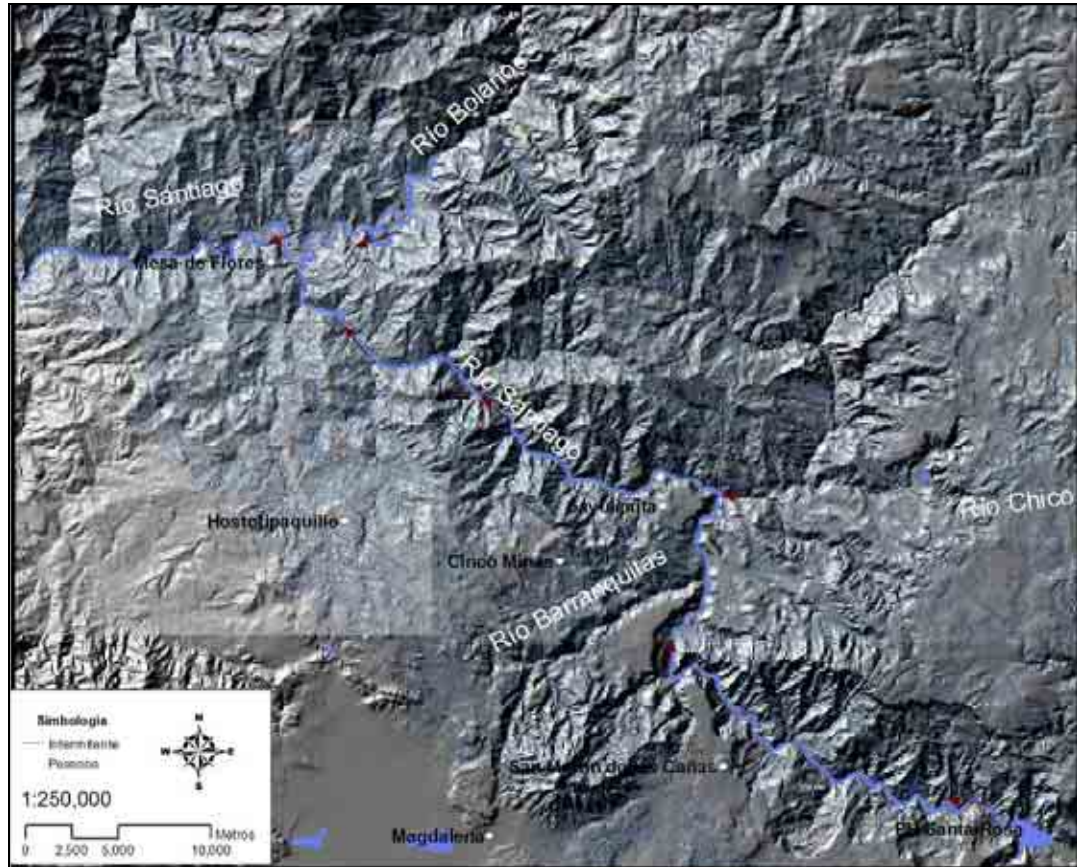


Figura 20. Modelo sombreado e hidrografía regional.

La zona central, al Sur del área de estudio del medio físico y natural del proyecto forma parte del sector más occidental de la Subprovincia de la Fosa de Tepic, como parte de la zona de fosas tectónicas y vulcanismo reciente delimitado en el territorio por el INEGI. Esta zona de fosas y semifosas se caracteriza por la influencia de los procesos morfodinámicos jóvenes relacionados con la actividad tectónica y volcánica del Cuaternario (Valdivia et al., 2001). Al Norte del Río Santiago se reconocen mesetas desmembradas y cañones orientados predominantemente N-S, de la Subprovincia de filos y cañones de la Sierra Madre Occidental. La región de filos y cañones del Río Bolaños presenta uno de los mayores desniveles de relieve de la región, y por consiguiente, elevada energía de relieve. Por otra parte, de acuerdo con Valdivia et al., la región de las sierras bloque ácidas completan el flanco Sur del sistema de drenaje hídrico juvenil de la cuenca

propia del Río Santiago en el sector occidental del área de estudio del medio físico y natural del proyecto, incluyendo a la sierra bloque de Hostotipaquillo y la serranía bloque de Magdalena.

El paisaje se conforma principalmente de mesetas y mesas desmembradas, cerros, valles y cañadas de elevada pendiente relativa en aumento hasta el Río Santiago por los sucesivos ciclos de ascenso y erosión favorecida por la profundización de la línea de base de erosión local que representa el cauce del Río Santiago. La energía del relieve es elevada y con sectores cercanos a la confluencia de los Ríos Bolaño y Santiago que superan los mil quinientos metros de desnivel (figura 21).

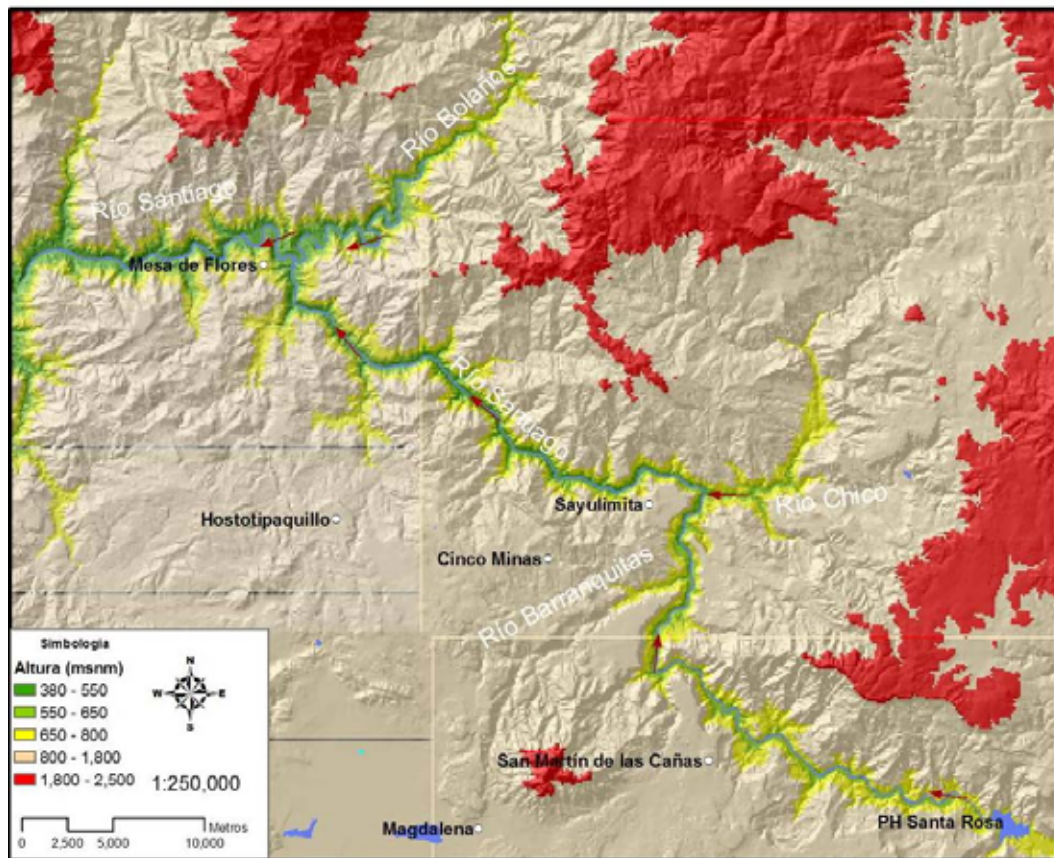


Figura 21. Energía del relieve relativa en el área de estudio del medio físico y natural del proyecto.

En el área de estudio del medio físico y natural del proyecto el diseño del curso del Santiago presenta tramos de rectitud controlados por lineamientos estructurales. Las orientaciones predominantes del cañón del Santiago son NW-SE y N-S (figura 22). Los Ríos Bolaños y Chico presentan cauces orientados SSW-NNE y algunos de sus afluentes son subparalelos al Santiago. En esta región, tectónicamente activa, el proceso de profundización propició la captura y erosión remontante en las cuencas de sus afluentes. La elevada energía asociada a los grandes desniveles topográficos es el principal rasgo del proceso formador del paisaje. Las elevadas temperaturas e intensas precipitaciones estacionales favorecen la meteorización y erosión de los afloramientos volcánicos durante el Cuaternario. Actualmente los procesos de erosión-depositación hídrica y la

remoción en masa siguen siendo los principales procesos generadores de las formas del relieve.

En la figura 22 se observan también rasgos de paisaje fluvial de menor relieve relativo. Son escasas las áreas de escasa pendiente, con excepción de los interfluvios alejados del Santiago y las mesas volcánicas intersecadas que fueron labradas sobre rocas volcánicas subhorizontales en la zona de influencia del volcán Tequila. Otras partes del territorio corresponden a cuencas menores que antiguamente descargaban en el Santiago cuando éste ocupaba una posición topográfica más alta. Por disminución del área de cuencas por captura de sus afluentes, el proceso de reactivación del paisaje ha sido más lento que en el resto del área de estudio del medio físico y natural, donde el relieve relativo entre interfluvios y fondo de valle puede superar los mil metros.

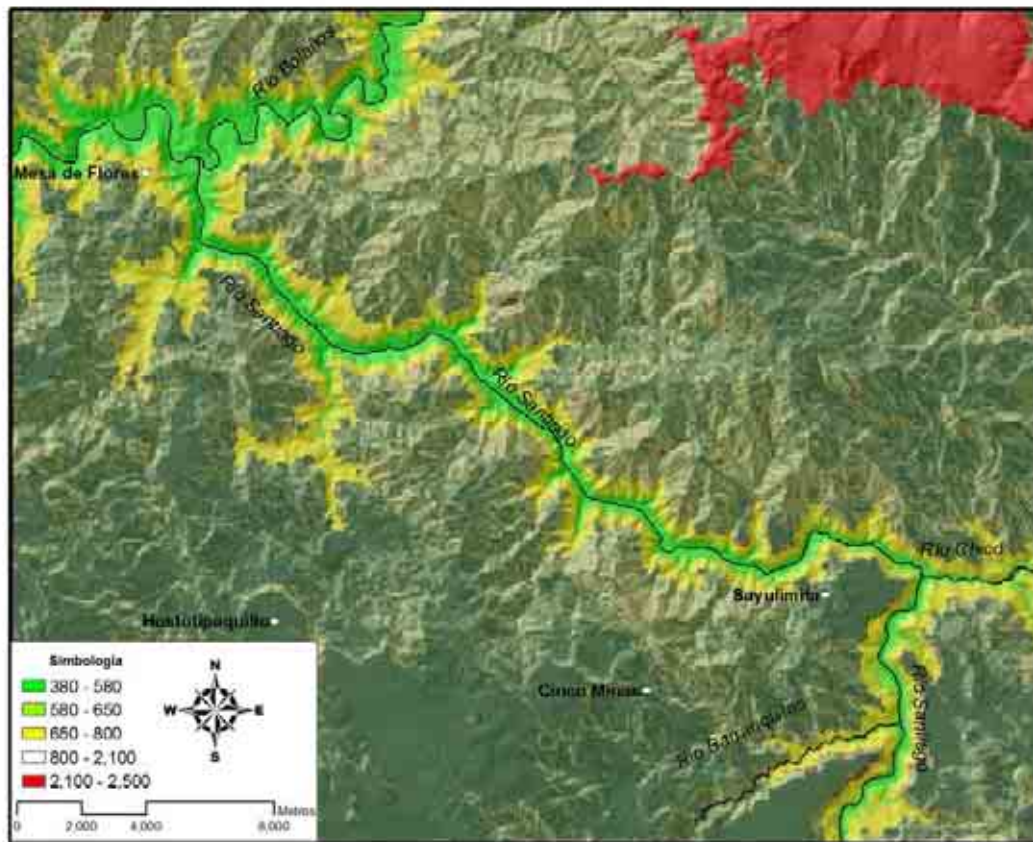


Figura 22. Diferentes parámetros de diseño en planta del curso de los Ríos Santiago y Bolaños.

Las planicies y terrazas aluviales son de escaso desarrollo en los valles. Se registran antiguos depósitos de terraza del Santiago en zonas topográficamente elevadas sobre el fondo del actual valle a distintas alturas, conformados en distintas posiciones del río. Algunos de estos depósitos se localizan en circos y presentan baja estabilidad. Localmente, las precipitaciones y sismos pueden disparar proceso de transporte de material detrítico y sedimentos en laderas de mayor pendiente.

En las laderas australes del Río Santiago, entre la presa de Santa Rosa y la desembocadura del Río Tequila se han desarrollado procesos de asentamiento de grandes dimensiones controladas por la disposición

estratigráfica de distintas unidades volcánicas de resistencia diferencial a la erosión; conformando geformas de erosión fluvial tipo circos donde hoy desembocan cursos de agua. El resalto de erosión regresiva controla la presencia de cascadas en los principales cursos de agua en descenso a las zonas bajas de estas formas erosivas.

La disección fluvial de las mesas volcánicas localizadas sobre la margen izquierda del Río Santiago, aguas abajo de la desembocadura del Río Tequila, ha generado cajones locales de paredes prácticamente verticales de más de 100 metros de altura que desligan ambientalmente los procesos edáficos y antrópicos de la parte alta de las mesas con los procesos fluviales que suceden en el fondo del valle. El transporte humano desde las partes elevadas hasta el cauce del río, por otro lado, sucede sólo en la margen oriental a pie o en animales de carga, desde el poblado de Sayulimita. Esta movilización es difícil por el gran relieve relativo y se realiza para el transporte del producto de la pesca y de agua desde manantiales localizados en la zona baja (figura 23).

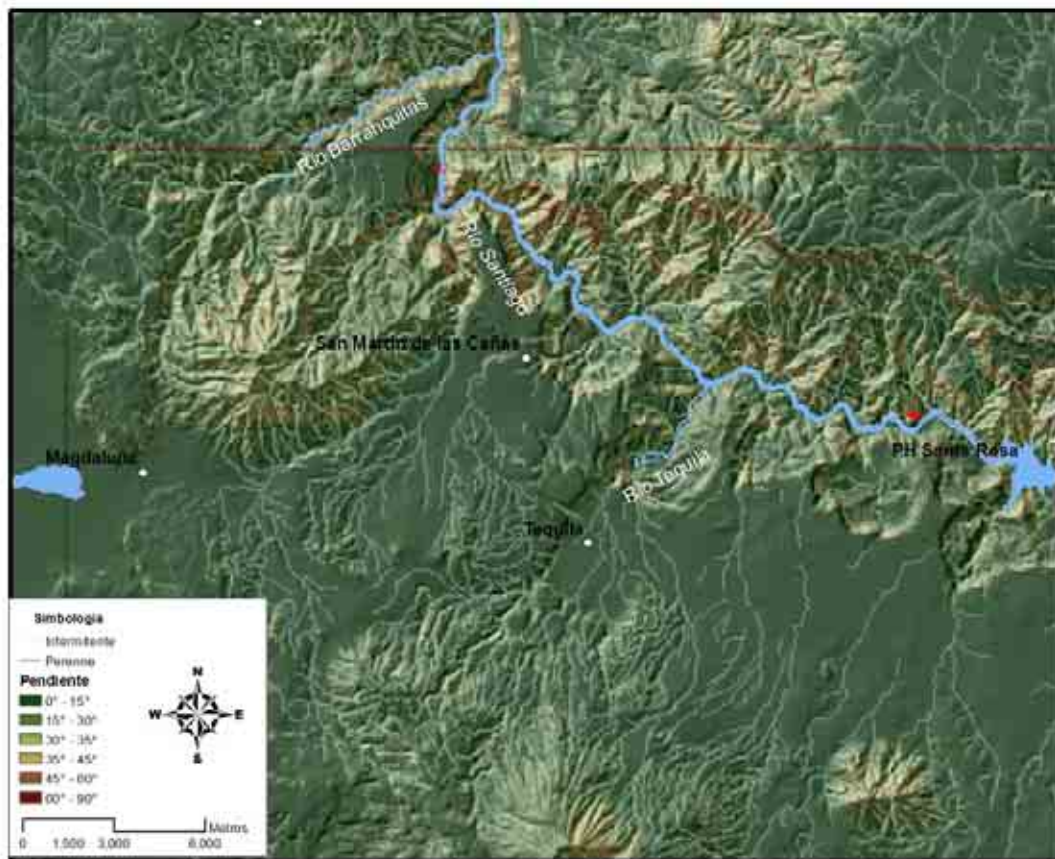
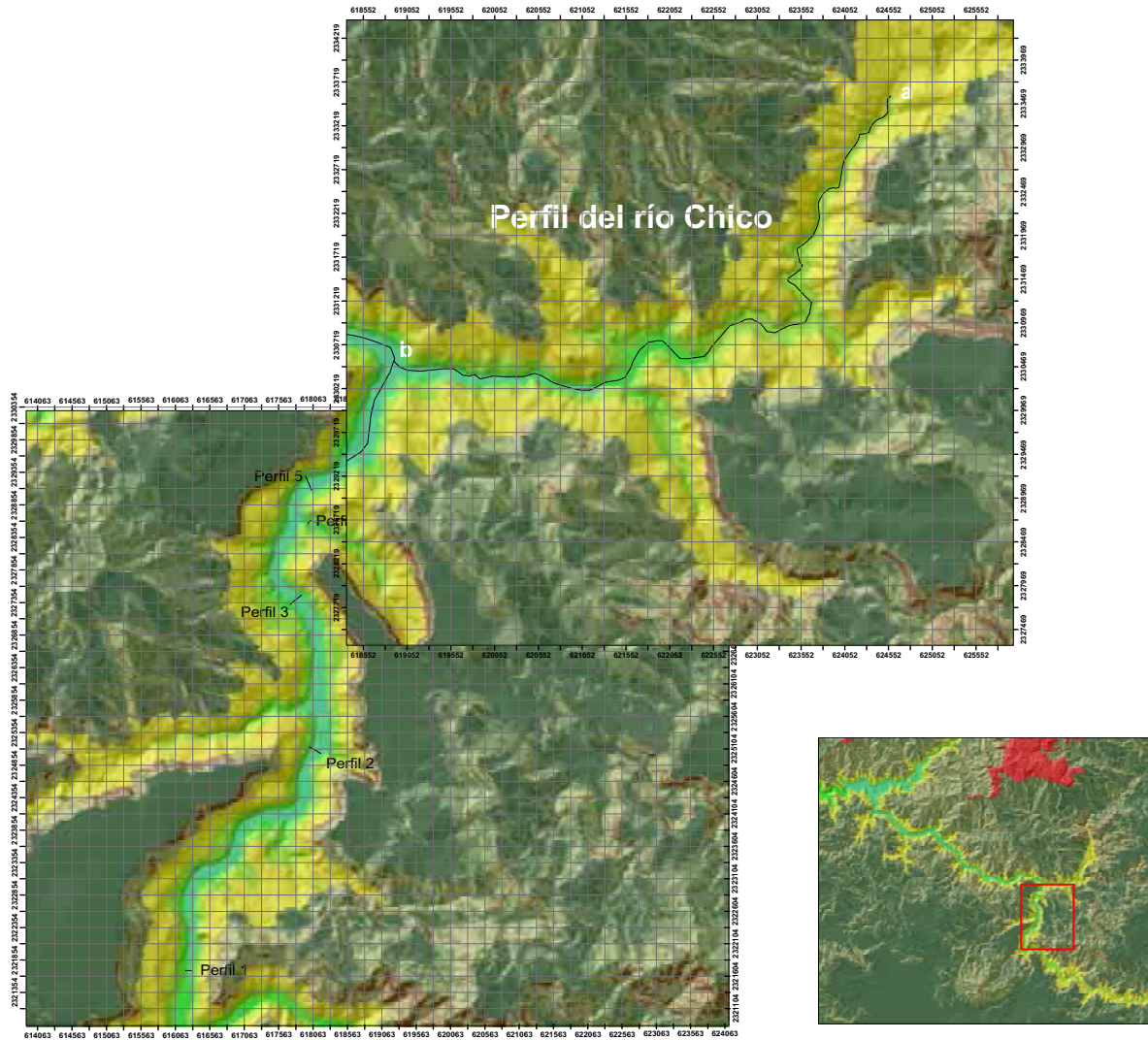


Figura 23. Valles de los cursos de agua que desembocan en el Río Santiago aguas abajo de la presa de Santa Rosa y hasta la confluencia con el Río Barranquitas.

Los valles de los cursos de agua intermitentes que descargan en el Río Santiago aguas debajo de la desembocadura del Río Chico y hasta la confluencia con el Río Bolaños presentan elevada pendiente y gran capacidad de transporte de sedimentos. La diferencia de relieve se acentúa a menor distancia del nivel de base de erosión local que representa el cauce del Río Santiago. Los caminos y obras de infraestructura construidos

en este sector frecuentemente disparan procesos erosivos y de retransporte de rocas y sedimentos. A su vez, los caminos sufren daños típicos por remoción en masas puntual, por erosión y por depositación de material en su trazo, como resultado del transporte hídrico desde ladera arriba.



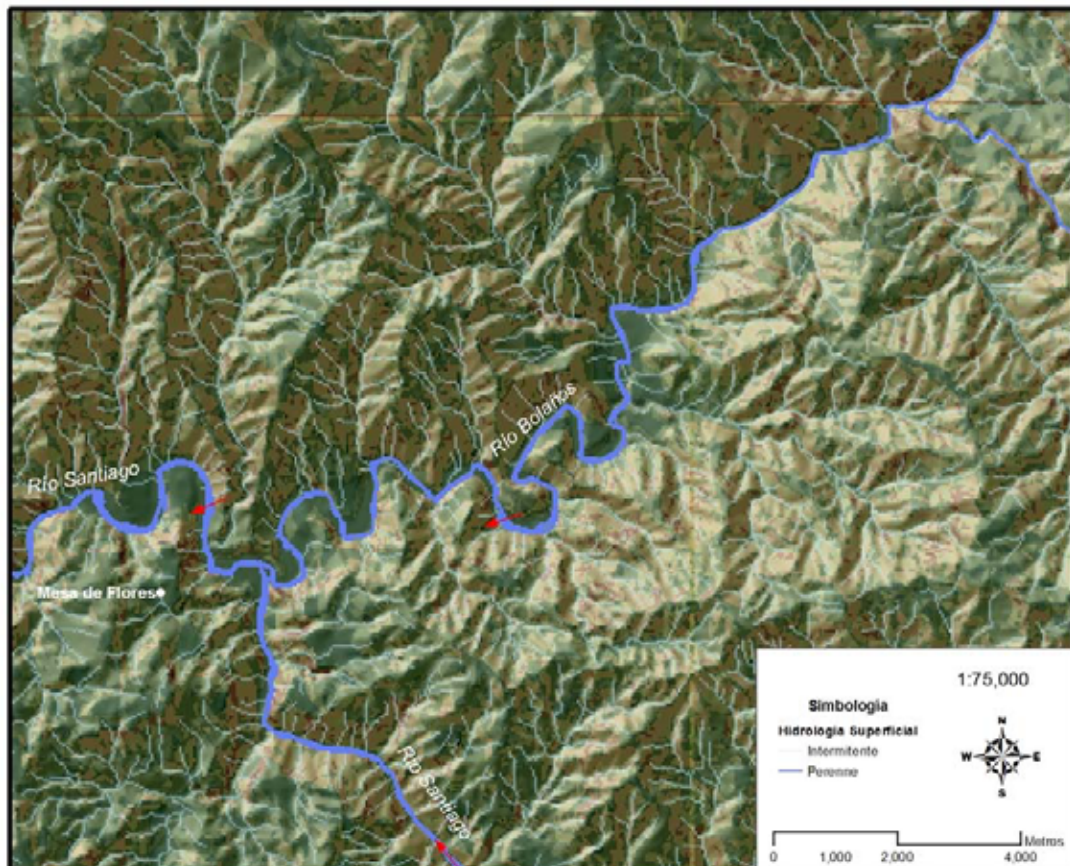
**Figura 24.** área de estudio del medio físico y natural de confluencia de los Ríos Barranquillas y Chico con el Santiago. Detalle de los relieves mesetiformes remanentes, ya disecados por la erosión fluvial.

La combinación de la elevada energía del paisaje, el régimen de precipitaciones y los frecuentes valles profundos resultantes de la reactivación sucesiva del proceso erosivo fluvial, hacen difícil el acceso humano a la región. El aislamiento de la zona de estudio es particularmente notorio para la margen derecha del Río Santiago. Históricamente se han construido con dificultad accesos – caminos y puentes – sólo hasta localidades donde existieron denuncias mineras. El cruce del Santiago, además, se dificulta por su régimen estacional y desde la construcción de la Presa de Santa Rosa, por las variaciones diarias y relevantes de su caudal relacionadas con las descargas por turbinaje.

Las condiciones del paisaje geomorfológico, en particular, generaron una condición relativa de aislamiento de la cuenca del Río Chico. Esta sección del territorio presenta una baja actividad antrópica e impacto. El área de Mesa de Flores y el área donde se construiría la cortina y las obras de conducción, por el contrario, fueron impactadas desde el desarrollo de actividad minera en la zona y como resultado de la mayor accesibilidad por la presencia del camino Hostotipaquillo - La Yesca. Este camino tiene grandes tramos de su trazo construidos por sectores de menores relieves relativos y menor energía de relieve que los existentes en el resto de la zona de influencia del proyecto.

#### **IV.2.1.4.1 Geomorfología del Área Projectada Para Obras de Cortina y Principales Obras de Ingeniería Civil**

Aguas debajo de la confluencia de los Ríos Santiago y Bolaños en el sector de la boquilla del PH La Yesca, el curso del Río Santiago presenta una combinación de rasgos de diseño del tipo meandros encajonados y tramos rectilíneos controlados por estructuras geológicas lineales. Los meandros encajonados son geformas más típicas del diseño del fondo del cajón del bajo Río Bolaños, que indicarían períodos de mayor estabilidad en la tasa de ascenso tectónico en la cuenca. El Río Bolaños, tributario al Río Santiago, desemboca a 4 km aguas arriba del área de la boquilla, presentando en su cauce un relieve en etapas de reactivación tectónica paulatina que se manifiesta por la presencia de meandros y terrazas aluviales antiguas (figura 25).

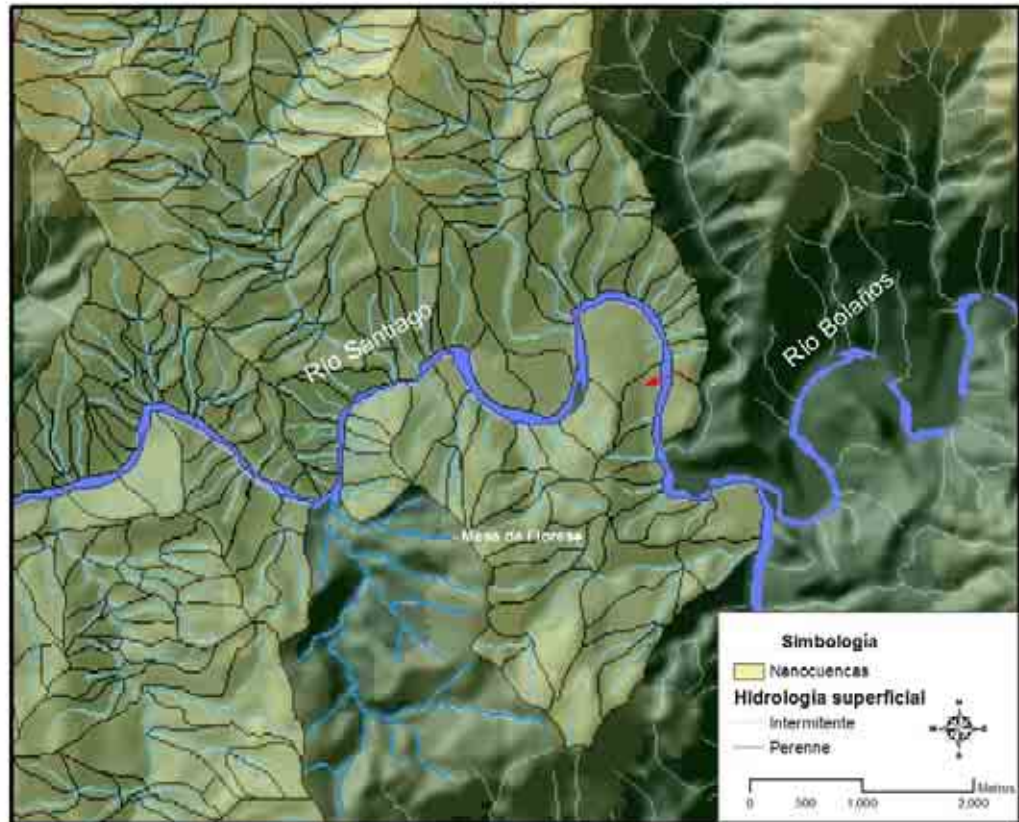


**Figura 25. Diseño del cauce del Río Bolaños tipo meandros encajonados en el área de**

**confluencia con el Santiago.**

Los grandes escarpes del cañón del Río Santiago representan superficies de erosión con etapas de levantamientos rápidos, sobre todo en su margen derecha. El valle profundo y el cauce actual han sido labrados en su mayor parte en rocas ígneas con un relieve joven. La figura 25 ilustra el resultado de estos procesos en un paisaje cerril muy accidentado.

El área evaluada presenta un relieve relativo de pendientes muy marcadas hacia el Río Santiago, que representa el nivel de base de erosión local. La red de drenaje es dendrítica con cursos de agua principales con lineamientos subparalelos por control estructural. Sobre las laderas de elevada pendiente se desarrollaron con densidad media, cursos de agua superficial de primer a tercer orden, de orientación predominante cercana al N-S, NNE-SSO, NNO-SSE y E-O como orientación subordinada. Las cuencas de captación relativamente pequeñas (ver figura 26).



**Figura 26. Imagen ilustrando superficie promedio de las nanocuenas de primer orden en la zona propuesta para las obras de la cortina.**

Localmente, en la zona de obras principales y cortina, el parteaguas de margen derecha sufre una bifurcación a partir de un valle fluvial antes de alcanzar el Río Santiago, formando dos espolones entre los que se encuentran los ejes de Juanepanta y La Yesca propuestos. El primero de ellos se localiza aguas arriba del eje La Yesca, sufre una inversión del relieve perdiendo su saliente positiva y continua con una depresión que ha sido ocupada por la trayectoria del Río Santiago. El segundo, localizado aguas abajo del antiguo eje Juanepanta, también está sujeto al mismo fenómeno que el anterior, siendo su continuación el arroyo Juanepanta,

donde precisamente el cauce del Río Santiago cambia su curso bruscamente de N-S a NW-SE, dejando a su paso los depósitos de acarreo en la parte externa de la curva de su cauce. Estos cambios estarían asociados con la tectónica de la región, que ha provocado lineamientos estructurales bien definidos.

Descriptivamente, la zona de boquilla presenta elevadas pendientes y energía de relieve, condiciones geomorfológicas propias de áreas cerriles, accidentadas, conformadas por la dinámica erosiva del Río Santiago, sus afluentes de la cuenca propia y así como el escurrimiento superficial canalizado en el área.

En la escala local, se pueden identificar las siguientes geoformas

- Cauces de los ríos y cañones.- los que se caracterizan por taludes casi verticales donde los ríos van encajonados.
- Vertientes.- que se distribuyen a ambos lados de las márgenes del río, y que pueden ser vertientes simples cuando se trata de un solo escurrimiento que drena al río o compuestas, cuando son varios escurrimientos que forman otra corriente que drena al río. En estas áreas de vertientes se llegan a presentar, localmente, áreas con pendiente menos escarpada pero de poca superficie.
- Crestas o parteaguas.- que se distribuyen en las partes altas de los lomeríos (cerros) y serranías que son áreas cóncavas que sirven para la distribución superficial del agua hacia un sentido u otro.
- Cantiles.- Corresponden a esas paredes a plomo que se forman por desprendimientos o desplomes debido a efectos de la gravedad (procesos gravitacionales) que se distribuyen a ambas márgenes de la barranca y que marcan el límite en su parte alta con las tierras menos abruptas.
- Se registran, además, geoformas de procesos de reptaje del material suelto resultante de la meteorización fisicoquímica de rocas ígneas y abundantes procesos de remoción en masa de pequeña escala, con mediana participación del agua y matriz poco seleccionada.

#### **IV.2.1.4.2 Susceptibilidad de la Zona de Estudio del medio físico y natural a Procesos de Remoción en Masa Escala Puntual**

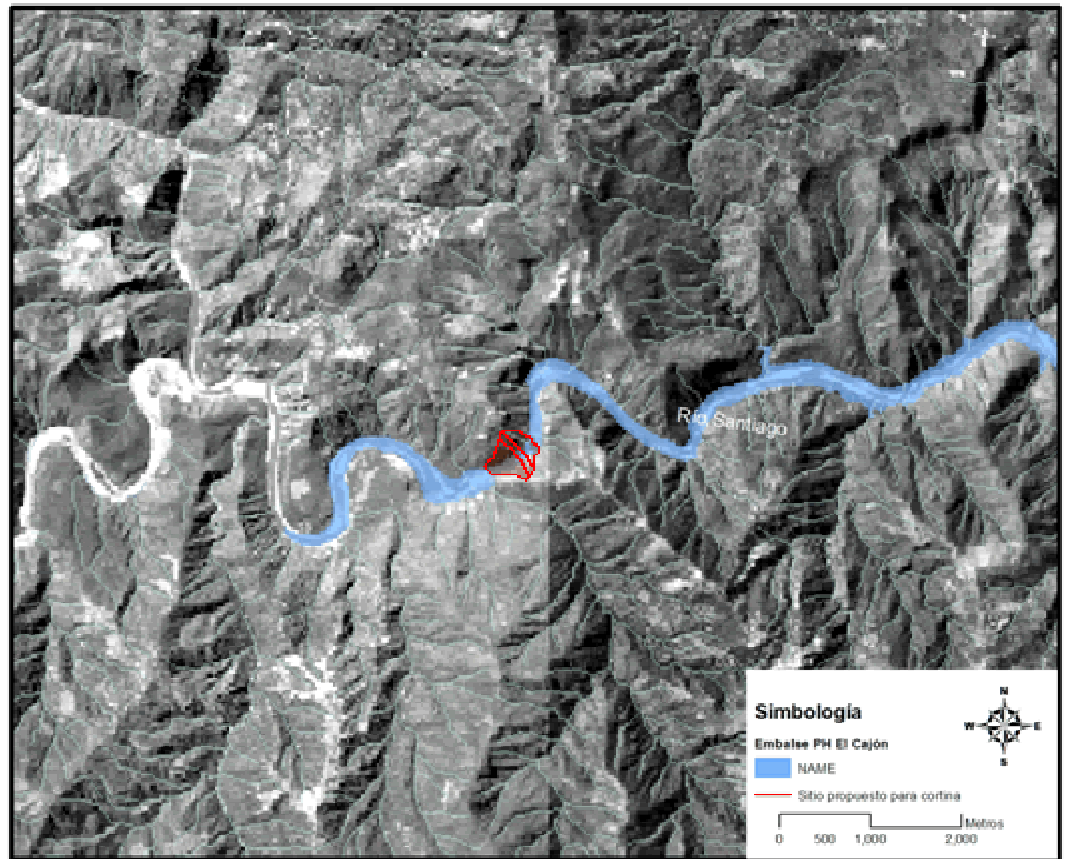
El territorio analizado presenta susceptibilidad relevante a procesos de erosión de sedimentos y remoción en masa puntuales, incluyendo a los procesos normalmente conocidos como deslizamientos y derrumbes. Como se ha descrito en capítulos anteriores, la combinación de procesos tectónicos en la historia geológica del área y los intensos procesos exógenos desde el pleistoceno hasta la actualidad han permitido la formación de un paisaje dominante fluvial de gran relieve relativo, con un valle principal dominante del Río Santiago.

La frecuencia de pendientes mayores a los 45 grados en gran parte del de estudio del Medio Físico y Natural (figura 48) y rocas meteorizadas física y químicamente favorecen el desarrollo de procesos de remoción en masas y de erosión / depositación local de suelos y sedimentos finos a muy gruesos. La remoción en masa incluye fenómenos de transporte sedimentario controlados por la gravedad y con variable participación del agua en su



matriz. En el área de estudio del medio físico y natural de influencia del proyecto se han identificado fenómenos descritos como caída de roca, deslizamientos y asentamientos.

Con menor predominancia se han registrado pequeños flujos con participación del agua saturando el material removido. Las caídas de roca se presentarán al afectarse el material de soporte de las rocas ya sea por erosión, alteración, pérdida de estabilidad, sismicidad y otros factores disparadores. Los deslizamientos se presentan mayormente en temporada de lluvias por la saturación de sedimentos en pendientes elevadas y la generación de una superficie de arranque en el contacto entre talud/roca. El alto relieve relativo del área de estudio del medio físico y natural del proyecto y las intensas precipitaciones pluviales, favorecen la generación de procesos de remoción en masa bajo la acción de la gravedad en sitios donde las obras antrópicas o la saturación temporal modifica el ángulo crítico de reposo. En el área de estudios geológicos para las obras principales del PH La Yesca existen caminos de antigua prospectiva geológica y denuncios mineros que han favorecido procesos de remoción en masa y redepósito de sedimentos. Las caídas de rocas pueden ser disparadas durante las obras constructivas desde afloramientos de rocas meteorizadas físicamente o en pendientes negativas pronunciadas.

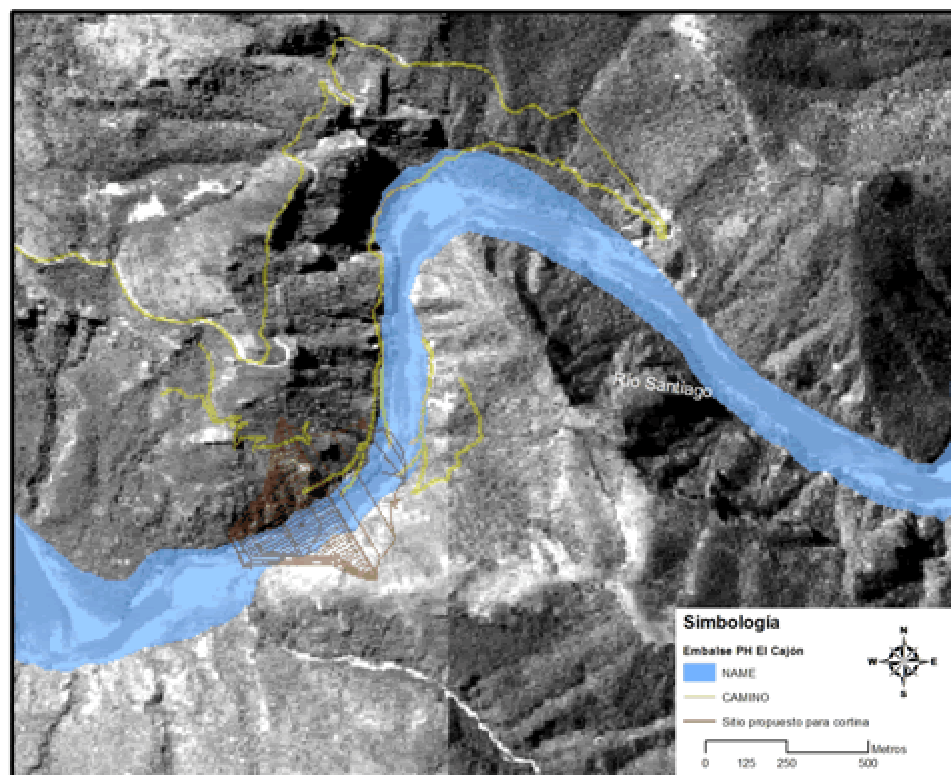


**Figura 27** Detalle del relieve y posición del futuro embalse de El Cajón sobre ortografía orientado al Sur.

Los procesos de remoción en masa cubren los suelos existentes y

modifican intensamente la cobertura vegetal, la anidación y la fauna de reducida movilidad en su zona de arranque y en su trayectoria pendiente abajo. Por los volúmenes involucrados y el potencial de removilización de los depósitos, la alteración del paisaje tiene un efecto a largo plazo. Cuando el volumen involucrado en un proceso de remoción en masa es importante, puede incluso haber endicamiento de cursos de agua y alteración de manantiales. Los caminos de acceso modifican las pendientes y el ángulo de reposo de las rocas aflorantes y depósitos de talud pendiente arriba. A su vez los deslizamientos y caídas de rocas pueden generar afectaciones graves a los caminos y a la red de drenaje local, tales como obstrucción o bien, pueden depositarse sobre el camino mismo destruyendo una parte de éste. Los flujos de pequeña escala se pueden generar a partir de los depósitos de material excavado y redepositado cuando se saturan con posterioridad a precipitaciones intensas.

Las caídas de rocas y deslizamientos identificadas en el área de estudio del medio físico y natural afectan áreas de unidades de hectárea o menos. En la zona de la boquilla, y como ejemplo local, una zona de alto riesgo de erosión se habría generado en la confluencia de un sistema de fallas en la ladera derecha, inmediatamente aguas debajo de la posición del eje La Yesca (figura 28). Sobre este depósito original se conformaron suelos actuales. En esa misma figura se observan las principales discontinuidades, con énfasis en los sistemas de fallas que afectan al área de estudio del medio físico y natural del proyecto.



**Figura 28. Zona de riesgo de erosión en ladera derecha aguas abajo del sitio propuesto para la cortina (con nivel máximo del embalse próximo futuro de PH El Cajón) sobre ortofotografía orientado al Sur.**

Se registran frecuentes fenómenos de derrumbes en las laderas de mayor

pendiente de los valles de afluentes que descargan en la margen derecha del Río Santiago, aunque de baja relevancia en cuanto al riesgo a equipamiento y personal durante la ejecución de las obras y alta relevancia en la modificación del paisaje local. Las obras asociadas a la construcción del PH La Yesca pueden disparar fenómenos localizados de remoción en masa si éstas alteran ángulos de reposo o favorecen la saturación del plano de contacto entre el derrubio y rocas menos alteradas.

#### **IV.2.1.5 Suelos**

Para el caso del recurso suelo, se refiere a las características y propiedades que presenta en estado natural y que fueron determinadas durante la fase del trabajo de campo a través del análisis morfológico de los perfiles del suelo descritos y del análisis de laboratorio para las muestras de los horizontes del suelo colectadas.

Profundidad del suelo, horizontes del suelo, color, textura, estructura, consistencia, pedregosidad, contenido de materia orgánica, pH, etc, son características y propiedades del suelo utilizables para determinar la línea de base o situación actual, ya que son condiciones que determinan la clasificación del suelo ó su capacidad para soportar plantas.

Como Unidades Ambientales, se están considerando las Asociaciones de las Unidades de Suelos identificadas como resultado de los análisis morfológicos y de los análisis de laboratorio que como se ha descrito en el apartado de Descripción de la Unidades de Suelos fueron seis: Leptosol lítico, Leptosol mólico, Feozem háplico, Feozem calcárico, Vertisol eutrico y Luvisol crómico.

##### **IV.2.1.5.1 Metodología de la FAO 1954, Determinación de la erosión actual del suelo**

Esta metodología establece criterios para determinar los niveles de erosión actual de los terrenos, considerando un perfil representativo de condiciones de sitio estables, donde la erosión del suelo se considera como normal (según el tipo y profundidad del suelo, con pérdidas menores de 2.0 cm de espesor), La metodología comprende cinco etapas, que se enuncian a continuación:

#### **Fase de Reconocimiento.**

Se emplean imágenes de satélite, con las que se inicia un reconocimiento del área, considerando el comparativo con imágenes de épocas anteriores y se seleccionan sitios representativos de las áreas, para el muestreo de campo. Se genera carta de dinámica de la vegetación.

#### **Fase de Identificación**

Se parte de la delimitación de microcuencas y regiones fisiográficas, estableciendo los sitios de muestreo; se toma en cuenta la frecuencia y superficie ocupada por las unidades cartográficas de dinámica vegetal.

#### **Análisis Sistemático**

Se concreta el análisis de la información de campo y se clasifican las áreas de muestreo, tomando como base las clases de erosión de FAO, 1954. El marco de muestreo lo darán las microcuencas y las regiones fisiográficas, a partir de una dinámica vegetal por área de muestreo.

### Clasificación de las unidades cartográficas

Con el análisis sistemático de las áreas muestreadas, se realiza extrapolación de la clasificación de erosión actual, al resto de las unidades con dinámica vegetal homogénea, conforma al marco de muestreo establecido.

### Determinación de áreas y niveles de erosión actual del suelo

Se emplea el SIG, con la finalidad de estandarizar procedimientos de cálculo de superficies y valores de clase de erosión; depuración de la información, eliminando áreas no cartografiadas a la escala de edición.

Sistema de Clasificación de la Erosión (FAO,1954).

**Tabla 5. Sistema de Clasificación de la Erosión (FAO,1954).**

CLASE	NOMBRE DE LA CLASE	DEFINICION DE LA CLASE
A	Erosión no manifiesta	La capa superficial del suelo se ha perdido en menos del 25% pero se admite un 10% de la superficie del área con grado de erosión B o C.
A/B	Erosión leve	La capa superficial del suelo se ha perdido en menos del 25% pero se tiene de un 10% a un 25% de la superficie del área con erosión B o C.
B	Erosión moderada	La capa superficial del suelo se ha perdido de un 25% a un 75% pero se admite de un 10% de la superficie del área con erosión A o C.
B/C	Erosión severa	La capa superficial del suelo se ha perdido de un 25 al 75% pero se tiene de un 10 a un 25% de la superficie del área con erosión A o C.
C	Erosión muy severa	La capa superficial del suelo se ha perdido en un 75% y se admite un 25% de la superficie del área con erosión A o B.

Se puede emplear también la metodología de FAO Provisional Methodology of soil degradation assessment, 1979; la que es empleada con fines comparativos en la determinación de las pérdidas de suelos de una región determinada. Este método junto con el anteriormente descrito, estiman el grado de pérdida de suelos por erosión.

#### IV.2.1.5.2 Grado de Erosión del Suelo

El riesgo de erosión se estimó aplicando la ecuación universal de pérdidas de suelo (EUPS) de Wischmeier y Smith (1979) modificada, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$E = (R) (K) (LS) (C) (P)$$

Donde:

- E.- Pérdida de suelo (Ton/ha/año).
- R1.- Erosividad de la lluvia (Mj/mm/ha/hr/año).
- K.- Erodabilidad del suelo (Ton/ha/Mj/mm/).
- L.- Longitud de la pendiente (m).
- S.- Grado de pendiente (%).
- C.- Cubierta vegetal (Adimensional).
- P.- Práctica de conservación del suelo (Adimensional).

La ecuación es modificada debido a que se requieren datos de intensidad de la lluvia, los que no se cuenta con ellos, ya que las estaciones termopluviométricas de la zona, no cuentan con aparatos registradores; por lo que empleamos la modificación propuesta por FAO (1979), donde R1 (Arnoldus, 1977) es equivalente a R de Wischmeier, cuya fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$R1 = \frac{\sum Pi^2}{P}$$

Donde:

- R<sub>1</sub>.- Erosividad de la lluvia (Ton/ha/año).
- $\sum Pi^2$ .- Sumatoria de los cuadrados de las precipitaciones medias mensuales.
- P.- Precipitación media anual.

El índice de erosividad o R1, es clasificado por FAO (1979) y expresa la agresividad de la lluvia para ocasionar erosión del suelo, generando pérdidas que quedan definidas dentro de los rangos señalados:

0-50	50-500	500-1000	> 1000
Ligera	Moderada	Alta	Muy alta

Para obtener el valor de R1 de la zona de estudio, se tomaron en cuenta las estaciones meteorológicas más cercanas a ésta, que fueron las estaciones 14-122 Paso La de la Yesca y 14-093 Presa Santa Rosa en Jalisco, con períodos de datos consecutivos mayores a 21 años.

Estaciones meteorológicas 14-122 Paso La de la Yesca y 14-093 Presa Santa Rosa

### Datos de Lluvia (mm) media mensual y anual

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Estación Paso de la Yesca												
9,0	4,0	6,5	7,3	14,3	135,5	239,6	184,0	117,7	39,3	8,6	8,6	774,3
Estación Presa Santa Rosa												
12,0	6,1	7,1	11,6	24,0	152,9	240,0	239,4	144,8	53,7	10,0	11,7	913,2

El valor de R1 estimado, considera la lluvia anual 774,3 mm y 913,2 respectivamente; por lo tanto el resultado para R1 = 162.16 ton/ha/año para la zona de Paso de la Yesca mientras que para Presa Santa Rosa es de 178,84 ton/ha/año. Esto significa que la erosividad de la lluvia se califica como “Moderada”.

### K.- Erodabilidad del suelo (Ton/ha/Mj/mm/).

El factor K, de erodabilidad del suelo (susceptibilidad de éste a la erosión por la lluvia), en la EUPS es una descripción cuantitativa de la susceptibilidad de determinado suelo, a ser erosionado. Este factor refleja el hecho de que diferentes suelos se erosionan a diferentes tasas cuando los demás factores que afectan la erosión son los mismos. Las propiedades del suelo que afectan las tasas de infiltración, como permeabilidad, capacidad hídrica total, dispersión, abrasión y fuerza de transporte también afectan la erodabilidad. Para un suelo determinado, el factor erodabilidad del suelo (K) es la tasa de erosión por unidad de índice de erosión.

Para la determinación del Factor K de los suelos del área de estudio del medio físico y natural de estudio, lo primero que se realizó en laboratorio de suelos, fue la determinación de la granulometría del horizonte “A” de cada uno de los perfiles tomados como referencia para el área de estudio del medio físico y natural y sitio de la boquilla. Se procedió al tamizado de cada una de las muestras obtenidas de los perfiles de suelos, empleando para ello los tamices de mallas No 4, 10, 40 y 200, con el fin de separar las arcillas y los limos de las arenas finas y gruesas; la cantidad de suelo tamizado por muestra fue de 500 gr cada una, ya tamizado, se procedió a pesar cada uno de los materiales retenidos por los diferentes tamices, separando las arenas finas y gruesas así como los limos y las arcillas, después se procedió a estimar el porcentaje del peso parcial, respecto del peso original de la muestra (500 gr), por ejemplo:

Determinación granulométrica para una muestra de suelo Perfil 1 Leptosol lítico

PESO DE LA MUESTRA	MALLA TAMIZ	PESO PARCIAL	PESO EN %
500.00 gr	4	236,74	47,34
	10	54,75	10,95
	40	70,56	14,11
	200	103,81	20,76
	Residuo	34,12	6,82
<b>Total:</b>		<b>500,00</b>	<b>100,00</b>

El siguiente paso para determinar la erodabilidad del factor K es sumar los porcentajes obtenidos de las muestras retenidas en los tamices 40 y 200, los cuales representan el porcentaje de arenas de tamaño 0.10-2.0mm (mitad de la arena muy fina, arena fina y la mitad de la arena mediana); mientras que en el caso de las partículas que pasan por el tamiz de malla 200, corresponden a las arcillas, limos y la mitad de la arena muy fina cuyos datos son claves para determinar dicho factor. Con estos datos se entra al cuadro y Nomograma para suelos continentales de los estados unidos, (ARS, 1995), en dicho cuadro también intervienen la cantidad de materia orgánica (determinada por el laboratorio de suelos), la estructura y la permeabilidad (datos de campo) de la muestra analizada.

#### **L.- Longitud de la pendiente (m).**

Los efectos de longitud y el gradiente de la pendiente se representan en la EUPS como L y S, respectivamente; sin embargo, a menudo se evalúan como un factor topográfico único, LS. La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante como para que ocurra la deposición o hasta que la escorrentía entra en un canal definido. Este factor LS se maneja en porcentaje, considerando la longitud de la pendiente del sitio muestreado.

#### **Factor de manejo de cultivos o cobertura vegetal, C**

El factor de manejo de cultivos o cobertura vegetal, representa la relación de pérdida del suelo a partir de una condición específica de cobertura vegetal en estado natural o inducida, o de cultivo con la pérdida del suelo a partir de un estado de labranza y barbecho continuo para el mismo suelo, pendiente y precipitación pluvial del área. Este factor incluye los efectos interrelacionados de la cubierta, la secuencia de cultivos, el nivel de productividad, duración de la estación de crecimiento, prácticas de cultivo, manejo de residuos y distribución de la precipitación pluvial.

Para el cálculo del factor C es necesario tomar en cuenta el uso actual del suelo en que se encuentra el sitio de muestreo, obteniendo así diferentes resultados según sea el uso de suelos encontrado. En esta ocasión se tomó en cuenta la tabla de valores de C para terrenos no alterados y la correspondiente a pastizales.

Ejemplo de cálculo de la pérdida actual del suelo, en el PERFIL No. 15 que representa a los Feozem:

Definición de Factores:

R= 178,84; K= 0,02; Ls = 13 (T.N.); C = 0,10 Selva baja cad.

Características del Factor (K):

L+R+A muy fina = 8,8 % Fina + A media = 23,48 % Contenido M.O. = 7,11%



Estructura Granular media. Permeabilidad Rápida.  $K = 0.02$ ;

**Resultando:**

**Erosión Potencial.-** Definida como la pérdida de suelo esperada bajo condiciones específicas sin control de ninguna especie. (Durante el proceso de extracción de los bancos de material geológico y durante la construcción de la cortina de la presa, la pérdida de suelo será igual o mayor que ésta)

Erosión Potencial = 46,49 Ton/ha/año.

**Erosión Actual.-** Se define como la pérdida de suelo estimada bajo las condiciones de cubierta vegetal actual del sitio. Durante la etapa de construcción de la cortina, éste tipo de erosión será igual a la erosión potencial, por lo que se deberán de generar propuestas de mitigación del impacto.

Erosión Actual = 4,64 Ton/ha/año.

**Riesgo de Erosión.-** Definido como la pérdida de suelo esperada bajo las condiciones de prácticas de conservación del suelo. En este caso, no se tendrán actividades relacionadas con el proyecto de construcción o el área de embalse, por lo que el riesgo de erosión será igual a la erosión actual.

Riesgo de Erosión = 4.64 Ton/ha/año.

En el cuadro a continuación, se presentan los datos de los factores y su calificación, para cada una de las muestras de perfiles representativos, que se encuentran en las diferentes condiciones topográficas de los sitios y con sus características físicas particulares:

**Tabla 6 Riesgo de erosión del suelo para el área de estudio del medio físico y natural del PH La Yesca, Nay.**

Unidad de Suelo Perfil Modal	Factor K										Factor LS			Factor C		Factor P	
	Finos	Arena	M.O.	Estruc.	Perme.	Califica	Longitud	S%	Califica	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación		
Feozem c. P-10	5.68	62.29	2.13	4	3	0.08	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-7	4.09	31.39	5.52	3	1	0.02	300	26.0	19.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-14	2.16	38.32	6.55	3	1	0.02	300	26.0	5.7	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-13	2.92	34.80	8.42	3	1	0.02	300	21.0	13.0	0.09	0.09	0.0					
Feozem h. P-51	3.39	26.28	6.83	4	1	0.02	300	21.0	13.0	0.09	0.09	0.0					
Feozem h. P-49 a	28.26	67.19	0.96	3	5	0.24	300	8.0	3.0	0.09	0.09	0.0					
Feozem h. P-41	1.85	41.15	7.27	3	3	0.07	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-24	7.6	41.6	6.55	4	1	0.025	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-43	11.58	28.6	5.38	3	1	0.02	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-15	8.8	23.48	7.11	3	1	0.02	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-17	0.96	24.02	4.34	3	1	0.02	300	21.0	13.0	0.09	0.09	0.0					
Feozem h. P-39	2.67	36.92	6.0	2	1	0.02	300	21.0	13.0	0.09	0.09	0.0					
Feozem h. P-57	2.85	28.61	3.03	4	3	0.05	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-42	15.39	65.64	3.13	4	1	0.08	300	26.0	19.0	0.09	0.09	0.0					
Feozem h. P-25 a	6.15	47.07	9.47	4	3	0.07	300	16.0	9.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-25	4.09	54.48	9.43	4	3	0.07	300	21.0	13.0	0.62	0.62	0.0					
Feozem h. P-37	3.35	46.81	3.10	2	1	0.02	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-36	1.37	39.22	7.94	2	1	0.02	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem h. P-12	4.33	43.84	5.51	2	3	0.07	300	26.0	19.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem c. P-10 a	8.29	70.63	1.28	4	1	0.05	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem c. P-30	12.11	59.28	6.37	4	3	0.10	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Feozem c. P-29	1.26	29.16	2.8	4	3	0.07	300	16.0	9.0	0.10	0.10	0.0					
Leptosol l. P-1	6.82	34.87	3.74	4	2	0.37	500	50.0	10.0	0.39	0.39	0.0					
Leptosol l. P-2	5.97	43.40	6.97	2	2	0.025	300	26.0	19.0	1.10	1.10	0.0					
Leptosol m. P-45	3.28	11.2	7.25	3	1	0.02	300	26.0	19.0	0.10	0.10	0.0					
Luvisol o. P-56	6.61	32.3	1.86	4	3	0.07	300	26.0	19.0	0.10	0.10	0.0					
Luvisol o. P-26	5.32	46.28	1.83	4	3	0.08	300	21.0	13.0	0.10	0.10	0.0					
Vertisol e. P-28	14.02	50.68	6.21	4	3	0.10	300	3.0	0.6	0.62	0.62	0.0					

Factor K.- Corresponde a la granulometría requerida por el método y a características edáficas como contenido de materia orgánica (MO), estructura y permeabilidad del suelo.

Factor LS.- Se refiere a la característica del grado de pendiente (S) y la longitud de la pendiente (L).

Factor C.- Corresponde al tipo de cubierta vegetal presente en el sitio de observación.

Factor P.- Es empleado cuando se realizan prácticas de conservación de suelos. Para el caso de la estimación (0.18\*), cuando se restaure el sitio de la boquilla.

**Los Resultados obtenidos para los diferentes sitios de muestreo, difieren principalmente por las fuertes pendientes y en menor proporción debido a la cobertura vegetal ya que los lugares muestreados presentaron usos de selva baja caducifolia en su mayoría y que no presentan alteración y, enseguida pastizales inducidos con superficies pequeñas y algunos predios con actividad agrícola.**

Una vez que se obtuvieron datos de laboratorio de suelos y se estimaron los valores para determinar el riesgo de erosión y la erosión actual, se realizaron estimaciones para generar grupos de pendientes y relieve, dentro del área de estudio del medio físico y natural; resultando seis grupos de pendientes dominantes, los que se describen a continuación:

**Plano a ligeramente ondulado.-** Presente en márgenes de los ríos Grande de Santiago y Bolaños, que corresponde a playones arenosos y meandros estabilizados conformados por conglomerados y materiales aluviales; las pendientes medias son menores del 5%, por lo que el factor es  $L_s = 0,57$ .

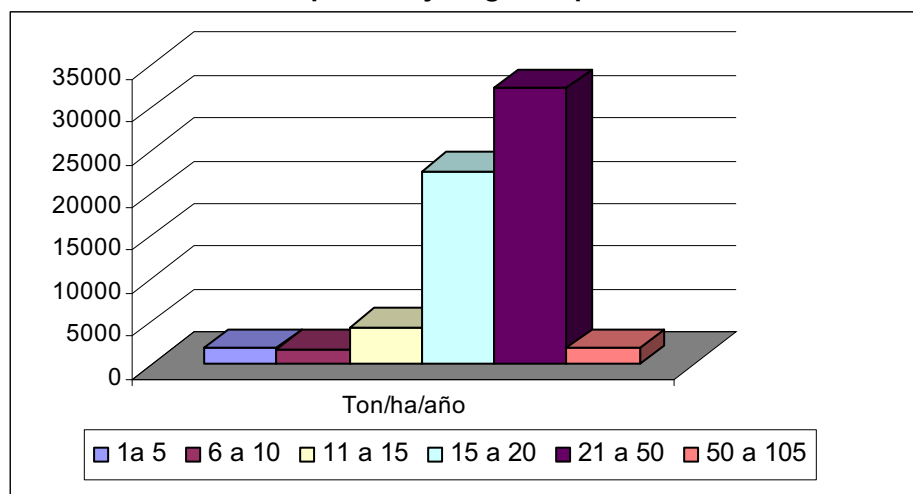
**Mesetas y cimas onduladas.-** Corresponde a cimas de cerros, mesetas y pequeñas terrazas de río, con pendientes medias menores al 10%, siendo el factor  $L_s = 1,8$ .

**Relieve Muy ondulado.-** Donde se desarrollan suelos en laderas onduladas, lomeríos, cerros y parte de los cañones de los ríos Santiago y Bolaños con pendientes medias del 11 a 20%; por lo que el resultado del factor es  $L_s = 9,0$

**Relieve Quebrado.-** Se presenta en ambas márgenes del río Santiago y corresponde a las vertientes del cañón, con pendientes medias del 20 al 25% y del 26 al 30% por lo que el factor  $L_s = 10,0$ .

**Relieve Escarpado.-** Al igual que el relieve anterior, se presenta en ambas vertientes del cañón del río Santiago, son las áreas más pronunciadas, con cortes casi verticales por lo que las pendientes medias son mayores del 30% y el factor  $L_s = 17,5$ .

Gráfica 1 Superficies y rangos de pérdidas de suelos



El plano de riesgo de erosión presenta la distribución de los niveles de erosión presentes en el área de estudio del medio físico y natural, es importante señalar, que el área regional manifiesta un alto impacto en el uso del suelo; el plano citado muestra seis grupos de riesgo de erosión actual.

En seguida se presenta el cuadro que muestra resultados de erosión potencial, erosión actual y riesgo de erosión de las unidades de suelos presentes en el área de estudio del medio físico y natural; en donde se toman en cuenta los grupos de pendiente antes mencionados.

**Tabla 6 Erosión de suelos para el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, Nay.**

Unidad de Suelos	Relieve Dominante	Pendiente (%)	Erosión Potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual (ton/ha/año)	Riesgo de Erosión (ton/ha/año)
Feozem c. P-10	Quebrado	21,0	168,64	16,86	0,0
Feozem h. P-7	Quebrado	26,0	61,62	6,16	0,0
Feozem h. P-14	Muy Ondulado	12,0	18,48	1,84	0,0
Feozem h. P-13	Quebrado	21,0	42,16	3,79	0,0
Feozem h. P-51	Quebrado	21,0	46,49	4,18	0,0
Feozem h. P-49 a	Mesetas	8,0	128,76	11,58	0,0
Feozem h. P-41	Quebrado	21,0	162,74	16,27	0,0
Feozem h. P-24	Quebrado	21,0	58,12	5,81	0,0
Feozem h. P-43	Quebrado	21,0	46,49	4,64	0,0
Feozem h. P-15	Quebrado	21,0	46,49	4,64	0,0
Feozem h. P-17	Quebrado	21,0	46,49	4,18	0,0
Feozem h. P-39	Quebrado	21,0	46,49	4,18	0,0
Feozem h. P-57	Quebrado	21,0	105,40	10,54	0,0
Feozem h. P-42	Quebrado	26,0	271,83	24,46	0,0
Feozem h. P-25 a	Muy Ondulado	16,0	112,66	11,26	0,0
Feozem h. P-25	Quebrado	21,0	165,06	102,34	0,0
Feozem h. P-37	Quebrado	21,0	46,49	4,64	0,0
Feozem h. P-36	Quebrado	21,0	46,49	4,64	0,0
Feozem h. P-12	Quebrado	26,0	215,67	21,56	0,0
Feozem c. P-10 a	Quebrado	21,0	105,40	10,54	0,0
Feozem c. P-30	Quebrado	21,0	232,49	23,24	0,0
Feozem c. P-29	Muy Ondulado	16,0	112,66	11,26	0,0
Leptosol l. P-1	Escarpado	50,0	215,67	21,57	4,23
Leptosol l. P-2	Quebrado	26,0	61,62	6,16	0,0
Leptosol m. P-45	Quebrado	26,0	67,95	6,79	0,0
Luvisol o. P-56	Quebrado	26,0	215,37	21,56	0,0
Luvisol o. P-26	Quebrado	21,0	185,99	18,59	0,0
Vertisol e. P-28	Plano a Liger. Ond.	3,0	10,73	6,65	0,0

Debido a la fuerte alteración del sitio de la boquilla, que se llevará a cabo durante la construcción de la cortina, se elevará considerablemente el riesgo de erosión actual a tal grado que será igual a la de la erosión potencial (215,67 ton/ha/año).

Para el caso del vaso de la presa, el impacto en los suelos será la inundación permanente que sufrirán los suelos

En un solo caso se tiene resultado del riesgo de erosión, que corresponde al Perfil 1 con una pérdida de 4,23 ton/ha/año, una vez terminada la construcción de la cortina y se establezcan los bancos de material de préstamo para construcción de la cortina y lugares desmontados en las diferentes zonas de trabajo; el riesgo de erosión disminuirá de muy alta hasta nula o ligera puesto que se realizarán obras de conservación de suelo y agua tales como terrazas, establecimiento de bancales, reforestación y la inducción de pastos en las zonas desmontadas.

La referencia para los diferentes grados de erosión se presenta en el siguiente cuadro:

**Tabla 7 Referencia para pérdidas de suelos**

Clases de Erosión	Perdidas de suelo (Ton/ha/año)
Ninguna o Ligera	< 10
Moderada	11 – 50
Alta	51 – 200
Muy Alta	> 200

**Tabla 8. Erosión actual de los suelos del área de estudio del medio físico y natural del proyecto.**

Rangos de Erosión (Ton/ha/año)	Superficie (ha)	Superficie (%)
1 a 5	1 909 528	2,93
6 a 10	1 773 644	2,73
11 a 15	4 340 782	6,70
16 a 20	22 531 386	34,66
21 a 50	32 126 151	49,42
51 a 105	1 946 244	2,99
Superficie del río	371 443	0,57
	65 000 000	100,00

Comparando el cuadro de referencia para pérdidas de suelos con el cuadro de erosión actual, para los diferentes grados de erosión, encontramos que el 91,30% de los suelos del área de estudio del medio físico y natural, quedan comprendidos dentro del nivel de erosión “Moderada”; el 5,69% de los suelos con pérdidas menores a 10 ton/ha/año, “Ligera” y “Alta” para el 3,01% de suelos con pérdidas mayores a 50 ton/ha/año.

#### **Erosión actual zona de embalse del PH La Yesca, Nay**

En el proceso de llenado del vaso de la presa La Yesca, se inundarán superficies correspondientes principalmente a acantilados y pendientes muy onduladas, donde los suelos son predominantemente Leptosoles, en menor proporción Feozem háplico y Luvisoles crómicos que se muestran en la siguiente tabla.

### Superficies de suelos inundables

Unidad de suelo	Superficie en %.
Feozem háplico	7,37
Leptosol mólico	30,96
Luvisol crómico	0,41
Leptosol lítico	48,97
Cauce y playones	12,29
<b>Superficie total</b>	<b>100,00</b>

### Erosión actual de suelos del embalse.

En el área a inundar, el riesgo de erosión corresponde a una clase moderada en 2 111, 466 ha; ligera en 424 717 ha; incipiente en 51 201 ha y alta en 63 659 ha. Una vez que el llenado del vaso se complete, el riesgo de erosión de esos suelos, será de cero, ya que quedarán bajo las aguas de la presa.

### Erosión actual y superficies

Erosión actual en superficie inundable	Superficie en %.
1 a 5 Ton/ha/año	1,69
5 a 10 Ton/ha/año	14,05
10 a 20 Ton/ha/año	28,13
20 a 50 Ton/ha/año	41,73
50 a 105 Ton/ha/año	2,11
cauce actual y playones	12,29
<b>Superficie total</b>	<b>100,00</b>

Una vez que la obra esté en la etapa de operación, se deberá cuidar el que en la zona de influencia de la presa y en las cuencas de aportación directa, se mantenga un control sobre la deforestación de áreas, para minimizar el riesgo de erosión y así prolongar la vida útil del proyecto.

### **IV.2.1.5.3 Descripción De Las Unidades De Suelos (WRBS 88 FAO).**

#### **IV.2.1.5.3.1 Afloramientos Rocosos En Cantiles Y Cañones; Rocas, Lechos Rocosos O Mantos Rocosos.**

##### **Grupo y unidad de Suelos.**

Grupo de Suelos: Leptosol  
Unidad de Suelos: Leptosol lítico

##### **Definición de la Unidad de Suelos.**

Leptosol (del griego leptos, delgado): Suelo poco profundo débilmente desarrollado. Se define por tener material rocoso continuo a 30 cm de profundidad o por ser un suelo rocoso dentro de los primeros 75 cm con menos de 10% correspondiente a la fracción tierra fina. En cualquier caso solo pueden tener un horizonte superficial mólico, úmbrico u ócrico, y en profundidad solo un yérmico o vértico.

##### **Definición de la Subunidad de Suelos.**

Los Leptosoles líticos son el subgrupo más grande. Originalmente fueron definidos como Litosoles, suelos muy poco profundos con presencia de roca dura a 10 cm de profundidad.

##### **Perfiles Descritos:**

De los perfiles descritos, once de ellos resultaron con características morfológicas y resultados de laboratorio para ser considerados miembros de la unidad de suelos Leptosol lítico. Estos perfiles son: Perfil 1; Perfil 2; Perfil 12; Perfil 15; Perfil 24; Perfil 26; Perfil 30; Perfil 45; y Perfil 50

##### **Perfil Representativo:**

De los perfiles descritos el que mejor representa las características de la unidad de suelos es el Perfil 45.

##### **Localización Política:**

Se localiza a 8.8 km al SE de la población de Tapexco, Municipio de Tequila, Jal.

##### **Localización Geográfica:**

Coordenadas UTM (WGS84): 626 058, 2 319 573, 1234

## **Superficie y Distribución.**

### **Unidad Cartográfica (LPq).**

Estos suelos cubren una superficie de 26 555,94 ha, se distribuyen principalmente en las márgenes de las corrientes fluviales, en las zonas anexas a los bordes de la barranca y asociados con las tierras de pendiente fuerte escarpada (ver mapa de Suelos, Distribución de Leptosoles líticos)

### **Uso Actual.**

Por sus condiciones de poca profundidad del suelo, pendientes fuertes, abundante pedregosidad superficial, estos suelos no tienen uso agropecuario productivo, se llega a presentar pastoreo limitado y agricultura de coamil, que representa un serio riesgo de degradación. Por lo tanto, son suelos que se ocupan con vegetación nativa a base de selva baja caducifolia (Ver fotografía 2 Condiciones de vegetación característica de la unidad de suelos Leptosol lítico; nótese el tipo de vegetación de selva baja caducifolia.)

### **Condiciones Topográficas.**

Son suelos que se desarrollan en áreas de topografía escarpada, cerril con pendientes mayores al 45 ° (pendiente mayor al 100 %), en donde los procesos erosivos y de desgaste de masas evitan el desarrollo de perfiles maduros y favorecen el afloramiento de material rocoso, dando como resultado suelos delgados con características líticas. (Ver fotografía 1 Condiciones de pendiente característica de la unidad de suelos Leptosol lítico; nótese el grado de pendiente del terreno.)

### **Descripción del Perfil Representativo (Perfil 45, El Tepehuaje):**

Suelo poco profundo de color café y textura franco arenosa que sobreyace a material rocoso gris oscuro (tipo andesita), su estructura es poliédrica subangular media poco desarrollada, de consistencia blanda, friable, no plástico, no adhesivo.

Se ubica en ladera rocosa de pendiente fuerte (75 °) con vegetación de Burseras y leguminosas arbóreas.

### **Génesis; Proceso de formación:**

Suelos desarrollados "*in situ*" como producto residual de la alteración física y química de los materiales rocosos subyacentes. La acumulación de humus y la alteración de los minerales primarios para formación de arcillas secundarias son los dos principales procesos que sobrellevan estos suelos. La pérdida de material por lo fuerte de las pendientes, impide que estos suelos desarrollen perfiles profundos y favorece el afloramiento de materiales rocosos subyacentes.



### **Variaciones del Perfil.**

Los perfiles descritos varían principalmente en textura de franco arenoso a franco arcilloso y en la naturaleza del material rocoso; en términos generales, considerando el flujo de las corrientes con dirección oeste, en la vertiente norte dominan los materiales tipo como ignimbritas dacíticas, riolíticas y andesitas; mientras que en la vertiente sur predominan las ignimbritas (canteras), suelo residual y materiales ígneos como riolacitas

### **Drenaje Superficial e Interno.**

Dada las pendientes características para estos suelos, no se tienen condiciones para el estancamiento o mal drenaje, el drenaje superficial se clasifica como excesivamente rápido y el drenaje interno, son suelos bien drenados.



**Figura 29 Perfil 45, representativo de los Leptosoles líticos.**



**Figura 30 Panorámica del perfil 45; condición natural de los Leptosoles líticos, escarpas, cantiles y pendientes mayores a 30%.**

#### **IV.2.1.5.3.2 Suelos Poco Profundos De Color Café Oscuro Con Material Rocoso Mezclado (Intrusiones) Y Descansando Sobre Roca Consolidada (Basaltos, Andesitas, Ignimbritas) En Superficie Inclinada.**

##### **Grupo y Unidad de Suelos.**

Grupo de Suelos: Leptosol  
Unidad de Suelos: Leptosol mólico

##### **Definición del Grupo de Suelos.**

Leptosol (del griego leptos, delgado): Suelo poco profundo débilmente desarrollado. Se define por tener material rocoso continuo a 30 cm de profundidad o por ser un suelo rocoso dentro de los primeros 75 cm con menos de 10 % correspondiente a la fracción tierra fina. En cualquier caso solo pueden tener un horizonte superficial mólico, úmbrico u ócrico, y en profundidad solo un yérmico o vértico.

##### **Definición de la Unidad de Suelos.**

La Subunidad Leptosol mólico, se define por incluir suelos que presentan un horizonte superficial A Mólico (Epipedón Mólico) sin roca dura o cementada o material calcáreo dentro de los 10 cm de profundidad y sin permafrost dentro de los 200 cm a partir de la superficie. Por ser considerado Mólico, el porcentaje de saturación de bases (PSB) deba ser mayor al 50 %.

##### **Inclusiones de Suelos.**

Dentro de esta unidad de suelos, se encuentran esporádicamente suelos denominados Regosoles éutricos, como el representado por el perfil de suelos 3, en la margen derecha del Río Santiago, aproximadamente a 400 m del sitio de la boquilla en proyecto. Esta unidad pura de suelo se considera como una inclusión dentro de los Leptosoles; debido a su superficie pequeña (menor de 10 ha), no se incluye cartográficamente ya que es menor al 10% de la superficie total y el área cartografiable es menor a medio centímetro cuadrado; por ello la unidad pura Regosol éutrico es asociada a Feozem y Leptosoles, para el sitio de la boquilla.

##### **Perfiles Descritos:**

De los perfiles descritos, cinco de ellos resultaron con características morfológicas y resultados de laboratorio para ser considerados miembros de la unidad de suelos Leptosol mólico. Estos perfiles son: Perfil 5; Perfil 7; Perfil 10A; y Perfil 17.

##### **Perfil Representativo:**

De los perfiles descritos el que mejor representa las características de la unidad de suelos es el Perfil 7.

### **Localización Política:**

Este perfil se localiza a 3.7 km al NE de la localidad de Mesa de las Flores, pasando la confluencia de los Ríos Grande de Santiago y Bolaños en los límites con los municipios de Hostotipaquillo, Jalisco y La Yesca, Nayarit.

### **Localización Geográfica:**

Coordenadas UTM (WGS84): 596 585, 2 346 038, 1054

### **Superficie y Distribución.**

#### **Unidad cartográfica (LPm),**

Estos suelos cubren una superficie de 7 089,77 ha, se distribuyen principalmente en zonas de pendientes moderadas a fuertes y zonas de lomeríos cerriles. (Ver mapa de Suelos, distribución de Leptosoles mólicos)

### **Uso Actual.**

A lo igual que los Leptosoles líticos, por sus condiciones de poca profundidad del suelo, pendientes moderadas a fuertes, abundante pedregosidad superficial, estos suelos no tiene uso agropecuario productivo, salvo el cultivo de agave tequilero y huertos de ciruelo, también, se llega a presentar pastoreo limitado y agricultura de coamil. Este tipo de uso del suelo llega a representar un riesgo de pérdida de suelo por erosión. La vegetación nativa está representada por selva baja caducifolia (ver fotografía 4 Condiciones de vegetación característica de la unidad de suelos Leptosol mólico; nótese el tipo de vegetación de selva baja caducifolia.)

### **Condiciones Topográficas.**

Son suelos que se desarrollan en áreas de lomeríos y superficies inclinadas con pendientes del orden de los 25° a 45° en donde los procesos erosivos y de desgaste de masas evitan el desarrollo de perfiles maduros y favorecen el afloramiento de material rocoso, dando como resultado suelos poco profundos a no más de 50 cm de profundidad limitados por materiales rocosos. (Ver fotografía 4 Condiciones de pendiente característica de la unidad de suelos Leptosol mólico; nótese el grado de pendiente del terreno.)

### **Descripción del Perfil Representativo (Perfil 7):**

Suelo poco profundo de color café oscuro y textura franco arcillo arenosa, estructura migajosa fina poco desarrollada, consistencia blanda, muy friable, poco plástico y poco adheico, con abundante pedregosidad de carácter ígneo de color claro. Subyace material rocoso de color claro con apariencia de riolita o ignimbrita riolítica

Se ubica en ladera pedregosa de pendiente fuerte con vegetación de leguminosas arbóreas.

**Génesis; Proceso de formación:**

Suelos desarrollados “*in situ*” como producto residual de la alteración física y química de los materiales rocosos subyacentes. La acumulación de humus y la alteración de los minerales primarios para formación de arcillas secundarias son los dos principales procesos que sobrellevan estos suelos. La pérdida de material por lo fuerte de las pendientes, impide que estos suelos desarrollen perfiles profundos y favorece el afloramiento de materiales rocosos subyacentes.

**Variaciones del Perfil.**

Los perfiles descritos varían principalmente en textura de franco arenoso a franco arcillo arenosos y en la naturaleza del material rocoso; en términos generales, considerando el flujo de las corrientes con dirección Oeste, en la vertiente Sur predominan los materiales tipo basalto; mientras que en la vertiente Norte predominan las ignimbritas (canteras), y materiales ígneos extrusivos del tipo de las andesitas y basaltos.

**Drenaje Superficial e Interno.**

Dada las pendientes características para estos suelos, no se tienen condiciones para el estancamiento o mal drenaje, el drenaje superficial se clasifica como excesivamente rápido y el drenaje interno, son suelos bien drenados.



**Figura 31 Perfil de Suelo 7; son suelos con una profundidad ligeramente mayor que los L. líticos.**



**Figura 32 Panorámica del Sitio donde se localiza el Perfil 7; las pendientes son menos escarpadas con laderas más extendidas.**

#### **IV.2.1.5.3.3 Suelos Moderadamente Profundos de Color Café Oscuro y Subsuelo Café Rojizo o Claro y en Ciertos Casos Con Reacción al HCl.**

##### **Grupo y Unidad de Suelos.**

Grupo de Suelos: Feozem

Unidad de Suelos: Feozem háplico; Feozem cálcico

##### **Definición del Grupo de Suelos.**

Feozem (del Ruso Phaios, pardo):

##### **Definición de la Unidad de Suelos.**

La Unidad Feozem háplico, se define por incluir suelos que carecen de horizonte B argílico y no calcáreo entre los 20 y 50 cm de profundidad, carecen de propiedades gleyicas dentro de los primeros 100 cm de la superficie y no presentan características estagnéicas.

La Unidad Feozem cálcico, son suelos con presencia calcárea cuando menos dentro de los 20 a 50 cm de profundidad; carecen de un horizonte B argílico, carecen de propiedades gleyicas dentro de los primeros 100 cm de la superficie y no presentan características estagnéicas.

##### **Perfiles Descritos:**

De los perfiles descritos, seis de ellos resultaron con características morfológicas y resultados de laboratorio para ser considerados miembros de la unidad de suelos Feozem háplico. Estos perfiles son: Perfil 9; Perfil 13; Perfil 14; Perfil 25; Perfil 51 y Perfil 57.

##### **Para la Unidad de suelos, Feozem calcico se incluyen los perfiles 10 y 11**

Perfil Representativo; Feozem háplico;

De los perfiles descritos el que mejor representa las características de la unidad de suelos es el Perfil 51.

##### **Localización Política:**

Este perfil se localiza a 535 m al Norte de la localidad de Tapexco, al Norte del municipio de Tequila, Jal., pasando el Río Grande de Santiago.

##### **Localización Geográfica:**

Coordenadas UTM (WGS84): 620 074, 2 326 638, 954

## **Superficie y Distribución.**

### **Unidad Cartográfica; Feozem háplico (PHh)**

Estos suelos cubren una superficie de 17 561,431 has, se distribuyen principalmente en zonas de pendientes moderadas a fuertes y zonas de lomeríos cerriles. (Ver mapa de Suelos, distribución de Feozem háplico, PHh)

### **Uso Actual.**

A lo igual que los suelos definidos en el Grupo Leptosol por sus condiciones de moderada profundidad del suelo, pendientes moderadas a fuertes, abundante pedregosidad superficial, estos suelos no tienen uso agropecuario productivo, salvo el cultivo de agave tequilero; también, se llega a presentar pastoreo limitado y agricultura de coamil. Este tipo de uso del suelo llega a representar un riesgo de pérdida de suelo por erosión. La vegetación nativa esta representada por selva baja caducifolia (ver fotografía 6 Condiciones de vegetación característica de la unidad de suelos; Feozem háplico, nótese el tipo de vegetación de selva baja caducifolia.)

### **Condiciones Topográficas.**

Son suelos que se desarrollan en áreas de lomeríos y superficies inclinadas con pendientes del orden de los 25° a 45 ° en donde los procesos erosivos y de desgaste de masas evitan el desarrollo de perfiles maduros y favorecen el afloramiento de material rocoso, dando como resultado suelos poco profundos a no más de 50 cm de profundidad limitados por materiales rocosos. (Ver fotografía 6, condiciones de pendiente característica de la unidad de suelos Feozem háplico; nótese el grado de pendiente del terreno.)

### **Descripción del Perfil Representativo (Perfil 51):**

Suelo moderadamente profundo de color café oscuro y café rojizo, y textura franco arcillo arenosa, y abundancia de fragmentos de tipo andesítico e ignimbritas de grano fino, claro; estructura poliédrica subangular fina bien desarrollada, consistencia ligeramente dura, firme, plástico, poco adhesivo, sin reacción al ácido clorhídrico no a fenolftaleína.

Se ubica en ladera pedregosa de pendiente fuerte con uso de cultivo de agave.

### **Génesis; Proceso de formación:**

Suelos desarrollados "*in situ*" como producto residual de la alteración física y química de los materiales rocosos subyacentes. La acumulación de humus y la alteración de los minerales primarios para formación de arcillas secundarias son los dos principales procesos que sobrellevan estos suelos. La presencia de un subsuelo de tinte rojizo, indica la tendencia de alteración



de minerales primarios para liberar óxidos de hierro y aluminio y formar arcillas secundarias, lo que en principio resultará en la formación de un horizonte Cámbico de alteración que por no estar claramente diferenciado no se considera como criterio de diagnóstico pero si se señala cuanto a la tendencia evolutiva de estos suelos.

#### **Variaciones del Perfil.**

Los perfiles descritos varían principalmente en textura de franco arcilloso a franco arcillo arenosos y arcilla. En la coloración del horizonte del subsuelo que puede ser café rojizo a gris y en la naturaleza del material rocoso, basaltos, andesitas o ignimbritas

#### **Drenaje Interno.**

Dada las pendientes características para estos suelos, no se tienen condiciones para el estancamiento interno del agua, son suelos libremente drenados.



**Figura 33 Perfil del Suelo P – 51; vista de un suelo Feozem háplico, sobre material geológico muy fragmentado.**



**Figura 34 Panorámica del Sitio del Perfil 51, representativo de la unidad de suelos Feozem háplico.**

### **Perfil representativo: Feozem cálcico.**

De los perfiles descritos el que mejor representa las características de la unidad de suelos es el Perfil 11.

#### **Localización Política:**

Este perfil se localiza a 3,5 Km al Sur de la localidad de Mesa de Flores, Municipio de Hostotipaquillo, Jal.

#### **Localización Geográfica:**

Coordenadas UTM (WGS84): 593 744, 2 339 668, 759

#### **Superficie y Distribución.**

Unidad Cartográfica; Feozem calcico (PHc)

Estos suelos cubren una superficie de 7 154 655 ha, se distribuyen principalmente en las localidades de El Saucillo y Copalita, con ambiente de pendientes moderadas a fuertes y zonas de lomeríos cerriles. Se asocia con suelos de la Unidad Feozem háplico (PHh). (Ver mapa de Suelos, distribución de Feozem calcico (PHc) más Feozem háplico (PHh).

#### **Uso Actual.**

Por sus condiciones de moderada profundidad del suelo, pendientes moderadas a fuertes, abundante pedregosidad superficial, estos suelos no tienen uso agropecuario productivo, se llegan a utilizar con pastoreo limitado y agricultura de coamil. Este tipo de uso del suelo representa un riesgo de pérdida de suelo por erosión. La vegetación nativa está representada por selva baja caducifolia (ver fotografía 8, condiciones de vegetación característica de la unidad de suelos; Feozem calcico, nótese el tipo de vegetación de selva baja caducifolia.)

#### **Condiciones Topográficas.**

Son suelos que se desarrollan en áreas de lomeríos y superficies inclinadas con pendientes del orden de los 25° a 45° en donde los procesos erosivos y de desgaste de masas evitan el desarrollo de perfiles maduros y favorecen el afloramiento de material rocoso, dando como resultado suelos poco profundos a no más de 50 cm de profundidad limitados por materiales rocosos. (Ver fotografía 8, condiciones de pendiente característica de la unidad de suelos Feozem calcico; nótese el grado de pendiente del terreno.)

#### **Descripción del Perfil Representativo (Perfil 11):**

Suelo moderadamente profundo de color café oscuro, textura franco arcillo arenosa, y abundancia de fragmentos de tipo basáltico ó andesítico de grano fino; estructura migajosa fina a poliédrica subangular media bien

desarrollada, consistencia blanda, friable, plástico, y adhesivo, presenta precipitados blanquizcos que reaccionan al ácido clorhídrico (HCl)

**Génesis; Proceso de formación:**

Suelos desarrollados a partir de materiales transportados de las partes altas cerriles, que sobrellevan la acumulación de humus, la alteración de los minerales primarios para formación de arcillas secundarias y la acumulación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), estos son los dos principales procesos que actúan en la formación de este perfil del suelo. La acumulación de humus y de carbonato de calcio son criterios para considerar su ubicación en esta unidad de suelos.

**Variaciones del Perfil.**

Los perfiles descritos varían principalmente en textura de franco arcilloso a franco arcillo arenosos y arcilla. En la coloración del horizonte del subsuelo que puede ser café a gris olivo.

**Drenaje Interno.**

Dada las pendientes características para estos suelos, no se tienen condiciones para el estancamiento interno del agua, son suelos libremente drenados.



**Figura 35 Perfil del Suelo (P – 11) representativo de los suelos Feozem cálcico.**



**Figura 36 Panorámica del perfil de suelos 11; se muestran las condiciones topográficas del sitio y la cubierta vegetal de selva baja caducifolia.**

#### **IV.2.1.5.3.4 Suelos Moderadamente Profundos a Profundos De Color Gris Oscuro y Textura Arcillosa.**

##### **Grupo y Unidad de Suelos.**

Grupo de Suelos: Vertisol  
Unidad de Suelos: Vertisol eutrico

##### **Definición del Grupo de Suelos.**

Vertisol (Lt: vertere; verter). Suelos con mas de 30 % de arcillas expandibles, una profundidad de al menos 50 cm, presentan grietas cuando secos, estructura prismática y desarrollan superficies de presión – fricción caras de deslizamiento.

##### **Definición de la Unidad de Suelos.**

La Unidad Vertisol eutrico, se define por incluir suelos vertisoles que reportan una saturación de bases de 50 cm o más entre los 20 y 50 cm de profundidad, no tiene propiedades cálcicas o yérticas

##### **Perfiles Descritos:**

De los perfiles descritos, tres de ellos resultaron con características morfológicas y resultados de laboratorio o para ser considerados miembros de la unidad de suelos Vertisol eutrico. Estos perfiles son: Perfil 16; Perfil 49; Perfil 29.

##### **Perfil Representativo; (Vertisol eutrico)**

De los perfiles descritos el que mejor representa las características de la unidad de suelos es el Perfil 16 en la localidad de Sayulimita.

##### **Localización Política:**

Este perfil se localiza a 1,3 km al NE de la localidad de Sayulimita, en el Municipio de Hostotipaquillo.

##### **Localización Geográfica:**

Coordenadas UTM (WGS84): 617 038, 2 329 831, 910.

##### **Superficie y Distribución.**

##### **Unidad Cartográfica; Vertisol eutrico (VRe)**

Estos suelos cubren una superficie de 807.09 ha, se distribuyen principalmente en manchones relativamente pequeños por la localidades de Tapexco, Sayulimita y Chome, en superficies de pendientes planas. (Ver mapa de Suelos, distribución de Vertisol eutrico, VRe).

### **Uso Actual.**

El uso actual de estos suelos está condicionado a la disponibilidad de agua, en la localidad de Tapexco, con condiciones secas, el agostadero limitado es la principal forma de uso asociado con una vegetación de leguminosas arbustivas. En la localidad de Chome – La Mata, con mejor abastecimiento de agua, incluso de riego, se utilizan para la siembra de maíz y hortalizas. Y en la localidad de Sayulimita, el cultivo de maíz de temporal es la forma de uso de estos suelos.

### **Condiciones Topográficas.**

Son suelos que se desarrollan en condiciones de topografía plana con pendientes menores al 5 %, donde los problemas de pérdida de suelo por erosión son mínimos.

### **Descripción del Perfil Representativo (Perfil 16).**

Suelo moderadamente profundo de color café oscuro y gris oscuro, textura franco arcillo arenosa y arcilloso con lente de fragmentos de tipo basáltico y/o andesítico de grano fino, gris oscuro; estructura poliédrica angular grande bien desarrollada, consistencia dura, muy firme, muy plástica, muy adhesiva, sin reacción al ácido clorhídrico no a fenolftaleína

Se ubica en terreno plano con abundante pedregosidad con fragmentos de 10 a 20 cm de diámetro de naturaleza basáltica o andesítica, anexo a ladera pedregosa de pendiente moderada con uso de cultivo de agave.

### **Génesis; Proceso de formación:**

La formación de suelos arcillosos oscuros tipo Vertisol requiere de condiciones de drenaje deficiente con acumulación de agua en el suelo, alternado con períodos libre de agua. El material parental lo componen sedimentos finos o la alteración de materiales rocosos en ambos casos ricos en minerales ferromagnésicos. Estas condiciones promueven un ambiente alcalino rico en calcio que facilita la síntesis de arcillas expandibles tipo montmorillonita que caracterizan a los Vertisoles y le confieren sus propiedades vérticas.

### **Variaciones del Perfil.**

Los perfiles descritos varían principalmente en el color de café oscuro a gris oscuro, en la textura de franco arcilloso a arcilla, la presencia o ausencia de material rocoso.

### **Drenaje Interno.**

Por sus condiciones de topografía plana y textura arcillosa, estos suelos presentan drenaje deficiente



**Figura 37 Perfil del Suelo (P – 16) , observe el color y estructura de los horizontes, que manifiestan un contenido alto de arcilla.**



**Figura 38 Panorámica del Sitio donde se localiza el Perfil 16, se muestra la topografía plana del sitio, así como la vegetación nativa dominante.**



#### **IV.2.1.5.3.5 Suelos Moderadamente Profundos a Profundos de Color Café Oscuro a Café Rojizo en Superficie Plana.**

##### **Grupo y Unidad de Suelos.**

Grupo de Suelos: Luvisol  
Unidad de Suelos: Luvisol crómico

##### **Definición del Grupo de Suelos.**

Los Luvisoles son suelos que se definen por presentar un horizonte B agrario, con capacidad de intercambio catiónico mayor a 24 meq/100 gr de suelo y un porcentaje de saturación de bases mayor a 50.

##### **Definición de la Unidad de Suelos.**

La unidad de suelos Luvisol crómico, se define por incluir suelos con un horizonte B agrario de color café rojizo sin propiedades vérticas, cálcicas o gleicas.

##### **Perfiles Descritos:**

De los perfiles descritos, uno de ellos resultó con características morfológicas y resultados de laboratorio para ser considerado miembro de la unidad de suelos Luvisol crómico, es el perfil 27.

##### **Perfil Representativo; (Luvisol crómico)**

De los perfiles descritos el que mejor representa las características de la unidad de suelos es el Perfil 27 en la localidad de Amatitán.

##### **Localización Política:**

Este perfil se localiza a 675 m al Este de la localidad de Chome (Achío), en el Municipio de Amatitán, en la última frontera de las tierras agrícolas de este municipio antes de iniciar el ingreso a la zona de la Barranca del Río Grande de Santiago.

##### **Localización Geográfica:**

Coordenadas UTM (WGS84): 632207, 2310924.

##### **Superficie y Distribución.**

##### **Unidad Cartográfica; Luvisol crómico (LVx)**

Estos suelos cubren una superficie de 1 964 582 ha, se distribuyen principalmente en las áreas de tierras agrícolas anexas al borde Sur de la Barranca del Río Santiago (ver mapa de Suelos, distribución de Luvisol crómico (LVx)

### **Uso Actual.**

Son áreas de temporal con buen abastecimiento de humedad en el periodo lluvioso de Junio a Octubre. Por su ubicación geográfica dentro de la región productora del licor Tequila, se les usa extensivamente para el cultivo del agave tequilero, solo o en asociación y en menor proporción para el cultivo de maíz de temporal o agostadero donde se permita.

### **Condiciones Topográficas.**

Son suelos que se desarrollan en condiciones de topografía plana con pendientes menores al 5 %. Donde los problemas de pérdida de suelo por erosión son mínimos.

### **Descripción del Perfil Representativo (Perfil 16, Sayulimita):**

Suelo moderadamente profundo de color café oscuro y café rojizo en profundidad, textura franco arcillo presencia de cutanes de arcilla; estructura poliédrica subangular grande bien desarrollada, consistencia dura, friable, plástico y adhesivo, sin reacción al ácido clorhídrico no a fenolftaleína

Se ubica en terreno plano libre de piedras salvo un pegadero de naturaleza basáltica o andesítica.

### **Génesis; Proceso de formación:**

La formación de suelos con propiedades rojizas debido a la liberación de óxidos de hierro y aluminio, requiere de buenas condiciones de humedad y temperatura que promuevan la alteración de los minerales primarios, buenas condiciones de drenaje interno para los procesos de lavado y lixiviación y períodos secos para la síntesis de minerales secundarios (arcillas y óxidos). El material madre debe ser rico en minerales ferromagnesianos.

### **Variaciones del Perfil.**

No se tiene otros perfiles para esta unidad de suelos

### **Drenaje Interno.**

La naturaleza del suelo, principalmente en lo que se refiere a el contenido y tipo de arcilla, favorecen el drenaje interno del suelo y la pendiente ligera, el drenaje superficial por lo que se consideran suelos con drenaje eficiente, sin problemas de acumulación de agua.



**Figura 39 Perfil del Suelo (P – 27), de color rojizo y la estructura blocosa, debido al contenido de arcillas.**



**Figura 40 Panorámica del Sitio donde se localiza el Perfil 27, terrenos planos, medianamente profundos, arcillosos; especialmente para cultivo de agave.**

(ver anexo 4) Análisis de laboratorio de perfiles representativos

#### **IV.2.1.6 Hidrología Superficial**

El área de estudio del medio físico y natural se encuentra comprendida dentro del territorio de la Cuenca directa del Río Grande de Santiago que a su vez forma parte de la Cuenca Hidrológica Regional del Lerma - Chapala - Santiago, una de las más importantes del país tanto por su superficie como por la complejidad de los problemas relacionados con ella. La cuenca completa abarca una extensión de 132 916 km<sup>2</sup>, que representa el 6,8% del total del territorio nacional<sup>8</sup>.

La cuenca del Lerma- Chapala-Santiago es de las mayores cuencas del país y presenta la mayor presión antrópica e intersectorial para su explotación.<sup>9</sup>

Según datos de CNA del año 1992:

“...las necesidades derivadas de todos los usos superan la oferta de agua superficial y subterránea. Esto ha provocado el desequilibrio hidrológico de la cuenca y ha puesto en riesgo el desarrollo logrado..., forzando la sobreexplotación de acuíferos y el reuso de las aguas de la cuenca. El balance hidrológico de la cuenca en condiciones medias en el período 1950-79 muestra que, ante una precipitación anual de 735 mm, se genera un escurrimiento de 4 740 millones de metros cúbicos (M<sup>3</sup>). De éstos, en promedio 3 240 se destinan al riego y 1 500 son las aportaciones al Lago de Chapala que fundamentalmente provienen de la cuenca baja del Río Lerma, sus afluentes y precipitación en el lago.”

<sup>8</sup> Comisión Nacional del Agua. *Síntesis de las Estadísticas del Agua en México, 2005*. CNA 2005

<sup>9</sup> Según Peniche y Guzman; (2005), investigadores de la Universidad de Guadalajara ..., “El agua de la Cuenca del Lerma se distribuye de manera muy desigual. La región es una de las más importantes del país por la actividad económica que genera.

La cuenca del río Lerma es la zona más significativa de la región hidrológica RH-XII. Tiene una superficie de 52,500 km<sup>2</sup> y es una de las más dinámicas del país. Se localiza en el centro-oeste de México, ocupa parte de los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, es decir es el eje de las dos primeras ciudades del país: Guadalajara y el Distrito Federal. En la zona de influencia de este río se genera más de 30% de la producción industrial, 20% del comercio, y en ella se alojan 1 de cada 8 hectáreas de riego. La agricultura es de tal importancia que es justo decir que el área es responsable de gran parte de las exportaciones agrícolas del país. La cuenca es el hogar de uno de cada 11 mexicanos (9.5 millones), de los cuales 32% es población rural.

El crecimiento de la economía mexicana reciente influyó en el acelerado desarrollo de la región en las últimas décadas. El aumento de la inversión nacional e internacional promovió el crecimiento industrial y la agricultura de riego aumentó de manera constante su superficie impulsando la demanda de agua. Sin una estrategia de preservación la agricultura ha requerido en promedio del 81% de las extracciones de la cuenca.

Por ejemplo, en lo que respecta a los porcentajes de escurrimiento la distribución es desigual en el territorio: 45.2% corresponde a la Costa de Jalisco, 17.1% al bajo Santiago, 10.4% al alto Santiago, 7.6% al medio Lerma, 7.3% al bajo Lerma, 6.5% al alto Lerma y 5.9% a la costa de Michoacán. Por ello de los 28,730 M<sup>3</sup> de escurrimientos anuales tan sólo le corresponde 2,172 M<sup>3</sup> a regiones como el estado de Guanajuato donde la cuenca del Lerma ocupa el 83% de su territorio. Lo anterior a pesar de que en este estado se tiene una gran demanda de agua dadas sus características demográficas y económicas. Tanto en las aguas superficiales, en donde el estado tiene un déficit de 193 M<sup>3</sup> al año, como en aguas subterráneas, en donde el déficit de disponibilidad alcanza casi los 1,000 M<sup>3</sup> en el mismo periodo Guanajuato vive un grave problema de abasto de agua.<sup>9</sup>

Por otra parte, el problema de la mala calidad del agua en la cuenca es grave. Según el “Compendio Básico del Agua en México”, elaborado por la Comisión Nacional del Agua en 2001 la subregión con mayor grado de contaminación en el país es la cuenca del Lerma con índice de calidad de agua menor a 40% (CNA, 2001)<sup>9</sup>”

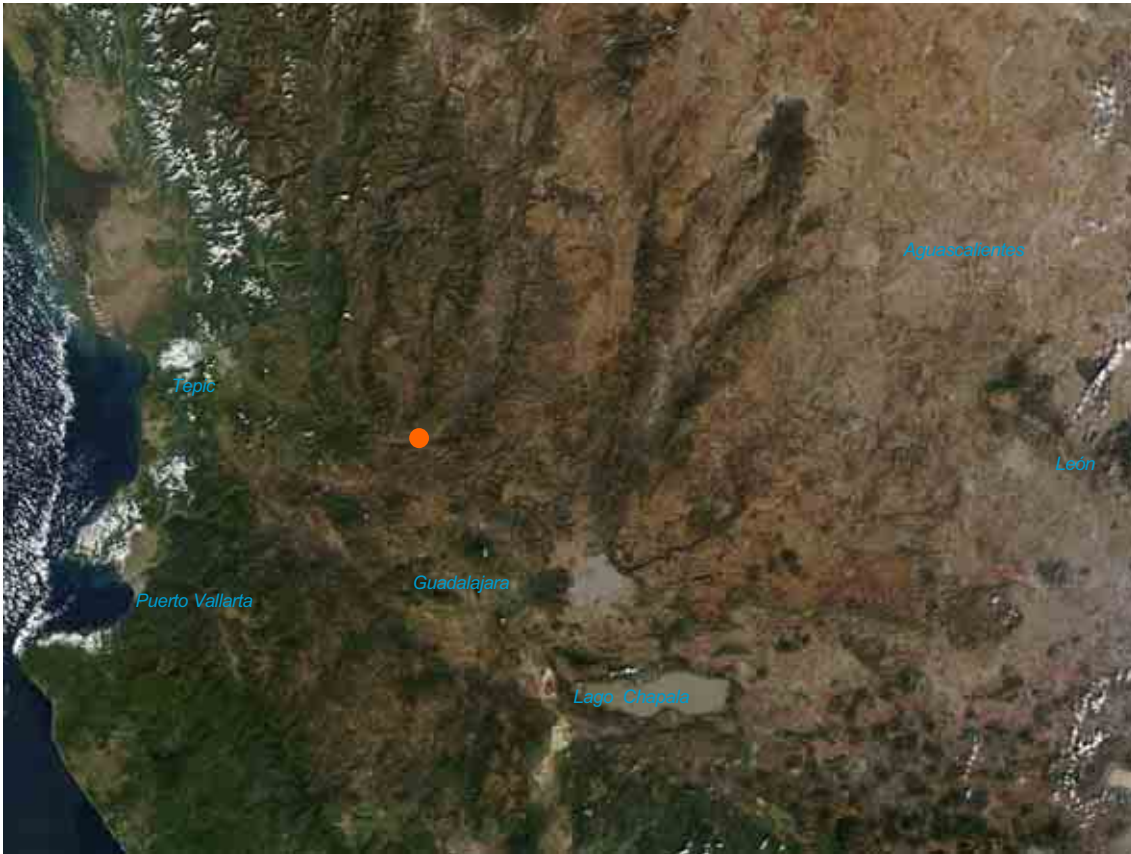


Figura 41 Fisiografía y localización del área de estudio del medio físico y natural en la región<sup>10</sup>

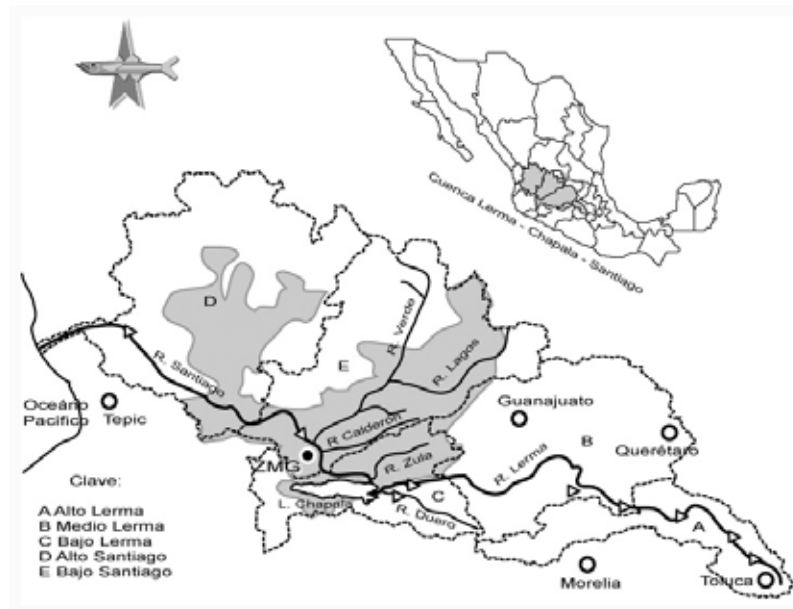


Figura 42 La Cuenca Lerma – Chapala – Santiago, (de Salvador Peniche Camps y Manuel Guzmán Arroyo. Fuente CNA, 2002)

<sup>10</sup> imagen de Terra Modis Land Rapid Response Team, NASA/GSFC. 2002

La cuenca del Río Grande de Santiago (CRGS), aunque forma parte de una cuenca mayor (Lerma-Chapala-Santiago), podría considerarse para este estudio como una cuenca exorreica independiente del resto, pues el comienzo del río no tiene una aportación considerable del Lago de Chapala y su caudal comprende únicamente aquel que aporta la escorrentía de los cauces lóticos (tanto perennes como intermitentes) que drenan sobre la superficie de su cuenca hacia el Río Santiago mismo.

La CRGS puede denominarse tipo exorreica de sistema lótico propio. La CRGS ocupa una superficie de aproximadamente 73 842 km<sup>2</sup> en los Estados de Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Zacatecas y Aguascalientes, teniendo Jalisco el 42% de la cuenca completa. Además la cuenca ocupa superficies considerables en los Estados en que se encuentra, estando Aguascalientes completamente inmerso en la cuenca.

	Guanajuato	Jalisco	Nayarit	Zacatecas	Aguascalientes
<b>Cuenca alta del Santiago</b>	1 030	19 003	0	9 007	5 625
<b>Cuenca baja del Santiago</b>	0	12 086	12 756	14 335	0
<b>Superficie estatal</b>	30 338	77 138	27 380	75 300	5 625
<b>% respecto a la cuenca</b>	<b>1,4%</b>	<b>42,1%</b>	<b>17,3%</b>	<b>31,6%</b>	<b>7,6%</b>
<b>% respecto al Estado</b>	<b>3,4%</b>	<b>40,3%</b>	<b>46,6%</b>	<b>31,0%</b>	<b>100,0%</b>

*Superficies (en km<sup>2</sup>) de la Cuenca de el Río Santiago en los estados que atraviesa<sup>11</sup>*

El Río Grande de Santiago (Río Santiago, como se lo conoce en la región), registra su inicio a una elevación de 1 520 msnm en el Noreste del Lago de Chapala (dependiendo de los niveles variables del Lago y por lo tanto de las temporadas de lluvias y aprovechamientos en la cuenca del Lerma-Chapala<sup>12</sup>), y desemboca en el Océano Pacífico en el Estado de Nayarit. El río tiene una longitud aproximada de 562 km, siendo su pendiente general de 0,27%. (ver figura 42).<sup>13</sup>

Desde la localidad de Ocotlán, Jalisco, hasta desembocar en el mar, el valle del Río Santiago sigue la dirección de lineamientos estructurales E-W y NW-E que han controlado en su trayecto un diseño dominante de drenaje de tipo rectangular.

En la cuenca baja del Río Santiago, los tributarios procedentes de la margen derecha han labrado profundos valles en la Sierra Madre Occidental con sistemas de drenaje dendrítico y rectangular. La red de tributarios de la margen izquierda presentan diseño dendrítico y sus áreas de captación disminuyen hacia su desembocadura en el Río Santiago como resultado del aumento del relieve relativo y pendientes.<sup>14</sup> El origen de los escasos escurrimientos semipermanentes provenientes de la margen izquierda son atribuidos en su mayoría a manantiales, ya que la superficie

<sup>11</sup> Comisión Nacional del Agua. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006 Región VIII Lerma Santiago Pacífico*. CNA 2003.

<sup>12</sup> La altura de 1520 msnm equivale a la cota 94, y a 3,400 Mm<sup>3</sup>, según la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Jalisco (CEAS). En 2001 el Lago de Chapala casi alcanza la mínima histórica de 91.58. Hacia 2005 se ha ido recuperando hasta alcanzar la cota 96.

<sup>13</sup> Para facilitar su análisis en este estudio, la cuenca alta del Río Santiago se considera al área drenada desde la salida del Lago de Chapala hasta la presa Santa Rosa, mientras que la cuenca baja comprendería desde la salida de dicha presa hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

<sup>14</sup> Controlados por las distintas tasas de ascenso tectónico y sus efectos en el desarrollo del paisaje

de las mesetas basálticas que cubren esta margen presentan una topografía parcialmente bisecada y sin drenaje bien definido.

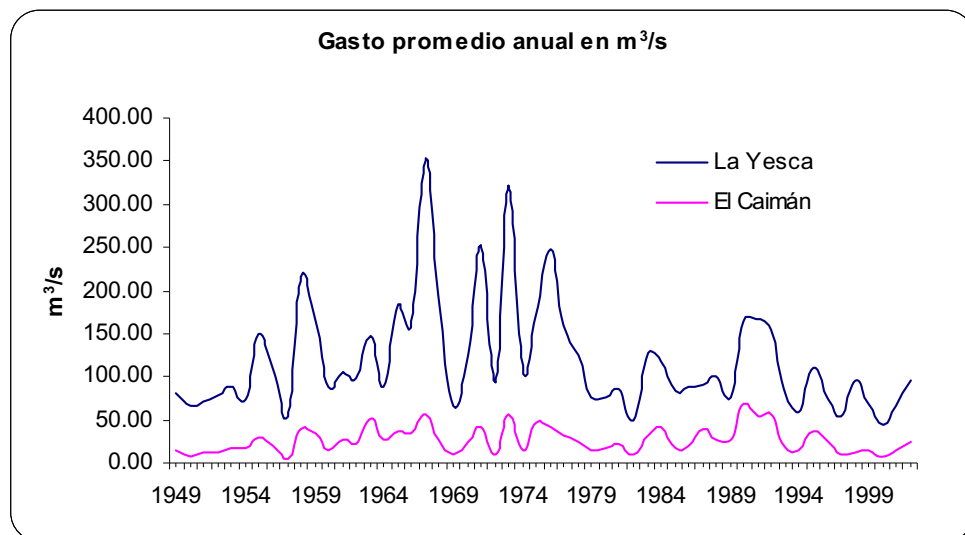
Como resultado del control estructural regional, el parteaguas de la margen izquierda de la cuenca propia del Río Santiago es más cercano a su cauce actual. Por la margen derecha los afluentes de la cuenca propia son numerosos y los tributarios regionales de orden elevado son importantes, contribuyendo con caudales que representan la mayor parte del caudal acumulado en la zona del proyecto (figura 42).

Existen diversas presas en construcción y en fase de planeación en el territorio de la cuenca. Estas obras de ingeniería tienen efectos indirectos sobre las variaciones del caudal y la retención de sedimentos. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) realizó un estudio hidrológico para determinar los caudales en el sitio del PH La Yesca. Para esto calculó las dimensiones de las cuencas de aportación hasta las estaciones hidrométricas colocadas, resultando en 2 cuencas diferenciadas:

**Tabla 9. Cuencas de aportación hasta las EH El Caimán y La Yesca según el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) de la CNA<sup>15</sup>.**

Cuenca	Superficie km <sup>2</sup>	Descripción
Río Santiago	37 173	Área drenada desde la presa Corona hasta EH La Yesca, ubicada 500 m aguas arriba de la confluencia con el Río Bolaños
Río Bolaños	14 755	Área drenada por el Río Bolaños hasta la EH El Caimán, ubicada 1.5 km aguas arriba de la confluencia con el Río Santiago

Aunque el gasto promedio anual ha variado notablemente en los años que se tienen registrados (1949-2002) tal y como se muestra en la siguiente gráfica incluida en la MIA del PH El Cajón, se lograron obtener promedios mensuales para dicho gasto y el escurrimiento total.



**Figura 43. Gasto promedio anual en m<sup>3</sup>/s.**

<sup>15</sup> Actualización del estudio hidrológico del Estudio de factibilidad del PH La Yesca, Jal.-Nay. Eje La Yesca. Comisión Federal de Electricidad, Diciembre 2004.

Los volúmenes medios de escurrimiento mensual en el periodo 1949-2002 en las estaciones hidrométricas son los siguientes:

**Tabla 10. Escurrimiento mensual promedio en Mm<sup>3</sup> de 1940-2002.**

Mes	EH La Yesca	EH El Caimán	EH La Yesca + EH El Caimán
Enero	109,36	29,88	139,24
Febrero	93,43	12,81	106,24
Marzo	105,67	6,63	112,30
Abril	104,48	6,61	111,09
Mayo	111,10	5,13	116,23
Junio	168,27	32,39	200,66
Julio	506,35	195,94	702,29
Agosto	612,52	257,73	870,25
Septiembre	544,75	189,60	734,35
Octubre	298,39	69,90	368,29
Noviembre	154,80	19,33	174,14
Diciembre	112,58	12,87	125,45
<b>suma</b>	<b>2 921,70</b>	<b>838,83</b>	<b>3 760,53</b>

Los caudales de escorrentía presentan variaciones estacionales tanto en el Río Santiago como en el Río Bolaños, incrementándose en los meses de la temporada de lluvias (el 76% del escurrimiento se presenta entre los meses de Junio a Octubre y el 24% en el resto del año) y con pequeñas variaciones en el registro dependientes de eventos meteorológicos extraordinarios como ciclones o nevadas en las partes altas de las cuencas. Un fenómeno similar de aumento en la temporada de lluvias se observa en el comportamiento del gasto en ambas estaciones.

**Tabla 11. Gasto mensual promedio en m<sup>3</sup>/s de 1949-2002.**

Mes	EH La Yesca	EH El Caimán	EH La Yesca + EH El Caimán
Enero	40,83	11,16	51,99
Febrero	38,28	5,25	43,53
Marzo	39,45	2,48	41,93
Abril	40,31	2,55	42,86
Mayo	41,48	1,92	43,39
Junio	64,92	12,49	77,41
Julio	189,05	73,16	262,21
Agosto	228,69	96,23	324,91
Septiembre	210,17	73,15	283,31
Octubre	111,41	26,10	137,50
Noviembre	59,72	7,46	67,18
Diciembre	42,03	4,81	46,84
<b>promedio</b>	<b>92,19</b>	<b>26,39</b>	<b>118,59</b>



El escurrimiento y gasto mensual promedio para el periodo de 1949 a 2002 se presenta en la siguiente gráfica:

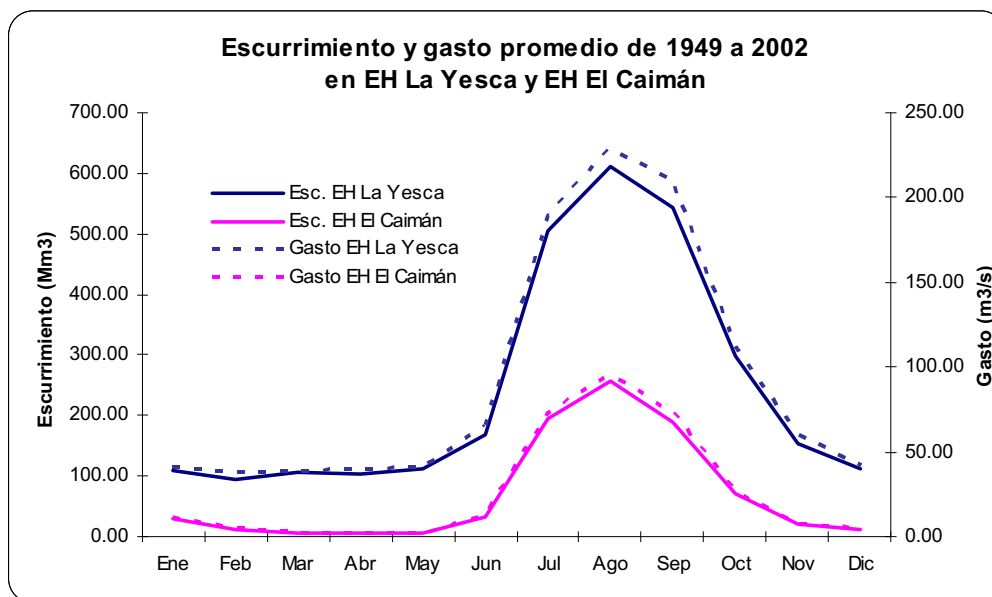


Figura 44. Gasto promedio anual en m<sup>3</sup>/s.

Agregándole a la suma de lo registrado en las dos estaciones, la estimación para la cuenca propia entre dichas estaciones y el PH La Yesca arroja un escurrimiento anual neto de 3 765,02 Mm<sup>3</sup>:

Tabla 11. Escurrimiento total y gasto en el sitio del PH La Yesca estimado a partir de datos históricos.

Mes	EH La Yesca + EH El Caimán + cuenca propia	
	Escurrimiento (Mm <sup>3</sup> )	Gasto (m <sup>3</sup> /s)
Enero	139,41	52,0
Febrero	106,37	43,6
Marzo	112,44	42,0
Abril	111,22	42,9
Mayo	116,37	43,4
Junio	200,90	77,5
Julio	703,13	262,5
Agosto	871,29	325,3
Septiembre	735,22	283,7
Octubre	368,73	137,1
Noviembre	174,34	67,3
Diciembre	125,60	46,9
<b>suma</b>	<b>3 765,02</b>	<b>118,7</b>

El Estudio Hidrológico para el PH La Yesca realizado por la CNA parte la información arrojada por estas dos estaciones hidrométricas. Como el estudio se realizó para los escurrimientos de la cuenca de aportación al PH La Yesca en un futuro, se realizaron algunos ajustes en estos caudales para calcular el escurrimiento total que podría recibir el PH una vez construido, para esto:

1. Se agregó la cuenca de aportación entre las dos estaciones y el PH La Yesca que resulta de 62 km<sup>2</sup>,
2. Se eliminaron las aportaciones del Lago de Chapala al Río Santiago,
3. Se descontó la dotación futura del Río Verde al Estado de Guanajuato según DOF 17 de noviembre de 1997 de 3,8 m<sup>3</sup>/s,
4. Se restaron los retornos históricos de descargas de aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), sobre la base de un caudal promedio de 10 m<sup>3</sup>/s,<sup>16</sup>
5. Se sumaron los retornos futuros de aguas negras de la ZMG, considerando un factor de retorno del 70%, y
6. Se restaron los caudales para el pronóstico de abastecimiento de agua para la ZMG, considerando un crecimiento poblacional de 1% anual y una dotación doméstica e industrial de 250 l/hab/día involucrando todas las fuentes de abastecimiento

Con todos estos ajustes se obtuvo una nueva estimación para el escurrimiento de 3 088,19 Mm<sup>3</sup>/año en el sitio del PH La Yesca:

**Tabla 12. Gasto y escurrimiento total proyectado para el sitio del PH La Yesca.**

Mes	Total para el PH La Yesca	
	Escurrecimiento (Mm <sup>3</sup> )	Gasto (m <sup>3</sup> /s)
Enero	107,82	40,3
Febrero	77,75	31,9
Marzo	81,07	30,3
Abril	79,99	30,9
Mayo	78,66	29,4
Junio	159,36	61,5
Julio	627,35	234,2
Agosto	779,94	291,2
Septiembre	625,62	241,4
Octubre	273,30	102,0
Noviembre	112,78	43,5
Diciembre	84,54	31,6
<b>suma</b>	<b>3 088,18</b>	<b>97,4</b>

<sup>16</sup> A partir de estimaciones de la Comisión Estatal de Agua de Jalisco

Aunque no se tienen datos horarios sobre el caudal del Río Santiago en distintas EH, es sabido mediante observaciones de campo y por información proporcionada por pobladores de la región, que el nivel del río tiende a ser menor por la mañana que por la tarde, registrándose variaciones en su nivel de agua que pueden superar el metro de altura. Estos cambios de nivel se registran particularmente entre la presa de Santa Rosa y la confluencia con el Río Bolaños. Se asume que estas variaciones son debidas a la liberación del agua turbinada desde la presa de Santa Rosa y que han sido de magnitud similar durante la historia de funcionamiento de esta presa.

La CFE también ha calculado la cantidad de azolve en suspensión a partir de datos obtenidos en las estaciones hidrológicas. En la EH La Yesca se registró en promedio de varios años una carga sedimentaria de 1,59 Mm<sup>3</sup>/año, mientras que la EH El Caimán registró 2,97 Mm<sup>3</sup>/año. Es importante recalcar que aunque el área de captación y el caudal del Río Santiago son mayores que los del Río Bolaños, el volumen de azolve es menor debido a que en el cauce del Santiago existen varias presas que retienen los sedimentos generados aguas arriba, creando un efecto en cascada hasta llegar al mar. En la actualidad existen varias presas desde el comienzo del Río Santiago en el Lago de Chapala: Las Juntas, La Intermedia, Colimilla, Santa Rosa, aguas arriba del PH La Yesca.

La presa de Santa Rosa fué construida entre 1957 y 1964, con la central de generación de energía eléctrica Manuel M. Diéguez, y tiene una capacidad de 290 Mm<sup>3</sup>. que resulta reguladora del caudal y de la calidad del agua del Río Santiago aguas arriba del sitio propuesto para el PH La Yesca. Actualmente, continúa la generación de electricidad, pero la presa se encuentra azolvada por la gran cantidad de sedimento que retiene. Agotada su capacidad de retención se tiene la incertidumbre de cómo se manejarán los sedimentos transportados por el río.



**Figura 45. Nuevas planicies aluviales formadas en la cola del embalse de Santa Rosa por deposición de la carga sedimentaria del Río Santiago.**

Las presas del PH El Cajón (en construcción) y PH Aguamilpa – y la presa menor de San Rafael- se localizan aguas abajo. Esta situación de presas en cascada a lo largo de la cuenca provoca que la cantidad de sedimentos que llega a la zona de desembocadura sea prácticamente la acumulada en la cuenca de captación desde la última presa (Aguamilpa), pues los sedimentos van quedando atrapados en los embalses aguas arriba.

#### **IV.2.1.6.1 Cuenclas Superficiales de Orden Regional**

La pendiente media del Río Santiago entre la confluencia con el Río Verde hasta la confluencia con el Río Huaynamota es de aproximadamente 0,32 %, y presenta depósitos importantes de carga sedimentaria tractiva, saltación y suspensión en su lecho.

El flujo que sale del Lago de Chapala hacia el Río Santiago es prácticamente nulo en estiaje, pudiendo aumentar, controlado por obras de ingeniería, luego de temporadas importantes de lluvia. Por esto, el agua que transporta el río a partir de su origen en el Lago de Chapala puede ser considerado únicamente aquél que va siendo recolectado en la cuenca de aportación.

El Río Verde es el principal afluente natural del Río Santiago en su cuenca alta. Los principales tributarios de su cuenca baja son los Ríos Juchipila, Bolaños, Chico y Huaynamota (este río descarga aguas abajo del PH La Yesca), respectivamente.

El Río Santiago podría variar su caudal debido a las obras y extracciones planeadas tanto en su cauce como en la cuenca de aportación. En la cuenca alta, el Río Verde tiene otorgada una dotación para el Estado de Guanajuato de 3,8 m<sup>3</sup>/s. Asimismo, se tiene proyectada una presa para el abastecimiento de agua potable para la zona conurbana de Guadalajara (ZCG) , aguas abajo de la confluencia del Río Santiago con el Río Verde en el poblado de Arcediano, - conocida como Presa de Arcediano- lo que otorgaría otro monto de extracción al caudal de aproximadamente 10 m<sup>3</sup>/s. Además de la extracción hay que considerar un aumento por el caudal de retorno de aguas residuales de la misma ZCG. Con estas consideraciones, el sitio del PH La Yesca tendría una reducción en su escurrimiento neto anual de 3 765,02 a 3 088,18 Mm<sup>3</sup>. Este total podría reducirse aún más en caso de que los montos de aprovechamiento del Río Verde no sean aprovechados en su totalidad por los Estados de Guanajuato y Jalisco.



**Figura 46. Presas en la cuenca del Santiago y localización de sitio de cortina del PH La Yesca.**

Aunque antropogénico, el aporte que tiene la ZCG al Río Santiago es considerable, ya que parte del agua proviene de acuíferos subterráneos de la ZCG misma.

En estos términos, es importante resaltar que este aporte tiene mayor repercusión aguas abajo debido a su calidad que a su flujo. Hasta el momento del estudio, se descarga directamente el agua residual al Río Santiago mediante cauces lóticos permanentes y modificados (principalmente Arroyo Osorio, Arroyo San Andrés, Río San Juan de Dios, Río Andrés, Río Atemajac, Río Blanco). El agua residual, recibe a lo sumo un tratamiento primario por cribado antes de ser descargada al Santiago.

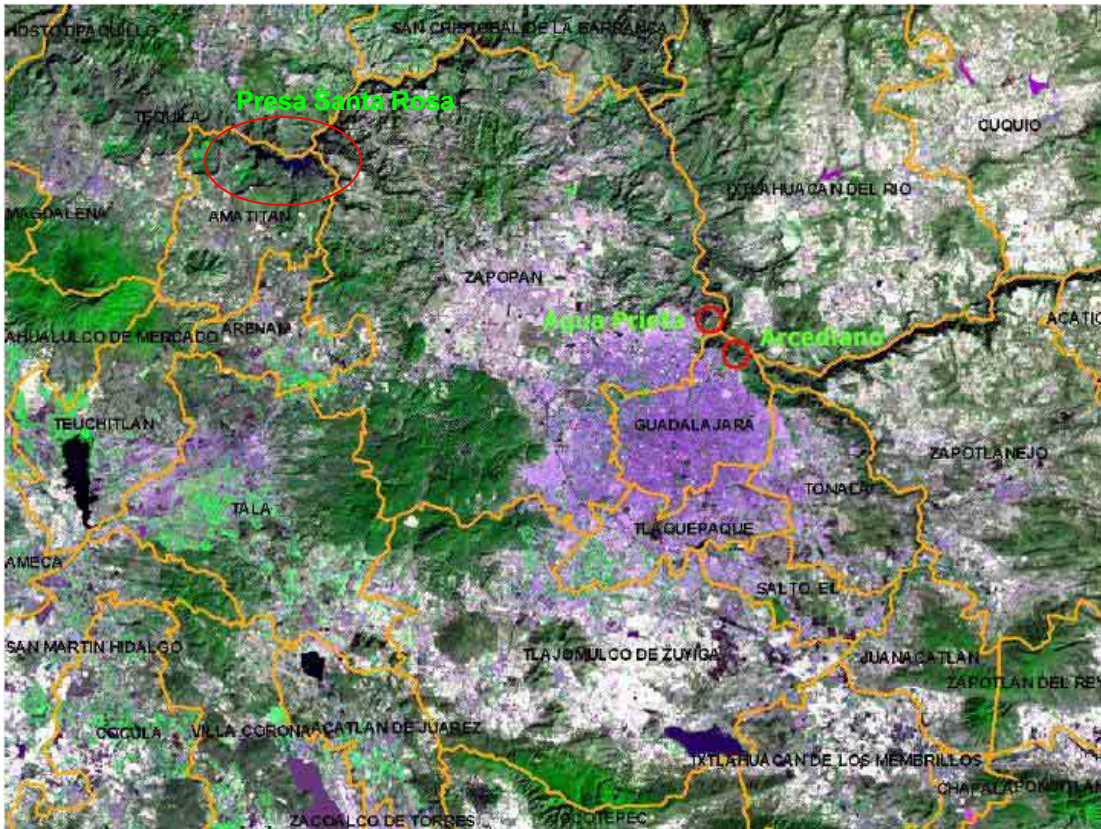


Figura 47. Localización relativa de los sitios de descarga de aguas residuales de la zona conurbada de Guadalajara y La Presa de Santa Rosa.

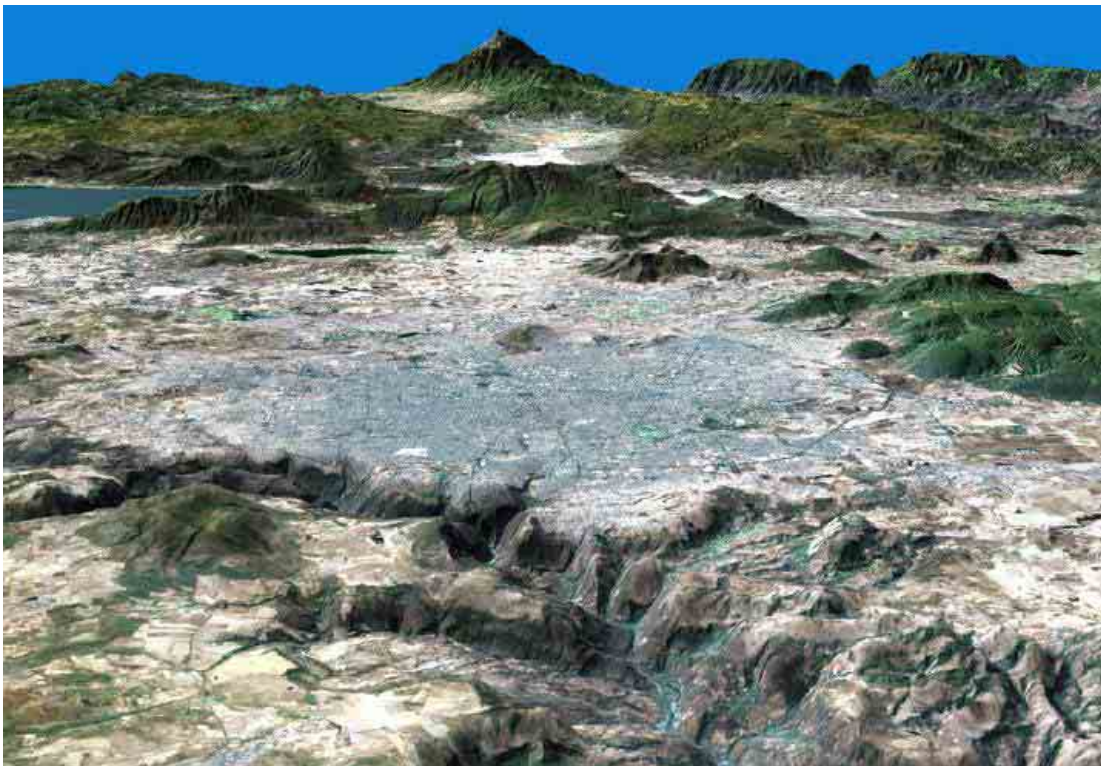


Figura 48. Modelado tridimensional de la zona conurbada de Guadalajara sobre el Río Santiago, aguas arriba del área de estudio del medio físico y natural.



**Figura 49. Localización de los sitios de embalse del Río Santiago en Arcediano y de descarga de las aguas residuales tratadas de la ZCG.**

En la zona del embalse, aguas abajo del PH Santa Rosa y en la margen izquierda del Río Santiago, descargan cursos de agua provenientes de microcuencas donde se ubican las poblaciones de Tequila y Magdalena. Estos afluentes transportan descargas de aguas residuales (figura 50) y aunque no aportan un caudal importante al Río Santiago, sí representan una fuente extra de contaminantes que impactarían localmente la calidad del agua tanto del Río Santiago como del embalse proyectado, principalmente en sus niveles máximos.

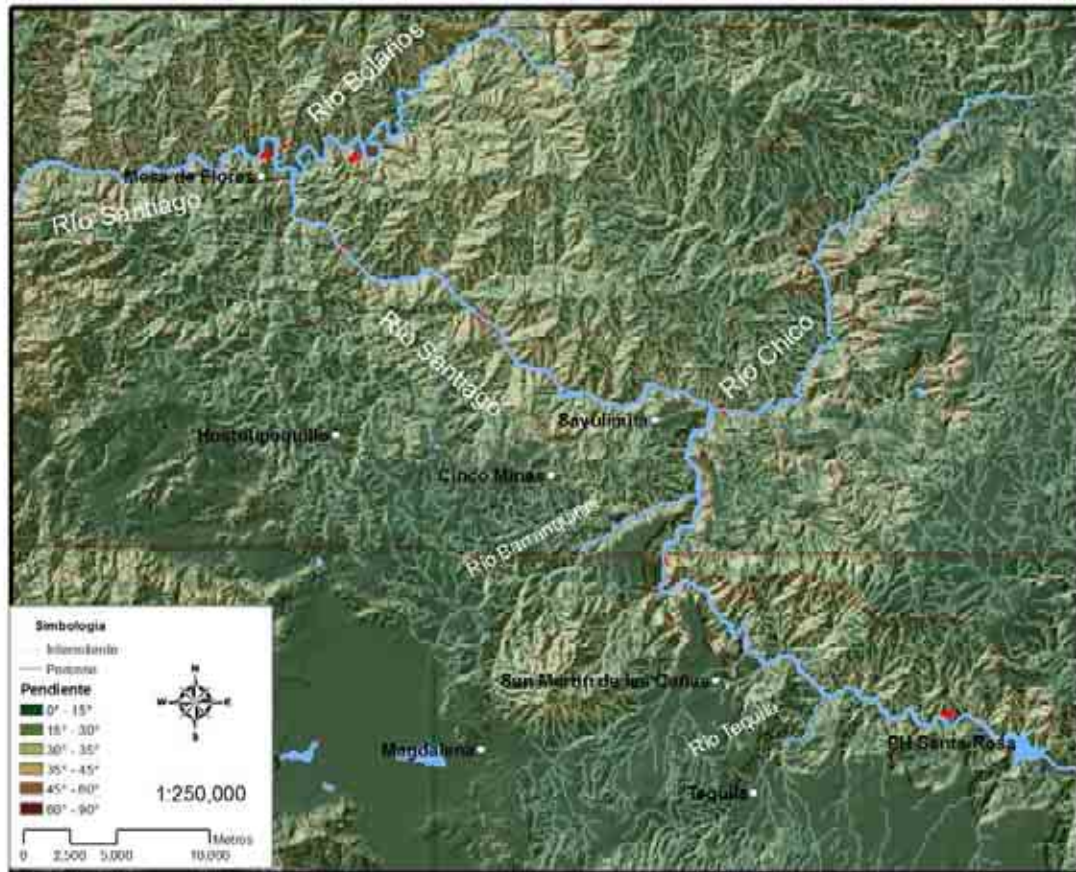


Figura 50. Modelo de pendientes e hidrografía superficial de la región del PH La Yesca.

A continuación se describen los principales afluentes del Río Santiago en orden de confluencia:

*Río Verde:* su colector mide 350 km. Se inicia 20 km, al Sur de Zacatecas. Tiene dos tramos que definen su rumbo general, tomando al Río Aguascalientes como su principal formador, desde sus orígenes hasta la entrada del Río Lagos, con dirección N-S y un recorrido de 200 km. En el segundo tramo el rumbo es S 45° W, con un recorrido de 150 km a partir de la confluencia con el Río Lagos y hasta su entrada en el Río Santiago. El rumbo general de todo el colector es SW, su pendiente general es de 0,37 % y su área total es de 20 502 km<sup>2</sup>.

*Río Juchipila:* la longitud de su colector es de 250 km, siendo su dirección S 20° W con un recorrido de 230 km. En los últimos 18 km su dirección es W.W. El nacimiento de este afluente se dá a los 2 600 msnm. Al confluir con el Río Santiago (a los 800 msnm), la pendiente media es de 0,72 %. Su área de cuenca es de 8 552 km<sup>2</sup>.

*Río Bolaños:* su colector principal tiene una longitud de 320 km hasta la confluencia con el Río Santiago, con una dirección predominante SW y dividido en tres tramos principales: 1) S 20° W con un recorrido de 125 km,



2) dirección W de 60 km y, 3) dirección S 20° W de 135 km de longitud. La pendiente media es de 0,74 %. Tiene sus orígenes a los 2 753 msnm y confluye con el Río Santiago a los 400 msnm. El área total de su cuenca es de 21,3 km<sup>2</sup>. El Río Bolaños es uno de los más importantes de la zona Norte del Estado de Jalisco. En la actualidad la calidad del agua que transporta es buena, permitiendo la existencia de vida acuática y aportando un caudal importante al Río Santiago.

En los alrededores del poblado de San Martín de Bolaños (parte media de la cuenca) y en el valle del Río Bolaños, existen varias presas de jales construidas con fines de actividad minera regional. Estas presas de jales que ocupan un área mayor a los cientos de metros cuadrados y espesores que llegan a superar los 5 metros, alojan material de rechazo de la actividad minera y de enriquecimiento. Los minerales explotados en la zona son metálicos y la cianuración forma parte del proceso de enriquecimiento del mineral.

En las presas de jales no se observan obras de ingeniería que pudieran minimizar el riesgo de derrames, pérdidas o colapsos. Los depósitos de material pueden estar en riesgo de rompimiento debido a que se encuentran cercanas al máximo de su capacidad. Ello significa un grave riesgo de afectación a la calidad del agua del Río Santiago por contaminación con cianuros y metales pesados de los jales por contingencia o por manejo inadecuado en su fase de abandono.

#### **IV.2.1.6.2 Cuenclas Superficiales en el *Ámbito del área de estudio del medio físico y natural de Estudio***

##### **Río Chico:**

La subcuenca del Río Chico – de 822 km<sup>2</sup> - representa un sector del territorio del área de estudio del Medio Físico y Natural del proyecto que se caracteriza por su difícil acceso, relativo aislamiento y como consecuencia el bajo impacto antrópico. En términos relativos, el sector occidental de la subcuenca del Río Chico es la que menos ha sido afectada geomorfológicamente por la erosión regresiva generada por el rápido descenso relativo del cauce del Río Santiago durante el Cuaternario.

El Río Chico presenta régimen permanente y -a pesar que sus caudales no son relevantes en la conformación de hábitats particulares en la temporada de estiaje- presenta buena calidad de sus aguas y prácticamente nulas modificaciones en su cauce y terrazas.

Las cuencas de captación de sus afluentes son medianamente extendidas en comparación de otros afluentes directos del Santiago en el área de estudio del medio físico y natural de estudio, del orden de miles de hectáreas (figura 51). El territorio de la subcuenca presenta relieves relativos más importantes en su sector oriental, componiendo un paisaje de elevada energía de relieve con dominancia de los procesos de erosión y transporte. El diseño en planta de los cauces está controlado por la estructura geológica.

Los cursos de agua afluentes del Río Chico presentan régimen intermitente aunque el subálveo del cauce de los principales cursos de cuarto y quinto orden alojan agua subterránea en los depósitos fluviales de su cuenca baja durante todo el año (figura 51). En el sector oriental, a una distancia del cauce menor a 10 km en las áreas circundantes a la confluencia del Río Santiago con el Río Chico, los cursos de agua han labrado valles de laderas con pendientes cercanas a 80%. En estas laderas se registran una cobertura vegetal distintiva.

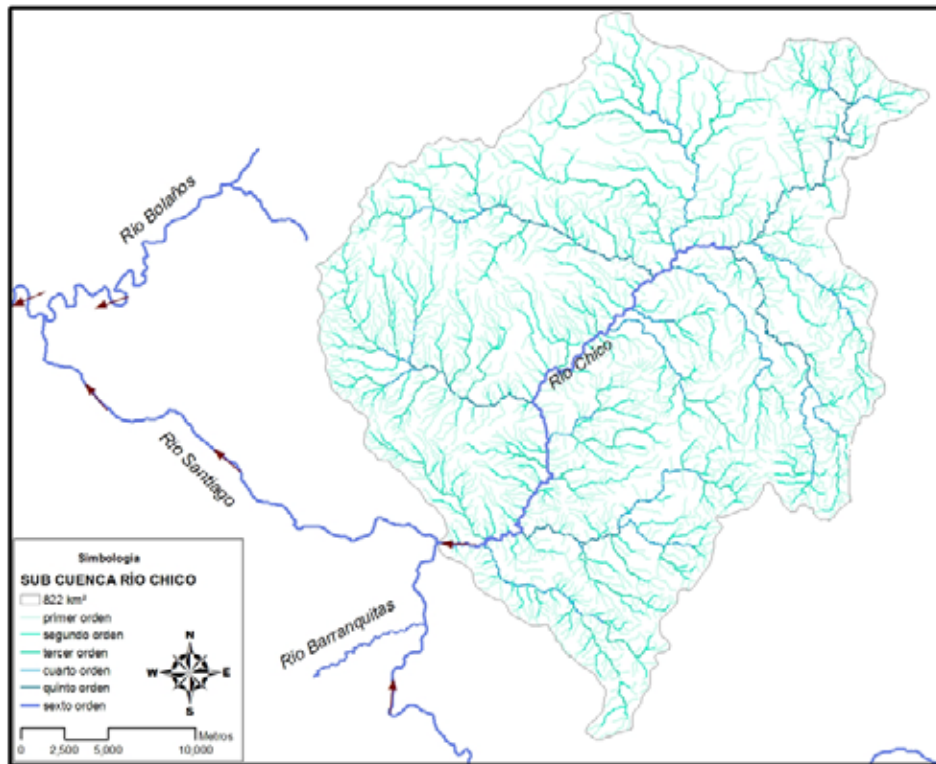


Figura 51. Red de drenaje y órdenes de cursos en la cuenca del Río Chico.

Por no existir fuentes de contaminación antrópica relevantes, ni grandes áreas importantes de hidrotermalismo registradas en la subcuenca, se asume que la calidad del agua en la subcuenca del Río Chico es elevada. El Río Chico representa un recurso de unicidad en una zona donde los otros cursos de agua permanentes (los Ríos Tequila y Santiago) se encuentran altamente contaminados antropogénicamente.

#### IV.2.1.6.3 Área Planeada para la Cortina y Principales Obras de Ingeniería Civil

El área donde se proyecta construir la cortina del PH La Yesca y las principales obras de ingeniería civil principales se localiza a pocos kilómetros aguas debajo de la confluencia de los Ríos Bolaños y Santiago. Esta zona presenta un relieve relativo de pendientes muy marcadas hacia el Río Santiago y el cauce del Santiago representa el nivel de base de erosión general.

La red de drenaje es dendrítica con cursos de agua principales con lineamientos subparalelos por control estructural. Sobre las laderas de elevada pendiente se desarrollaron con densidad media, cursos de agua superficial de primer a tercer orden, de orientación predominante cercana al N-S, NNE-SSO, NNO-SSE y E-O como orientación subordinada. Las cuencas de captación son relativamente pequeñas, del orden de unidades a centenas de hectáreas pero han compuesto un paisaje de elevada energía de relieve con dominancia de los procesos de erosión y transporte. (figura 52).

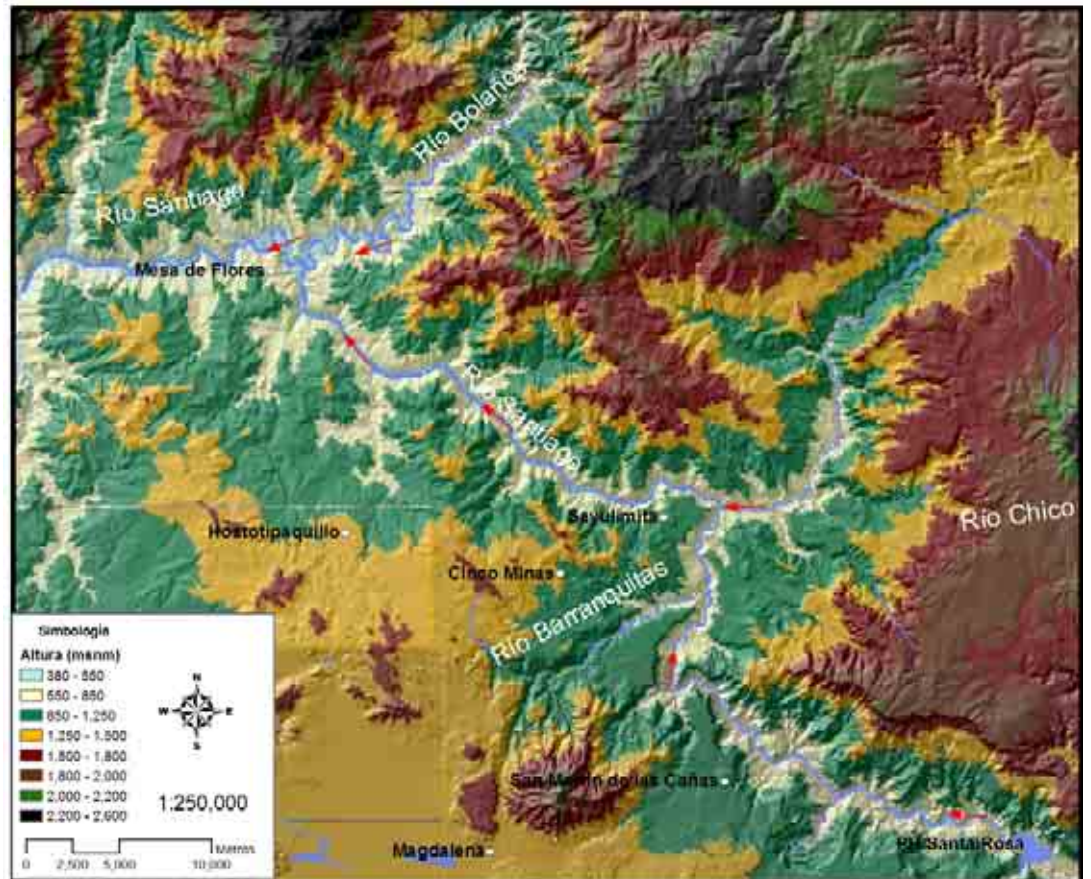


Figura 52. Mapa hipsométrico y red drenaje.

En las áreas circundantes al Río Santiago y al sector bajo del Bolaños -a no más de 10 km de distancia del cauce- las laderas tienen pendientes muy pronunciadas, con gradientes de hasta 20%. Esta situación provoca que el agua que escurre por estas laderas tenga una alta velocidad y que por lo tanto haya alta energía cinética y capacidad de carga. La escorrentía encauzada, con rápido arrastre de rodados y sedimentos, termina depositándose una vez que disminuye la velocidad en el momento de que descargan las aguas en sus niveles de base de erosión locales, representados principalmente por el cauce de los Ríos Bolaños y Santiago.

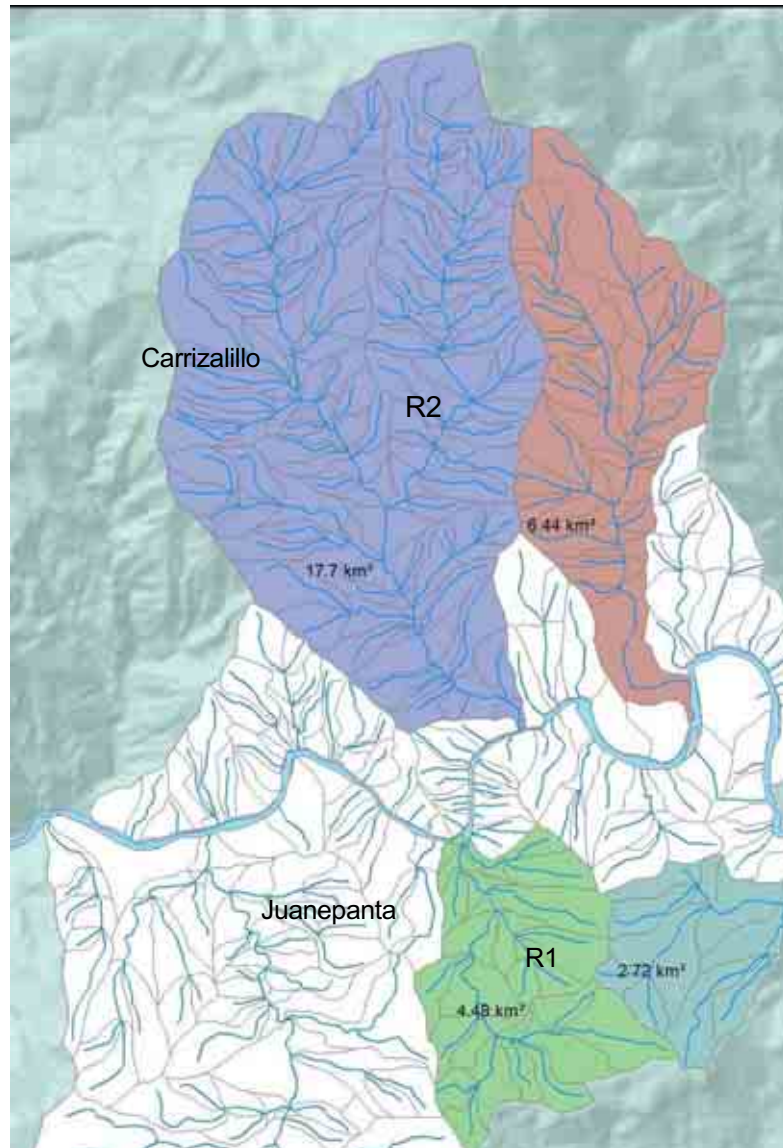


Figura 53. Principales cursos de agua con sus cuencas de aportación en la subunidad área de cortina y principales obras de ingeniería civil.

Con la excepción del Río Chico, el Río Santiago y el Río Bolaños, los cursos de agua en la zona de estudio presentan régimen temporal o intermitente, con caudales máximos en la temporada de lluvias.<sup>17</sup> Las pendientes medias gobernadoras de escurrimiento son muy fuertes, lo que ocasionan que el agua tarde muy poco tiempo (unas cuantas horas como máximo) en llegar desde el punto más alto de su cuenca de aporte hasta las zonas cercanas al Río Santiago o a los sectores de obra del proyecto. En el área propuesta para la cortina del PH La Yesca se estiman tiempos de concentración menores a una hora, que corresponden al tiempo que tarda en llegar el escurrimiento desde la parte más alejada de la cuenca hasta el punto más bajo de la misma. En escenarios desfavorables el tiempo de concentración puede igualar la duración de la lluvia, dadas las características de precipitación en la región.

<sup>17</sup> El Río Tequila presenta un régimen permanente de origen antropogénico.

En la margen derecha sólo el arroyo Carrizalillo y otros dos cursos sin nombre presentan longitudes mayores a los 10 Km. En la margen derecha los cursos de agua superficial presentan menor desarrollo relativo. En la zona de las obras principales, sobre la margen derecha, el subálveo de sus cauces, permitiendo el crecimiento de vegetación riparia. En el sector crítico de construcción de la cortina y obras de conducción y generación, sólo el arroyo Carrizalillo y otros dos cursos sin nombre que descargan en la margen derecha del Río Santiago presentan longitudes mayores a 10km y el desarrollo de depósitos de fondo. En la margen izquierda los cursos de agua superficial presentan menor desarrollo relativo. El arroyo Juanepanta presenta una red de drenaje densa y afloramiento del agua del subálveo en forma de manantial, desembocando aguas abajo del sitio propuesto para la cortina (figura 53).

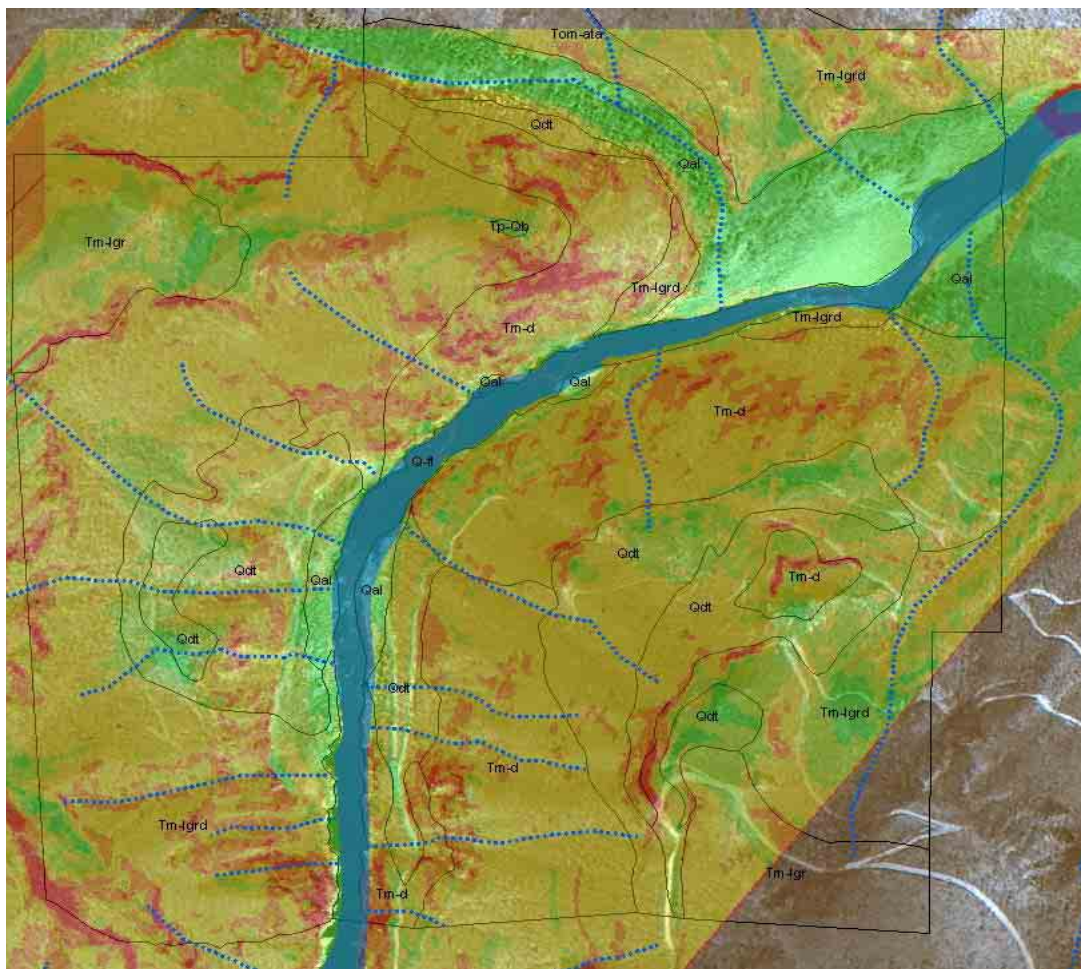


Figura 54. Zona de la cortina y obras de conducción con modelo de pendientes, geología e hidrografía local con cursos de primer orden.

En la figura 54 pueden apreciarse la combinación de factores como pendiente, geología superficial y la extensión escasa de los cursos de agua que pueden ser afectados por –y afectar a- las obras y actividades planeadas en este sector.

Aguas abajo del PH La Yesca se encuentra en construcción el P.H El Cajón, cuyo vaso alcanzará la base de la cortina del PH La Yesca en el nivel máximo (figura 55). Al momento del estudio, debido a que aún se encontraba en construcción, no se registró el cambio de régimen de cuerpos lóticos a lénticos aguas debajo del sitio de cortina del PH La Yesca. Esta situación será precedente al proyecto evaluado una vez que se esté completando el llenado del embalse del PH El Cajón.



Figura 55. Nivel máximo del PH El Cajón y zona proyectada para la cortina del PH La Yesca.

Por la formación del cuerpo léntico del embalse del PH El Cajón los procesos de erosión por descenso gradual del fondo aguas debajo de la cortina del PH La Yesca serán mínimos y se desarrollarían en una franja de corta extensión relativa durante los niveles mínimos del embalse del PH El Cajón. El área ocupada por la zona de variaciones de niveles del embalse incluye la misma cortina del PH La Yesca y los volúmenes de rodados y sedimentos de fondo de cauce que se planean utilizar como banco de materiales para la construcción de la cortina. De esta manera, los fenómenos erosivos de los depósitos sedimentarios remanentes y de afloramientos de fondo alternarían con procesos de redepositación sedimentaria en forma de microdeltas en las posiciones sucesivas del inicio del embalse durante temporadas de menor caudal de descarga.

#### IV.2.1.6.4 Descripción de los Cuerpos de Agua Superficial en el Área de Cortina y Principales Obras de Ingeniería Civil

Los principales cuerpos de agua de la zona son el Río Santiago y el Río Bolaños, que en el área de estudio del medio físico y natural ya están unidos y mezcladas sus aguas. No existen además de estos dos ríos ningún otro cuerpo de agua de importancia mayor.

Además de estos dos ríos, no existe ningún otro curso de agua que sea perenne, sólo arroyos intermitentes que drenan únicamente al río Santiago después de las tormentas durante la temporada de lluvias. De los arroyos que descargan en la zona de estudio hay cuatro que por la superficie de su cuenca de aportación se consideraron de importancia; el resto tiene una cuenca tan pequeña que apenas han definido sus cauces en la orografía:

**Tabla 13. Cuencas de aportación al Río Santiago.**

Corriente	Punto de descarga al Río Santiago		Longitud del cauce principal (m)	Superficie de la cuenca de aportación (km <sup>2</sup> )	Observaciones
	x	y			
R1	596 282	2 342 907	3 070	2,72	Arroyo esporádico de tercer orden con desembocadura sobre la margen izquierda del Río Santiago 600 m aguas arriba de la confluencia con el Río Bolaños
R2	594 638	2 344 820	6 670	6,45	Arroyo temporal de tercer orden con desembocadura sobre la margen derecha del Río Santiago 3,5 km aguas abajo de la confluencia con el Río Bolaños
Carrizalillo	592 995	2 344 368	8 400	17,75	Arroyo temporal de cuarto orden con desembocadura sobre la margen derecha del Río Santiago 6,1 km aguas abajo de la confluencia con el Río Bolaños y 700 m aguas arriba de la posible cortina del PH La Yesca
Juanepanta	592 464	2 343 309	4 240	4,49	Arroyo temporal de tercer orden con desembocadura sobre la margen izquierda del Río Santiago 7,4km aguas abajo de la confluencia con el Río Bolaños, y 640 m aguas abajo de la posible cortina del PH La Yesca

#### IV.2.1.7 Hidrología Subterránea

De acuerdo a la denominación y delimitación de acuíferos generada por la CNA a nivel de macro, el área de estudio del medio físico y natural del P.H. La Yesca está comprendida en tres acuíferos. En la parte de Jalisco los acuíferos correspondientes son los oficialmente denominados con los nombres de Tequila y San Martín de Bolaños, con las claves 1437 y 1456 respectivamente (figura 56) y en el Estado de Nayarit abarca el acuífero denominado Valle Santiago-San Blas con la clave 1803 (figura 57).

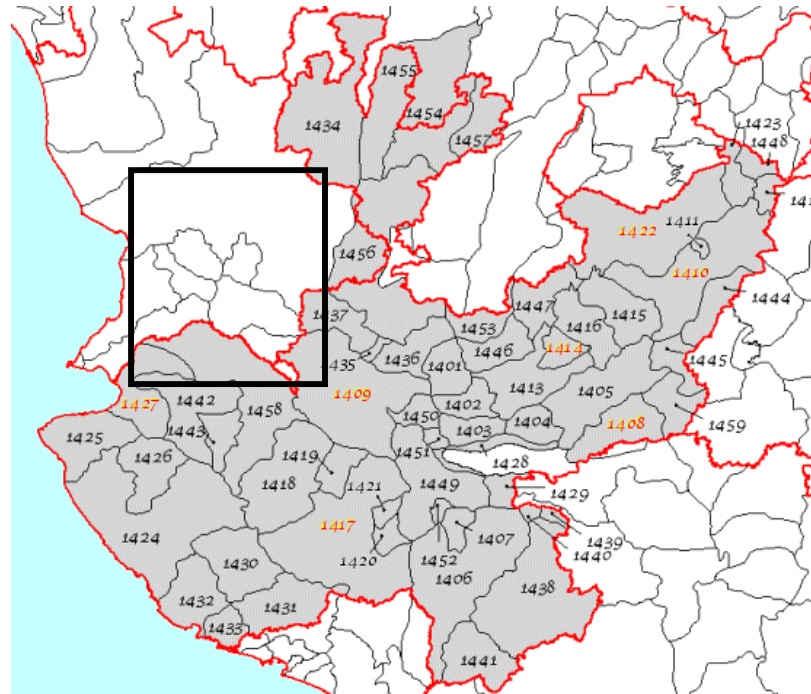


Figura 56. Delimitación oficial de acuíferos del Estado de Jalisco (CNA).



Figura 57. Delimitación oficial de acuíferos del Estado de Nayarit (CNA).



En el área de estudio del medio físico y natural los cuerpos importantes de agua subterránea (acuíferos) se presentan confinados a semiconfinados alojados en el grueso paquete (> 500 m) de rocas volcánicas fracturadas de la SMO, unidades que presentan características hidrogeológicas negativas en términos de porosidad, conductividad hidráulica y potencialidad hídrica. Las condiciones hidrogeológicas negativas y la precaria situación económica de rancherías y comunidades han impedido la exploración / explotación del recurso por medio de pozos profundos de abastecimiento.<sup>18</sup> En las campañas previas de perforación con broca de diamante implementadas por la CFE en el área de la boquilla, se identificaron niveles freáticos a elevaciones de 390 a 400 msnm, niveles que presentan un gradiente hidráulico subparalelo al relieve topográfico.

Se reconoce que en sitios de características geomorfológicas adecuadas, relativamente cercanos a la boquilla, existen condiciones geológico – estructurales y de recarga favorables para localizar agua subterránea de buena calidad y con caudales iguales o superiores a 10 lps.

La mayoría de rancherías y comunidades se abastecen por medio de manantiales, recurso que en las poblaciones mayores es conducido por tubería – gravedad/bombeo (Hostotipaquillo, La Estanzuela, San Pedro Analco, Cinco Minas, Santo Domingo). El resto de comunidades tradicionalmente lo han venido haciendo por medio de recipientes transportados a mano o en bestia. Agua que en muchos de los casos no es clorada ni hervida. De acuerdo al censo de fuentes de abastecimiento de uso doméstico, pecuario o de riego, el área a ser embalsada no afecta ninguna fuente utilizada por rancherías y/o comunidades.

Todos los manantiales son de tipo perenne y con gastos reducidos. Ordinariamente ocurren a través de fracturas o en zonas de contacto de los depósitos de talud con la roca impermeable subyacente.

#### **IV.2.1.7.1 Calidad del agua subterránea**

Con soporte en el censo y análisis hidroquímicos de algunos manantiales y pozos ubicados en las distintas subunidades, se lograron determinar las características físicas y químicas de los acuíferos. Los resultados indicaron la presencia de contaminantes naturales en las aguas subterráneas que afloran en el área de Mesa de Flores. La presencia de estos contaminantes está relacionada con las zonas geológicas de alteración hidrotermal registradas.

Existen en el área donde se proyectan las obras de cortina y conducción, distintas zonas de alteración hidrotermal que históricamente han sido exploradas y temporalmente explotadas por empresas mineras por contener mineralización de metales preciosos (oro, plata,) y básicos (cobre, hierro, plomo, zinc. etc.). La mineralización metálica incluye otros elementos como

---

<sup>18</sup> Con apoyo en la cartografía geológica regional disponible y la validación geológica realizada para este estudio, se ha logrado establecer la distribución espacial y temporal de las unidades estratigráficas mayores de relevancia hidrogeológica. La geología regional está representada básicamente por potentes espesores (> 500 m) de ignimbritas, tobas y andesitas oligo-miocénicas (Sierra Madre Occidental, SMO), rocas afectada por intrusiones de granodiorita – tonalita y diques de dolerita. Conjunto litológico localmente cubierto por remanentes mio-pleistocénicos de basalto y andesita (Faja Volcánica Transmexicana, FVTM). Las exposiciones de rocas volcánicas pre-holocénicas (SMO y FVTM) están cubiertas parcialmente por irregulares pero normalmente delgadas acumulaciones de suelos y depósitos fluvio – aluviales recientes.

el arsénico, aluminio, fierro, azufre, antimonio, bismuto, mercurio, sílice, etc. los cuales finalmente contaminan en mayor o menor grado el agua subterránea. Los sistemas hidrotermales fósiles antes descritos, local y estructuralmente están ligados a sistemas geotermales activos. Esta vinculación ha afectado la calidad del agua de numerosos manantiales.<sup>19</sup>

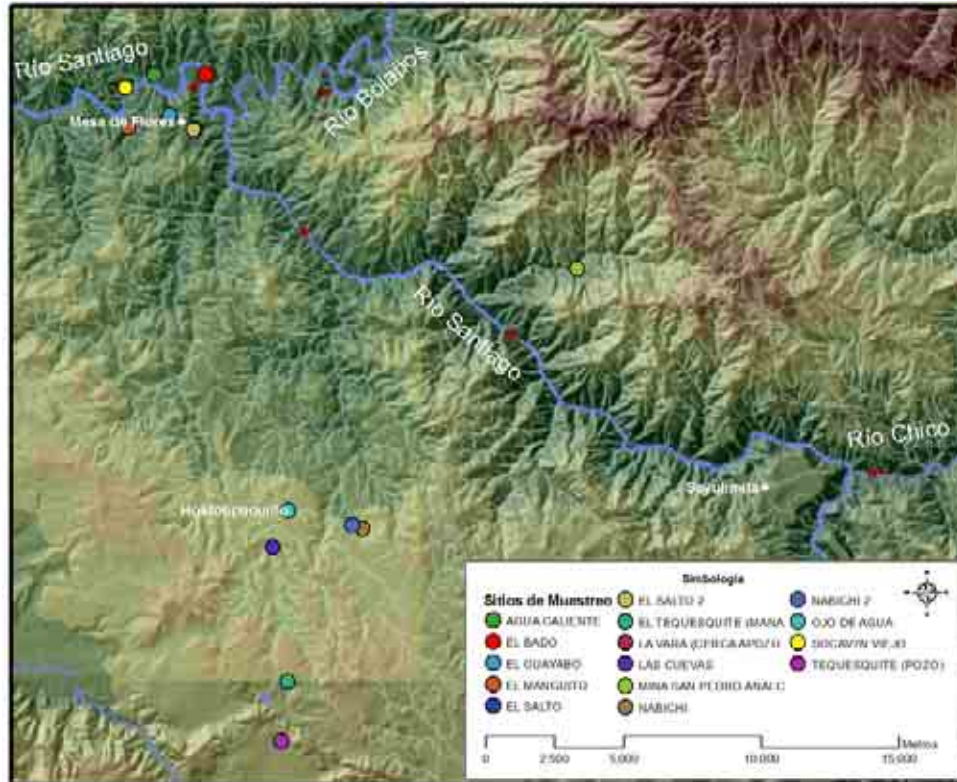


Figura 58. Ubicación de puntos de muestreo de manantiales.

#### IV.2.1.7.2 Resultados del muestreo hidrogeológico

Para establecer una línea de base de la calidad del agua subterránea en las subunidades hidrogeológicas se seleccionaron, muestrearon y analizaron un total de 15 aprovechamientos ubicados en cuatro zonas consideradas con mayor potencial vulnerable: Mesa de Flores, Hostotipaquillo, San Pedro Anaco y Apozolco.

Para determinar si la calidad del agua subterránea es apropiada para consumo humano, se tomó como referencia lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994<sup>20</sup>. Los parámetros analizados incluyeron: pH, temperatura, conductividad eléctrica, color, turbiedad, aluminio (Al), arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cianuros (CN), cloro (Cl), cobre (Cu), dureza total, fierro

<sup>19</sup> Amplias y notables zonas de alteración hidrotermal (propilización, argilización y silicificación) afectan endógena y localmente la calidad del agua subterránea. Existen en el área de estudio del Medio Físico y Natural distintas zonas de alteración hidrotermal que históricamente han sido exploradas y temporalmente explotadas por empresas mineras por contener mineralización de metales preciosos (oro, plata,) y básicos (cobre, hierro, plomo, zinc, etc.). La mineralización metálica incluye otros elementos como el arsénico, aluminio, fierro, azufre, antimonio, bismuto, mercurio, sílice, etc. los cuales finalmente contaminan en mayor o menor grado el agua subterránea. Los sistemas hidrotermales fósiles antes descritos, local y estructuralmente están ligados a sistemas geotermales activos que han reportado temperaturas de hasta 50-70 °C (manantial de Agua Caliente).

<sup>20</sup> Norma oficial mexicana de salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites máximos permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización

(Fe), flúor (F), fosfatos totales, manganeso (Mn), mercurio (Hg), nitratos (NO<sub>2</sub>), nitritos (NO<sub>3</sub>), plomo (Pb), nitrógeno amoniacal, potasio (K), silicio (Si), sodio (Na), sólidos disueltos totales (SDT), sulfatos (SO<sub>4</sub>) y zinc (Zn)

#### **IV.2.1.7.2.1 Sector Mesa de Flores**

En el área de estudio del medio físico y natural del sector Mesa de flores se localizaron 7 manantiales identificados para este reporte como:

- Punto 1: El Guayabo
- Punto 2: Agua Caliente
- Punto 3: El Salto
- Punto 4. El Manguito
- Punto 5: El Salto 2
- Punto 6: Socavón Viejo
- Punto 7: El Vado

**El Guayabo.** Actualmente utilizado por la comunidad Mesa de Flores, principalmente para el ganado. Presenta un caudal de 1,0 l/s, una temperatura de 19,1 °C, pH ligeramente ácido (5,89) y valores fuera de normatividad en: Al (0,79 mg/l vs. 0,20 mg/l de LMP) y Fe (0,71 mg/l vs 0,30 mg/l de LMP). Debido a su calidad no óptima, no es recomendable su utilización para consumo humano.

**Agua Caliente:** Afloramiento de agua subterránea asociada local y estructuralmente a un sistema geotermal activo. Presenta un caudal de 3 lps y una temperatura de 50,70 °C. Los resultados analíticos indican valores fuera de norma en: aluminio (0,71 mg/l vs. 0,20 mg/l de LMP) y mercurio (0,0018 mg/l vs 0,001 mg/l de LMP). El pH alcalino de 7,98 (debido a que la alta temperatura ayuda a que se disuelvan más fácilmente en el agua las sales) también excede la norma. La población aledaña no se abastece de esa agua debido a su elevada temperatura, y además porque según comentarios de la gente del lugar no tiene buen sabor.

**El Salto:** manantial utilizado para uso pecuario y doméstico por la comunidad de Mesa de Flores. Presenta un caudal de 1 – 2 l/s. Los resultados analíticos reportaron valores fuera de normatividad en: arsénico (0,298 mg/l vs 0,05 mg/l de LMP); mercurio (0,031 mg/l vs. 0.001 mg/l de LMP). Este manantial es del que se abastece la mayoría de los pobladores de la zona, que utilizan el agua para beber y para lavar. Sin embargo, aunque por poco, los resultados de laboratorio indican que su agua rebasa los límites máximos de Arsénico y Mercurio para agua potable.

**El Manguito:** Ocurrencia que se ha venido utilizando por algunos pobladores de la zona y parcialmente para cubrir las necesidades básicas de los trabajadores instalados temporalmente en la boquilla del PH La Yesca durante la construcción del puente del Paso de la Yesca<sup>21</sup>. Los resultados analíticos indican valores fuera de norma en: arsénico (3,64 mg/l vs 0,05 mg/l de LMP); fierro (0,39 mg/l vs. 0,30 mg/l de LMP), manganeso

<sup>21</sup> Para su uso en sitio se instaló una manguera de aproximadamente 1 pulgada ya que el gasto es menor a 1 l/s

(0,21 mg/l vs. 0,15 mg/l de LMP) y supera ligeramente los valores permisibles de nitritos. Aunque los resultados de los análisis muestran que esta agua no es potable, puede utilizarse para las necesidades básicas de aseo.

**El Salto 2:** Utilizado para darle de beber a los animales. Tiene un caudal aproximado de 1 l/s. De acuerdo a la norma, este manantial rebasa los límites máximos permisibles de fierro (0,53 mg/l vs 0,30 mg/l de LMP) y nitrógeno amoniacal (0,728 mg/l vs 0,500 mg/l de LMP).

**Socavón Viejo:** Localizado aproximadamente a 250 m de la cortina del P.H. La Yesca; se formó a raíz de que se realizó un socavón con fines de realizar exploración geológica en la década de los 50's, es decir, no es natural sino que fue producido por causas antropogénicas. Este manantial es el más cercano al área de la cortina y tiene un caudal de aproximadamente 1 l/s. De acuerdo a los análisis realizados por el laboratorio certificado ATI (Apoyo Técnico Industrial) y en base a la NOM-127-SSA-1994 el manantial del Socavón Viejo cuenta con una excelente calidad del agua ya que no rebasa los límites máximos permisibles de los parámetros analizados.

**El Vado:** Brota de una falla expuesta en una roca sobre el camino que lleva al arroyo El Carrizalillo en la margen derecha del Río Santiago. Tiene un caudal mucho menor a los 0,5 l/s, por lo que no es aprovechado por los pobladores. Ocasionalmente algunos animales a su paso por el camino beben agua de este manantial. Los análisis de calidad del agua muestran que el único parámetro que se rebasa en este caso es el nitrógeno amoniacal (0,784 mg/l vs 0,500 mg/l de LMP).

Los manantiales Numero. 2 (Agua Caliente), 6 (Socavón Viejo) y 7 (El Vado) están ubicados en la margen derecha del Río Santiago y representan ocurrencias de agua subterránea que actualmente no son utilizadas. Cabe aclarar que este relevamiento de campo se realizó durante la época de estiaje y que por ende, en época de lluvias podrían cambiar algunos parámetros como el gasto de los manantiales. Inclusive el manantial Socavón Viejo podría quedar inundado durante la época de lluvias.

#### **IV.2.1.7.2.2 Sector de Hostotipaquillo**

- Punto 8: Nabichi
- Punto 9: Nabichi II
- Punto 10: Las Cuevas
- Punto 11: Ojo de Agua
- Punto 12: El Tequesquite (manantial)
- Punto 13. El Tequesquite (pozo)

El municipio de Hostotipaquillo actualmente se abastece de agua proveniente de cuatro manantiales principales: El Nabichi, el Nabichi II, Las Cuevas y El Tequesquite que aportan un total aproximado de 8 l/s. Según la NOM-127-SSA-1994 estos manantiales cuentan con buena calidad para su consumo humano. A pesar de esto, esta población padece escasez de

agua debido a que existe un desmedido desperdicio. Algunas personas dentro de sus casas utilizan el recurso para abrevadero o en sus sembradíos, de manera que utilizan agua de buena calidad para estos fines. Además, esta población no cuenta con un sistema efectivo de medición de agua.

El manantial *Ojo de Agua*, ubicado en el centro de Hostotipaquillo, si bien no cuenta con la calidad para agua potable por exceder el límite máximo permisible de nitrógeno amoniacal (0,568 mg/l vs 0,500 mg/l) es aprovechado por algunos de los pobladores para dar de beber a sus animales.

En el municipio de Hostotipaquillo existe un pozo profundo con calidad y cantidad suficientes para el abastecimiento actual y futuro de la población (considerando que la población aumentará de llevarse a cabo el proyecto de La Yesca). A pesar de que el pozo cuenta con calidad y cantidad suficientes, actualmente no es utilizado al máximo debido a la falta infraestructura para su mayor aprovechamiento.

#### **IV.2.1.7.2.3 Sector San Pedro Analco**

Punto 14: Mina de San Pedro Analco

En los poblados de San Pedro Analco y Pueblo Viejo el abastecimiento de agua se lleva a cabo mediante una antigua mina que ahora se encuentra abandonada. El agua emerge a aproximadamente 500 m de la entrada a la mina y existe una línea de conducción que consta de dos tubos de alrededor de 3 pulg cada uno para su distribución en la población. La mina es la única fuente de abastecimiento en esta zona.

#### **IV.2.1.7.2.4 Sector Apozolco**

Punto 15: La Vara

Esta población se abastece de manantiales, principalmente de uno llamado La Vara. Este manantial se localiza en la margen izquierda del Río Bolaños, a una altura de 669 msnm, encontrándose el río a alrededor de 30 m abajo. Aunque sólo contaba con un caudal menor a 1 l/s, el manantial tiene agua todo el año y se realizó el muestreo para conocer su calidad y registrar el dato.

En acuerdo a los resultados analíticos del muestreo y de acuerdo a lo establecido por la NOM-127-SSA1-1996, gran parte de los manantiales no cumplen con la normatividad referida y por tanto no son aptas para consumo humano. No obstante, el recurso en general se considera apropiado para uso doméstico, pecuario y actividades de riego.

#### **IV.2.1.7.3 Otros Afloramientos de Cuerpos de Agua Subterránea en el área de estudio del medio físico y natural de Influencia**

Dentro del relevamiento en campo para la elaboración de la línea de base se encontraron otros afloramientos de agua subterránea en el área de estudio del medio físico y natural aledaña a las márgenes de los Ríos Santiago y Bolaños. En estos afloramientos no se consideró necesario el muestreo y análisis de calidad del agua, sin embargo se señalan las características encontradas.

##### **IV.2.1.7.3.1 Cinco Minas**

El abastecimiento de agua en este lugar se realiza por la existencia de veneros que se encuentran alejados del cauce del Río Santiago. No se encontraron fuentes potenciales de agua subterránea o superficial que pudieran ser aprovechadas o afectadas directa o indirectamente por el proyecto.

##### **IV.2.1.7.3.2 Santo Domingo**

En esta población las fuentes de abastecimiento son en parte veneros que se alimentan en temporada de lluvias por un arroyo aledaño, que le llaman el Arroyo de Santo Domingo, sin embargo, por la altura a la que se encuentra el poblado no hay indicios de afectaciones debido al proyecto. El resto del agua la traen desde Magdalena. Los manantiales existentes en esta zona que están a la altura del Río Santiago no son utilizados por su difícil acceso.

##### **IV.2.1.7.3.3 Sayulimita**

En este poblado ubicado en la margen izquierda del Río Santiago, la fuente de agua potable proviene de manantiales. No se encontró ninguna afectación negativa a los veneros que son aprovechados por los pobladores debido al proyecto. El manantial de nombre El Guayabo que es el de mejor calidad y utilizado principalmente para consumo humano es de difícil acceso. Existe un camino truncado que fue construido por la CFE que si se extendiera haría mucho más sencillo y rápido el acceso al manantial. La mayor parte del agua para beber es transportada desde Magdalena.

##### **IV.2.1.7.3.4 San Martín de Bolaños**

Este poblado ubicado en la margen izquierda del Río Bolaños, se abastece de un río que se encuentra inmerso en la sierra y no se encontraron manantiales de abastecimiento o aprovechamiento por parte de los pobladores.

Tabla 14. Resultados analíticos de muestras de agua subterránea.

ID	APROVECHAMIENTO (SITIO DE MUESTREO)	COORDINADAS (UTM)		GASTO APROX.- US\$	MUESTREO	TEMP. °C	pH	C.E. u/m	COR-06 u/m	Al mg/l	As mg/l	Ba mg/l	Ca mg/l	Cl mg/l	CR mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	F mg/l	P TOTAL mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> NH <sub>2</sub> mg/l	pH	FS mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Si mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Zn mg/l	VARIABLE				
		EST	EST/06																																
		E	E/06																																
1	EL GUAYABO	594240	2342001	31	19/1/05	15.05	8.01	5.45	341.00	10.00	0.78	0.008	0.527	<0.008	<0.05	3.79	0.110	0.213	0.920	ND	0.058	<0.0008	0.21	<0.050	6.85	<0.010	ND	10.00	226.0	45.00	5.000	0.130			
2	AGUA CALIENTE	593570	2346575	<3	20/7/05	10.40	65.70	7.95	542.00	<5.00	0.713	0.005	0.444	<0.005	<0.05	13.26	<0.05	36.50	0.662	0.003	0.008	0.002	0.703	<0.050	0.397	0.15	<0.010	ND	15.00	369.0	70.0	<1.000	0.190		
3	EL SALTO	595762	2342354	<2	20/1/05	12.45	21.20	7.05	328.00	<5.00	0.131	0.288	3.205	<0.005	<0.05	4.74	<0.05	70.97	0.045	0.750	ND	0.056	0.003	0.813	<0.050	0.453	7.18	<0.010	ND	11.00	229.0	<5.00	<1.000	0.131	
4	EL MANGUITO	592735	2342743	41	20/1/05	13.40	30.1	8.91	548.00	<5.00	0.109	3.441	0.279	<0.005	<0.05	4.78	0.249	156.86	0.350	1.005	ND	0.212	<0.0008	0.534	0.811	0.24	7.11	<0.010	ND	16.00	386.0	112.0	<1.000	0.189	
5	EL SALTO 2	595102	2342704	41	28/4/05	10.05	ND	ND	ND	ND	0.091	0.006	0.365	<0.005	<0.05	12.29	0.000	151.89	0.530	<0.000	2.200	0.039	<0.001	0.301	<0.050	0.226	8.24	<0.010	4.47	61.49	10.84	340.2	27.0	ND	ND
6	SOCAVÓN VIEJO	603033	2344197	<15	29/4/05	10.30	ND	ND	ND	ND	0.013	0.015	<0.005	<0.005	<0.05	11.75	0.000	194.41	0.210	0.240	2.200	0.049	<0.001	2.100	<0.050	0.234	0.35	<0.010	4.89	693.71	0.77	529.2	24.6	ND	ND
7	EL VADO	599524	2344714	<0.15	29/4/05	16.00	ND	ND	ND	ND	0.018	0.011	<0.005	<0.005	<0.05	11.34	0.000	253.15	0.150	0.260	2.300	0.041	<0.001	5.500	<0.050	0.254	0.26	<0.010	5.21	49.54	8.99	590.0	21.6	ND	ND
8	MABICHI	601727	2336327	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.050	<0.004	<0.05	<0.005	<0.05	4	0.000	56.7	0.1207	0.000	0.0384	<0.001	0.100	<0.050	0.351	7.25	<0.010	4.19	70.42	9.11	311.0	36	ND	ND	
9	MABICHI 2	600558	2339450	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.051	0.005	<0.05	<0.005	<0.05	4	<0.05	80.63	0.1107	0.131	0.0389	<0.001	0.41	<0.050	0.41	2.24	<0.010	0.09	60.17	0.52	360.0	43	ND	ND	
10	LAS CUEVAS	597955	2327711	41	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.091	0.003	0.314	<0.005	<0.05	3	0.1107	87.00	0.122	0.300	0.039	<0.001	0.070	<0.050	0.3147	7.67	<0.010	4.17	24.97	11.41	433.0	81	ND	ND	
11	OJO DE AGUA	599524	2320014	41	21/4/05	13.00	ND	ND	ND	ND	<0.050	0.005	<0.005	<0.005	<0.05	33.99	0.718	175.69	0.279	1.035	8.470	<0.010	<0.0008	9.300	<0.050	0.565	6.88	<0.010	5.68	20.51	6.89	194.4	45.3	ND	ND
12	EL TEQUESQUITO (MANANTIAL)	598558	2322018	41	21/4/05	13.45	ND	ND	ND	ND	<0.050	0.008	<0.005	<0.005	<0.05	2.00	0.052	4.05	0.217	0.814	2.700	<0.010	<0.0008	1.300	<0.050	0.284	7.00	<0.010	3.81	12.860	4.26	97.2	38.0	ND	ND
13	TEQUESQUITO (POZO)	598073	2320796	31	21/4/05	15.20	ND	ND	ND	ND	<0.050	0.002	<0.005	<0.005	<0.05	3.00	0.052	24.30	0.231	0.006	4.400	<0.010	<0.0008	0.900	<0.050	0.173	6.30	<0.010	4.310	13.540	5.17	97.6	39.5	ND	ND
14	MIHA SAN PEDRO	600005	2331655	<3	20/7/05	15.20	ND	ND	ND	ND	<0.050	0.005	<0.005	<0.005	<0.05	4.00	0.050	26.88	0.451	0.450	1.500	<0.010	0.001	<0.0	<0.010	4.883	27.000	6.69	330.0	41.9	ND	ND	ND		
15	LA VARIA (CERCA APOZOLCO)	6113607	2306001	<3	27/2/05	15.25	ND	ND	ND	ND	<0.050	0.017	<0.005	<0.005	<0.05	4.30	0.050	19.12	0.530	3.900	0.045	<0.001	<0.10	<0.040	0.304	6.90	<0.010	5.190	108.8	12.17	444.45	48.1	50	ND	ND
16	Valores referencia*				6.5 - 9.5						0.000	0.700	0.005	0.070	250.00	2.000	600.00	0.200	1.000	0.150	0.001	10.000	0.050	0.300	6.5-8.5	0.025		200.00	1000.0	400.0	5.000	5.000			

\* según NOM-127-SSA1-2004. Norma Oficial Mexicana de "Salud, agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

\*\* El muestreo se realizó en época de estiaje, por lo que los datos podrían presentar variaciones, a inclusión el manual "El Suelo y Agua" podría quedar actualizado en la época de lluvias

ND = no determinado

#### **IV.2.1.8 Calidad del Agua**

Se considera contaminación cuando la composición o el estado del agua están modificados, directa o indirectamente ya sea por el hombre o por eventos de la naturaleza (Hutchinson, 1957). Los nutrientes son indispensables para la vida y la presencia de flora y fauna acuáticas y solo se da en cuerpos de agua con un cierto nivel trófico. Cuando un río o un lago reciben descargas de aguas residuales o agrícolas, con altos contenidos de nutrientes, puede producirse una fertilización excesiva de las aguas. Ello provoca el envejecimiento prematuro del cuerpo receptor, con la consecuente pérdida de oxígeno disuelto y proliferación de malezas acuáticas (Wetzel, 1981).

El ambiente se daña seriamente debido a la contaminación del agua, muchos organismos que viven y se reproducen en el agua son afectados por la contaminación de la misma, esto puede alternativamente lastimar el ciclo vital de otras especies animales y vegetales acuáticos. Por otro lado es importante señalar que la presencia o ausencia de algunos microorganismos en los sistemas acuáticos son indicadores de calidad o ausencia de la misma, esto es conocido como biomonitoreo (Margalef, 1986).

La calidad del agua interesa desde diversos puntos de vista:

- Utilización fuera del lugar donde se encuentra (agua potable, usos domésticos, urbanos e industriales, riego)
- Utilización del curso o masa de agua (actividades recreativas: baño, remo, pesca, etc.)
- Como medio acuático, que acoge especies animales y vegetales

Por lo tanto, hablar de calidad del agua siempre conlleva a integrar el factor utilización para una correcta ponderación de la expresión, dado que sus características de composición pueden indicar que son aptas para unos usos determinados y excluyentes para otros.

Los criterios y normas de calidad del agua pueden definirse como los niveles o concentraciones que deben respetarse para un uso determinado. Existen diversos usos que pueden darse al agua, pero aquellos que involucran criterios de calidad del agua son principalmente los siguientes: abastecimiento para sistemas de agua potable e industrias alimenticias, usos recreativos, conservación de la flora y fauna, uso agrícola e industrial, acuicultura y riego. El manejo de la calidad del agua se mejora con la aplicación de normas de calidad para cuerpos receptores y descargas de aguas residuales.



#### **IV.2.1.8.1 Principales indicadores de calidad del agua.**

La manera de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices o ratios de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en otra situación que se considere admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares o criterios.

Los parámetros físicos más importantes son la transparencia, turbidez, color, olor, sabor, temperatura, conductividad eléctrica y pH. Los parámetros químicos son los más importantes para definir la calidad del agua, existe una extensa lista de ellos siendo posible agruparles en:

Sustancias presentes naturalmente y sustancias vertidas artificialmente. Como no hay un límite bien marcado entre unas y otras, ya que muchas pueden proceder de ambas fuentes (nitrógeno, fenoles, etc.), las estimaciones deberán hacerse en función de diferencias de concentración y no de los valores absolutos.

Sustancias y caracteres estables, inestables, ligeramente estables. Esta agrupación se usa cuando hay que decidir los análisis u observaciones a realizar *in situ* en laboratorio móvil o en laboratorio permanente.

Sustancias presentes habitualmente en cantidades grandes (iones más importantes, oxígeno disuelto, etc. y algunos contaminantes, como detergentes y derivados del petróleo) y sustancias presentes en cantidades pequeñas. Las primeras deberán ser analizadas con frecuencia y las segundas solo en la prospección preliminar o en observaciones muy detalladas.

Los parámetros biológicos incluyen diversas especies microbiológicas patógenas al hombre así como virus y diversos invertebrados. Últimamente se utilizan los llamados índices bióticos, que se construyen en función de la presencia de ciertas especies (taxones, más generalmente), que se comportan como indicadores de los niveles de contaminación, y las variaciones de la estructura de la comunidad biótica ocasionadas por la alteración del medio acuático.

La selección de los parámetros se puede determinar en función de los usos del agua, siendo los más comunes el uso doméstico, industrial, riego, recreo y vida acuática, variando él número y tipo de parámetros ya que las exigencias de calidad son diferentes.

Los estándares constituyen un punto de referencia para determinar la calidad del agua, y sufre de frecuentes revisiones a medida que se avanza en el estudio de las consecuencias de la contaminación y son, en todo caso, independientes del propio medio que se pretende estudiar, lo que lleva a pensar en la conveniencia de establecer estándares diferentes para contextos territoriales distintos. Por tales motivos existen diferentes estándares de calidad que cada país, región o comunidad adopta según sus criterios de seguridad establecidos (anexo 5 Indicadores de Calidad del Agua).

En México las especificaciones de contaminantes y de calidad se señalan en los “Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CCA-001-89” y la “NOM-127-SSA1-1994 “Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-límites Permisibles de Calidad y Tratamiento a que debe Someterse el Agua para su Potabilización”, NOM-001-SEMARNAT-96 “Límites permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales”, NOM-002- SEMARNAT -96 “Límites permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales en los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal”, NOM-003- SEMARNAT -97 “Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público”, NOM-003-CNA-1996 “Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos”, NOM-004-CNA-1996 “Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general”, NOM-006-CNA-1997 “Fosas sépticas-Especificaciones y métodos de prueba”, NOM-007-CNA-1997 “Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques de agua”, (anexo 6 y 7) los cuales presentan gran similitud con los principales lineamientos que en esta materia existen en diversos países tanto de América como de Europa.

#### **IV.2.1.8.2 Objetivos**

##### **IV.2.1.8.2.1 Objetivo general**

Analizar la calidad de las aguas superficiales del Río Santiago en su paso por el Municipio de La Yesca donde se proyecta la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca. Así como los principales afluentes al mismo.

##### **IV.2.1.8.2.2 Objetivos particulares**

Evaluar la calidad del agua en el Río Santiago

Evaluar la calidad del agua de las presas Santa Rosa y Aguamilpa

Evaluar la calidad del agua de los afluentes arroyo Tequila y Río Bolaños

Calcular el índice de calidad del agua en los sitios descritos

Elaborar un estudio del plancton (cualitativo y cuantitativo).

Evaluar la calidad en los cuerpos de agua especificados con respecto a las Normas Mexicanas que apliquen para este caso.

##### **IV.2.1.8.3 Meta**

Construcción de una línea base de información referente a la calidad del agua a fin de constar el cambio o conservación de la misma antes y después de las obras del proyecto.

#### IV.2.1.8.4 Metodología

El desarrollo metodológico incluyó los dos aspectos a evaluar, la calidad del agua y el estudio del plancton.

Para la calidad del agua se aplicaron las siguientes fases: Protocolo de muestreo de agua y analítica de agua.

##### IV.2.1.8.4.1 Protocolo de Muestreo de Agua

Se seleccionaron como puntos de muestreo los siguientes:

- E1 Presa Santa Rosa
- E2 Río Santiago antes de unión con el Arroyo Tequila
- E3 Arroyo Tequila
- E4 Río Santiago antes y cercana a su confluencia con el Río Bolaños.
- E5 Río Bolaños (próxima a su confluencia con el Río Santiago)
- E6 Río Santiago en el sitio de la cortina (Yesca)
- E7 Presa Aguamilpa.

La ubicación de las estaciones de muestreo de Calidad de Aguas serán las descritas en la tabla 15:

**Tabla 15. Valores de georreferenciación de estaciones de muestreo.**

Estación de muestreo No.	Longitud Oeste	Latitud Norte
E1	W 103°42'01"	N 20°54'18.5"
E2	W 103° 47' 49.4"	N 20° 55' 51.7"
E3	W 103° 47' 52.1"	N 20° 55' 50.7"
E4	W 104°04'17.3"	N 21°11'12.8"
E5	W 104°04'08"	N 21°11'13"
E6	W 104°06'30"	N 21°11'20.3"
E7	W 104° 48' 02"	N 21° 50' 34"

Se realizó el muestreo estacional para los meses de Febrero, Abril, Junio y Septiembre.

Se determinó en cada punto de muestreo: Coordenadas, Hora, Altitud (msnm), Presión atmosférica (Hpa), Viento (m/s), Nubosidad (%), Humedad relativa (%), Temperatura ambiente (°C), Temperatura de agua (°C), Profundidad (m), pH (pH), Potencial redox (mV), Conductividad (µs/cm), Salinidad (%), Sólidos disueltos totales (mg/L), Color aparente, Materia flotante, Presencia de peces, Olor, Oxígeno Disuelto.

La determinación de temperatura, conductividad, potencial redox, pH y oxígeno disuelto en cada estación se realizó mediante el sensor de la columna de agua Corning Checkmate® II, el cual posee el siguiente rango de medición.

**Tabla 16. Características técnicas del equipo de medición de campo utilizado.**

Parámetro	Rango de sensibilidad	Precisión
Temperatura	0,1 °C	± 0,4 °C
Conductividad	2 µS/cm	± 3%
Potencial Redox	1 mV	± 5 mV
pH	0,01	± 0,4
Oxígeno Disuelto	10 µg/L	± 0,03 mg/L

El muestreo de agua se realizó según los lineamientos técnicos establecidos en los Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, APHA, AWWA-WDCF (1992), y los lineamientos técnicos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-14-1980 "Cuerpos receptores, muestreo".

La totalidad de las muestras se recogieron en frascos de plástico y vidrio, se preservaron las fracciones y su traslado al laboratorio se realizó manteniendo una temperatura menor a 4 grados centígrados.

#### IV.2.1.8.4.2 Analítica de Agua

Las muestras de agua se analizaron conforme a los procedimientos establecidos para cada parámetro en la Normativa Oficial Mexicana, así como a los métodos establecidos por la APHA-AWWA-WDCF (1992). Los parámetros evaluados y la metodología aplicada se presentan en la tabla 17.

En cada uno de los parámetros analizados se determinó previamente el límite mínimo de detección, así como las pruebas correspondientes a la precisión y exactitud, procediendo a su aplicación de acuerdo a los lineamientos que para cada caso en particular existen en la literatura.

**Tabla 17. Parámetros evaluados en agua.**

Parámetro	Unidad	Método de análisis
2,4-D	mg/l	NMX-AA-071-1981
Aldrin	mg/l	NMX-AA-071-1981
Alcalinidad total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	NMX-AA-36-2001
Aluminio	mg/l	EPA-6010B
Arsénico	mg/l	EPA-6010B
Benceno	mg/l	EPA-6010B
Cadmio	mg/l	EPA-6010B
Calcio	mg/l	EPA-6010B
Cianuros	mg/l	NMX-AA-058-SCFI-2001
Cloruros	mg/l	NMX-AA-073-SCFI-2001
Clordano	mg/l	NMX-AA-071-1981
Coliformes	NMP/100ml	NOM-112-SSA1-1994
Color	Esc. Pt.-Co.	NMX-AA-045-SCFI-2001
Conductividad	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Cromo hexavalente	mg/l	NMX-AA-044-2001
Cromo total	mg/l	EPA-6010B
Dieldrin	mg/l	NMX-AA-071-1981
D.Q.O.	mg/l	NMX-AA-30-SCFI-2001
DBO5	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001
DDT	mg/l	NMX-AA-071-1981
Durezas	mg/l CaCO <sub>3</sub>	NMX-AA-072-SCFI-2001
Epoxido de heptacloro	mg/l	NMX-AA-071-1981
Etil benceno	mg/l	NMX-AA-071-1981

Fenoles	mg/l	NMX-AA-050-SCFI-2001
Fosfatos	mg/l	NMX-AA-029-SCFI-2001
Fósforo	mg/l	NMX-AA-029-SCFI-2001
Grasas y Aceites	mg/l	NMX-AA-005-SCFI-2000
Heptacloro	mg/l	NMX-AA-071-1981
Hexaclorobenceno	mg/l	NMX-AA-071-1981
Hierro	mg/l	EPA-6010B
Lindano	mg/l	NMX-AA-071-1981
Manganeso	mg/l	EPA-6010B
Magnesio	mg/l	EPA-6010B
Mercurio	mg/l	EPA-6010B
Metoxicloro	mg/l	NMX-AA-071-1981
Nitratos	mg/l N-NO3	NOM-AA-079-SCFI-2001
Nitritos	mg/l N-NO2	EPA-354.1
Nitrógeno amoniacal	mg/l	NMX-AA-026-SCFI-2001
Nitrógeno total	mg/l	NMX-AA-026-SCFI-2001
Oxígeno Disuelto	mg/l	EPA 4500-O-C
pH	pH	NMX-AA-008-SCFI-2001
Plomo	mg/l	EPA-6010B
S.A.A.M.	mg/l	NMX-AA-039-SCFI-2001
Sólidos Totales Totales	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales.	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos sedimentables	mg/l	NMX-AA-004-2000
Sólidos Suspendidos Totales.	Mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sulfatos	mg/l SO4	NMX-AA-074-1981
Talio	mg/l	EPA-6010B
Temperatura	°C	EPA 2550-B
Tolueno	mg/l	NMX-AA-071-1981
Trihalometanos	mg/l	EPA 8260
Turbiedad	UTN	NMX-AA-038-SCFI-2001
Xileno	mg/l	NMX-AA-071-1981

Para el estudio de perfil en las presas se determinó la temperatura, pH, oxígeno disuelto a intervalos de 1 m de profundidad hasta llegar a 20 m y posteriormente cada 5 m hasta los 30 m. Se utilizó un equipo multiparamétrico con sensor en estas determinaciones.

#### IV.2.1.8.4.3 Estudio del Plancton

Se realizaron 3 muestreos superficiales en 7 estaciones de muestreo, además de dos perfiles limnológicos en la Presa Aguamilpa y un perfil en Santa Rosa.

Los sitios de muestreo son los mismos que se describen en el apartado 4.1, para calidad del agua, las muestras planctónicas fueron tomadas siguiendo los lineamientos técnicos descritos en APHA (1992), SARH (1982), (1984 b y c), Sournia (1978), y Streble & Krauter (1985).

Se realizó arrastre de plancton superficial para el análisis cualitativo, con ayuda de la lancha a motor lento para el caso de las presas Santa Rosa y Aguamilpa y las demás estaciones se realizó de manera manual, con duración de un minuto de arrastre.

Para el análisis cuantitativo las muestras se obtuvieron por medio de una botella Van Dorn con una capacidad de 5 litros y una red de plancton con apertura de malla de 50 micras, se filtra la muestra para la obtención de un filtrado final, el material colectado se colocó en frascos de plástico

etiquetados con los datos correspondientes (lugar de muestro, fecha, estación de muestreo, volumen) posteriormente se preservó la muestra con formaldehído al 10 % v/v, proporción 1:10.

Para la determinación del fitoplancton se utilizaron las claves y criterios morfológicos de Bourelly (1966;1968;1970), Ortega (1984), Prescott (1973;1978), Bold & Wyne (1978), Smith (1950), Tiffany & Britton (1952), Gomont (1892), Drovot (1970), Gerlof (1969), González (1988), Hortobágyi (1973, 1975, 1979) Ramanathan (1962), Novelo (1998), Patrick & Reimer (1975), Cox (1996), Barber & Haworth (1981), Campos (1995), Mendoza (1973), Stewart (1973), Yacubson (1969), Steble & Krauter (1987).

Para zooplancton Kudo (1985), Underhill & Schmid & Gilbertson (1982), Koste (1982) y Streble & Krauter (1987) para el arreglo sistemático de las especies se clasificó con el criterio de Prescott (1979). Las muestras se procesaron, se realizó un análisis cualitativo, observación directa de muestra biológica por triplicado, observándose los organismos en vivo para la determinación de género- especie y la elaboración de un Inventario Taxonómico de Fitoplancton y Zooplancton

Para el análisis de estructuras diferenciales de cada grupo taxonómico se utilizaron las siguientes tinturas:

- lugol ácido-acético para la observación de cloroplastos y pirenoides en *chlorophyceas*,
- azul de cresil para mucílago, paredes y vainas en *cyanophyceas*,
- rojo congo para la pared celular y núcleo de *euglenophyceas*,
- naranja de metilo y verde brillante para citoplasma de todas las divisiones,
- nigrosina para la diferenciación de vacuolas de gas, vaina y citoplasma de células en general,
- tinta china para la observación de flagelos, cilios, espinas de células.

Mendoza (1973), APHA (1980), SARH (1984 b), Sournia (1978), Palmer (1980).

El análisis cuantitativo se realizó utilizando un microscopio compuesto Carl Zeiss Axiostar y una cámara de Palmer de 0.1 ml mediante la técnica de conteo directo de organismos por litro: Palmer (1980) Rico (1992) Campos (1995).

No. de Organismos por litro = 
$$\frac{\# \text{ de organismos } \times \text{ volumen filtrado final}}{\text{Capacidad de CP } \times \text{ volumen filtrado inicial}}$$

#### **IV.2.1.8.5 Resultados**

##### **IV.2.1.8.5.1 De la Calidad del Agua**

Los datos de campo para cada uno de los muestreos efectuados se presentan en el anexo 5, en los que se describen las 21 variables evaluadas al momento de realizar la toma de muestras de agua en cada uno de los puntos estudiados.

Los resultados del análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos se describen en el anexo 6. Se incluyen 56 parámetros.

Con los resultados obtenidos se elaboraron gráficos de la variabilidad observada durante el periodo de estudio, separando por tipo de cuerpo de agua estudiado (Río Santiago, Presas y Afluentes), los cuales se presentan en el anexo 7, anexo 8 y anexo 9, respectivamente.

De los resultados de calidad del agua fueron considerados 24 parámetros para la construcción del Índice de Calidad del Agua (ICA), el procedimiento metodológico aplicado se describe ampliamente en el anexo 10 y los cálculos se presentan en el anexo 11.

##### **IV.2.1.8.5.2 Del Estudio del Plancton**

Los resultados obtenidos del estudio de plancton se describen en el anexo 12, en el cual se incluyen los cálculos de abundancia, diversidad, índices de similitud y gráficos.

En el anexo 13 se presentan los valores del estudio cuantitativo de plancton para cada estación y campaña de muestreo.

Los resultados de los estudios de calidad de agua efectuados del perfil de profundidad en las presas Santa Rosa y Aguamilpa, se presentan en el anexo 14, donde se incluyen las tablas con los parámetros evaluados.

En el anexo 15 se presentan los datos cuantitativos y cualitativos del plancton evaluados en los 3 perfiles de Aguamilpa.

##### **IV.2.1.8.6 Discusión y Diagnóstico de la Calidad del Agua por Parámetro**

La calidad del agua evaluada en el presente estudio refleja que tanto las presas, el Río Santiago y el arroyo Tequila mantienen una baja calidad, debido al origen de las mismas, las cuales reciben aguas residuales de tipo urbano e industrial principalmente, solamente el Río Bolaños mantiene una condición de calidad buena a excelente.

En el aspecto microbiológico, es de resaltar que en prácticamente todas las campañas de muestreo se presentó contaminación por organismos coliformes tanto totales como fecales y esto es de esperarse por la naturaleza de los vertidos de aguas residuales.

Para los huevos de helminto, solo se presentaron dos muestras positivas y corresponden al arroyo Tequila, el cual presentó los mayores índices de contaminación microbiológica.

Para el caso de los metales pesados, solo se presentaron valores que excedían de las normas para el plomo, aluminio, cromo y el manganeso, siendo éstos de magnitud acorde a la naturaleza de las aguas estudiadas.

Los plaguicidas se presentaron negativos a lo largo del estudio en todas las estaciones de muestreo.

Para el caso de compuestos orgánicos, únicamente los fenoles mostraron valores que excedían de los límites establecidos, mientras que los trihalometanos, el benceno, etil benceno, tolueno y xileno resultaron negativos. Esto se explica por su alta volatilidad y a que la temperatura y movimiento del agua los elimina con rapidez de la misma.

Los elementos nutrientes como los nitrógenos en forma de nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitrógeno de nitratos excedieron de los límites establecidos en varias ocasiones, siendo esto coherentes con la naturaleza de las aguas estudiadas (aguas residuales). De igual forma los elementos del fósforo como fosfatos excedieron en varias estaciones de muestreo los límites establecidos como máximos.

Otros parámetros como el color, los sólidos disueltos totales, grasas y aceites y pH, mostraron valores mayores a los permitidos, sin que tuvieran grandes desviaciones con respecto a los valores típicos de un agua residual.

Los resultados obtenidos se han comparado con los límites que establece los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CCA-001-89, para protección a la vida en agua dulce, así como la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que Debe Someterse el Agua Para su Potabilización, (anexo 16 y 17, respectivamente), y se han identificado y resaltado aquellos parámetros que exceden los máximos establecidos.

Para el primer muestreo se encontraron 56 parámetros que excedieron alguna de las normas mencionadas, para el segundo 56 parámetros, para el tercero 57 parámetros, y para el cuarto 57 como se describen en las tablas 18 a 21.



**Tabla 18. Parámetros fuera de norma para el primer muestreo.**

Estación	NOM-127	Criterios ecológicos
E1	Aluminio, CT, color, fenoles, manganeso, nitrógeno amoniacal (6)	Aluminio, fenoles, fosfatos, G y A, manganeso, SDT (6)
E2	Aluminio, CT, CF, , color fenoles, manganeso, nitrógeno amoniacal (7)	Aluminio, fenoles, fosfatos, G y A, manganeso, nitratos, SDT (7)
E3	Aluminio, CT, CF, color (4)	Aluminio, color, fosfatos, G y A (4)
E4	Aluminio, CT, CF, color, fenoles, nitrógeno amoniacal (6)	Aluminio, fenoles, fosfatos, G y A, nitratos, SDT (6)
E5	Aluminio, CF, CT, pH (4)	Aluminio, G y A (2)
E6	Aluminio, CT, CF, color, fenoles, nitrógeno amoniacal (6)	Aluminio, fenoles, fosfatos, G y A, nitratos, SDT (6)
E7	Aluminio, CT, color (3)	Aluminio, fosfatos, G y A (3)
<b>Total</b>	36	34

**Tabla 19. Parámetros fuera de norma para el segundo muestreo.**

Estación	NOM-127	Criterios ecológicos
E1	CT, CF, color, fenoles (4)	Fenoles, fosfatos, G y A (3)
E2	CT, CF, color, fenoles, nitrógeno amoniacal, plomo (6)	Fenoles, fosfatos, G y A, plomo (4)
E3	CT, CF, color, fenoles, nitrógeno amoniacal (5)	Fenoles, fosfatos, G y A (3)
E4	CT, CF, color (3)	Fosfatos, G y A, nitritos (3)
E5	CT, CF, fenoles (3)	Fosfatos, G y A (3)
E6	CT, CF, nitritos, plomo (4)	Fosfatos, G y A, nitritos, plomo (4)
E7	CT, color, plomo (3)	Fosfatos, G y A, plomo (3)
<b>Total</b>	28	20

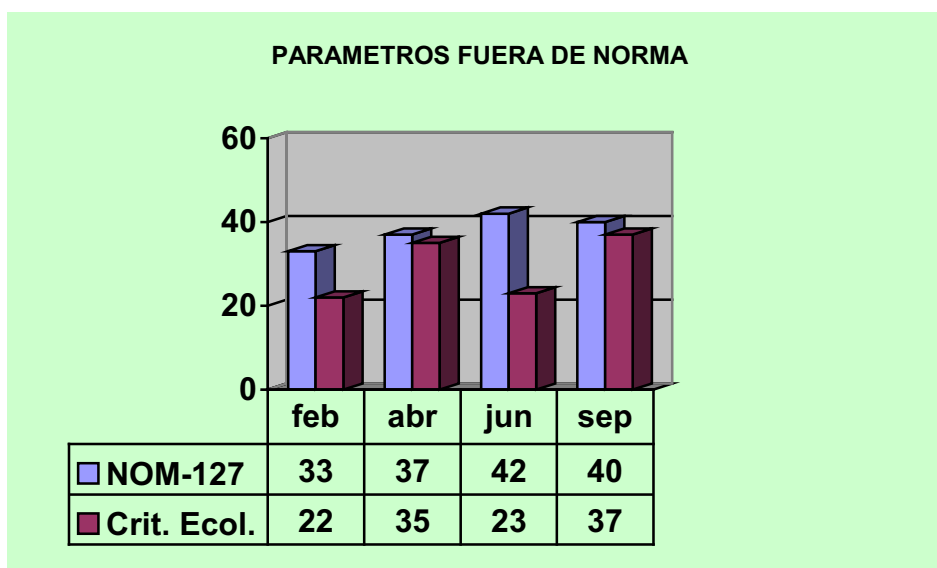
**Tabla 20. Parámetros fuera de norma para el tercer muestreo.**

Estación	NOM-127	Criterios ecológicos
E1	CT, CF, color, fenoles, manganeso, nitrógeno amoniacal, plomo (7)	Color, fenoles, G y A, manganeso, plomo, SDT (6)
E2	CT, CF, color, cromo total, manganeso, nitritos (6)	G y A, manganeso, nitritos, SDT (4)
E3	CT, CF, color, nitrógeno amoniacal (4)	CF, G y A (2)
E4	CT, CF, color, manganeso, nitritos, nitrógeno amoniacal (6)	G y A, manganeso, nitritos, SDT (4)
E5	CT, CF, pH (3)	G y A (1)
E6	CT, CF, color, fenoles, manganeso, nitrógeno amoniacal (6)	Fenoles, G y A, manganeso, nitratos, nitritos, SDT (6)
E7	CT, CF, color, pH (4)	G y A (1)
<b>Total</b>	36	24

**Tabla 21. Parámetros fuera de norma para el cuarto muestreo.**

Estación	NOM-127	Criterios ecológicos
E1	Aluminio, CT, CF, color, pH (5)	Aluminio, fosfatos, G y A (3)
E2	Aluminio, CT, CF, color, fenoles, SAAM (6)	Aluminio, fenoles, fosfatos, G y A, nitritos, SAAM (6)
E3	Aluminio, CT, CF, color, fenoles, manganeso, pH, SAAM, SDT (9)	Aluminio, color, fenoles, fosfatos, G y A, manganeso, SAAM, ST, SDT (9)
E4	Aluminio, SC, CF, color, fenoles (5)	Aluminio, CF, color, fenoles, fosfatos G y A (6)
E5	Aluminio, CT, CF, color (4)	Aluminio, color, fosfatos *, G y A (4)
E6	Aluminio, CT, CF, color, fenoles (5)	Aluminio, color, fenoles, fosfatos, G y A (5)
E7	Aluminio, color, pH (3)	Aluminio, fosfatos*, G y A (3)
<b>Total</b>	40	36

En total, a lo largo del estudio se tuvieron 140 parámetros que estuvieron fuera de la NOM-127-SSA1-1994, y 114 de los CCA-001-89 como se observa en la gráfica 2

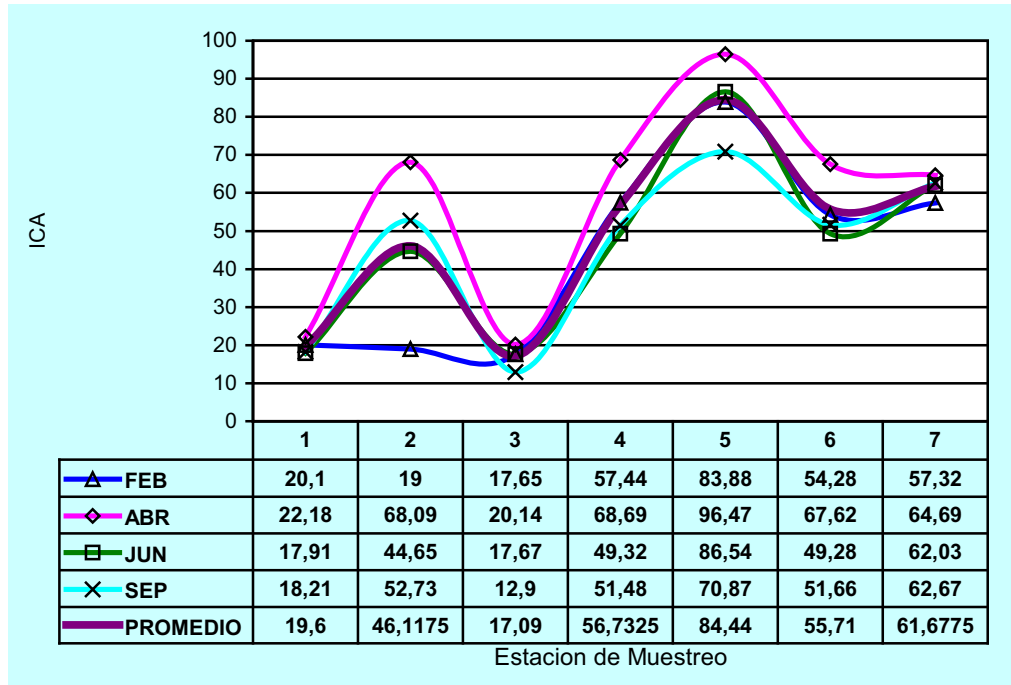


**Gráfica 2. evolución de parámetros de calidad del agua fuera de las normas aplicadas.**

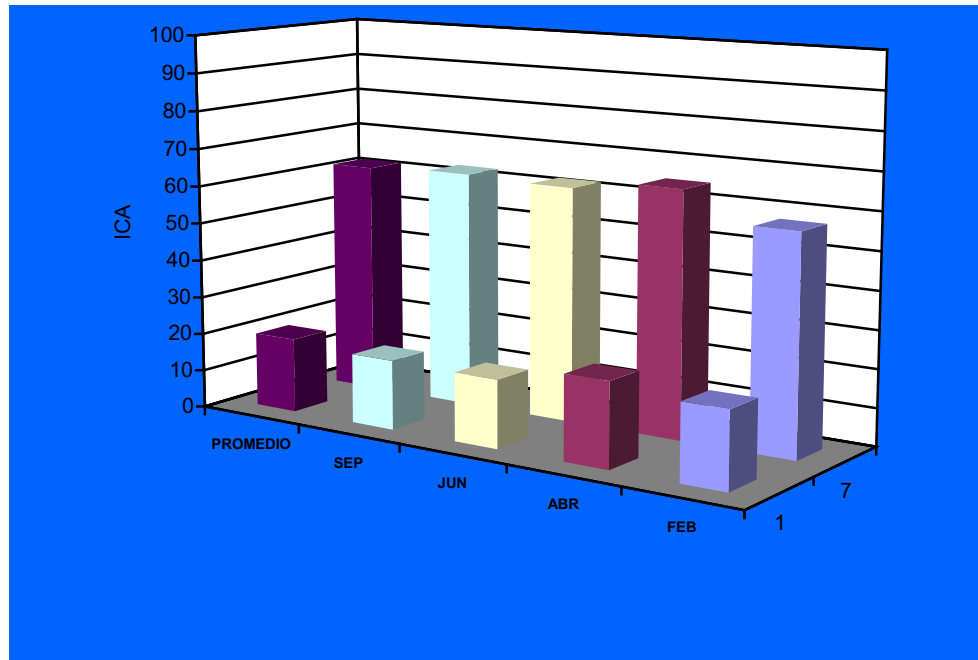
Los resultados del Índice de Calidad del Agua muestran que la calidad del agua a lo largo del flujo desde la Presa Santa Rosa hasta la Presa Aguamilpa se ve recuperada de manera importante, y esto es debido en parte, al proceso de dilución que ejerce el aporte del Río Bolaños, el cual aporta una agua de excelente calidad, así como a los procesos naturales de depuración que el agua tiene durante su recorrido.

En la gráfica 3 se muestran los valores globales del estudio de ICA. Se observa como para la Presa Santa Rosa se tiene un ICA cercano a 20, con una variabilidad muy baja durante el estudio, para la presa Aguamilpa la variabilidad fue mayor con valores cercanos a 60 de ICA (Gráfica 4). Para la estación 2, 4 y 6 que corresponden al Río Santiago antes del aporte del Arroyo Tequila, del Río Santiago antes del aporte del Río Bolaños y del Río Santiago en el sitio de construcción de la Presa La Yesca, la calidad del agua se mantiene en valores cercanos a 50 (gráfica 5).

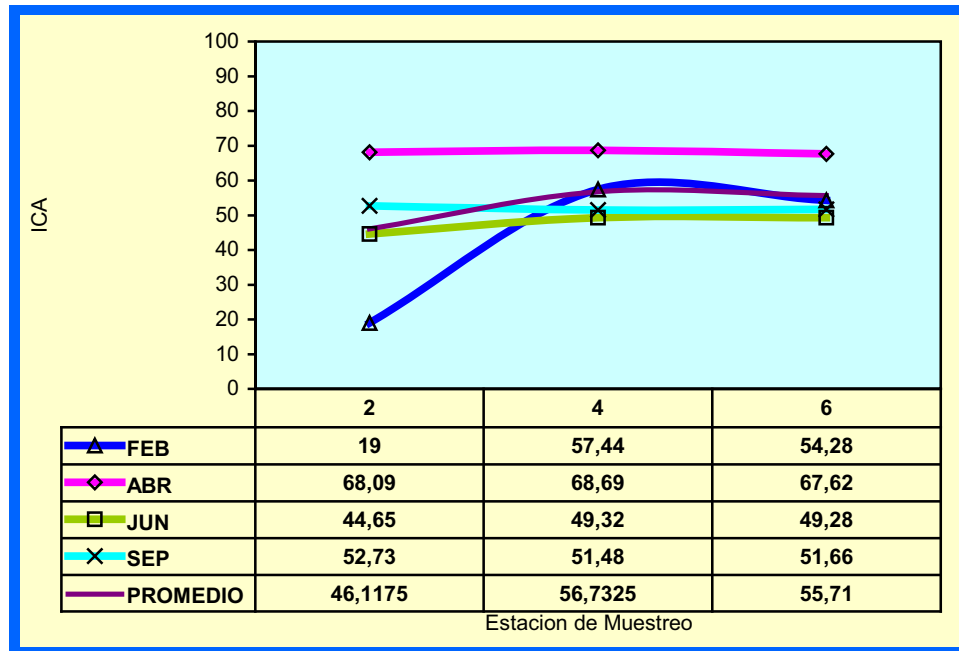
Para los afluentes, el Arroyo Tequila presenta menor variabilidad estacional ya que sus valores oscilaron en torno a 20 de ICA, siendo el Río Bolaños el que presentó mayor variabilidad con ICA de 84.4 en promedio (gráfica 6).



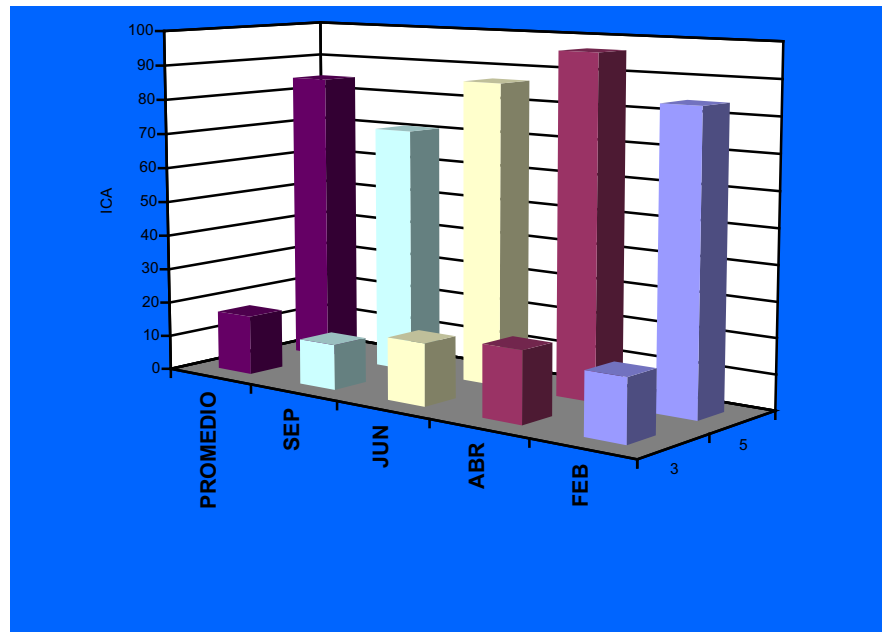
Gráfica 3. Resultados del índice de calidad del agua (ICA).



Gráfica 4. Resultados del índice de calidad del agua (ICA) para las estaciones 1 y 7 (Santa Rosa y Aguamilpa).

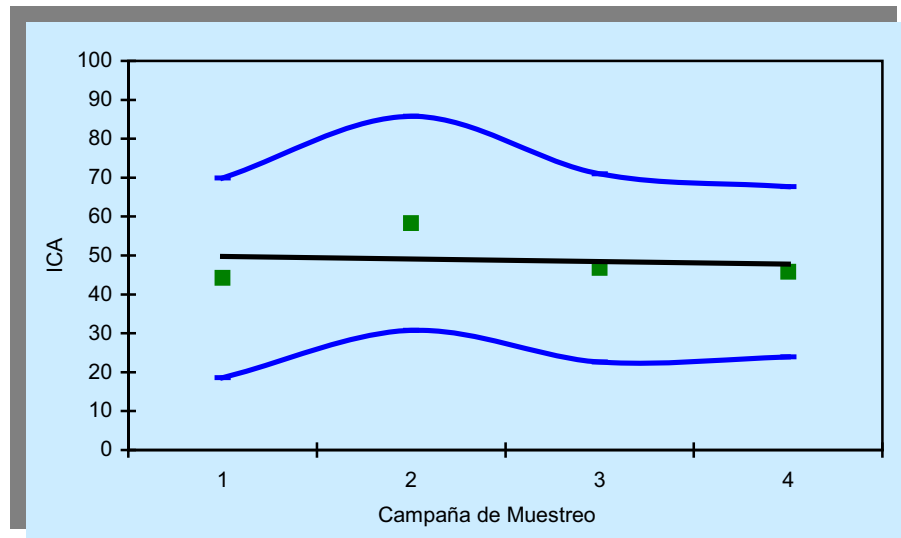


Gráfica 5. Resultados del índice de calidad del agua (ICA) para las estaciones del Río Santiago.



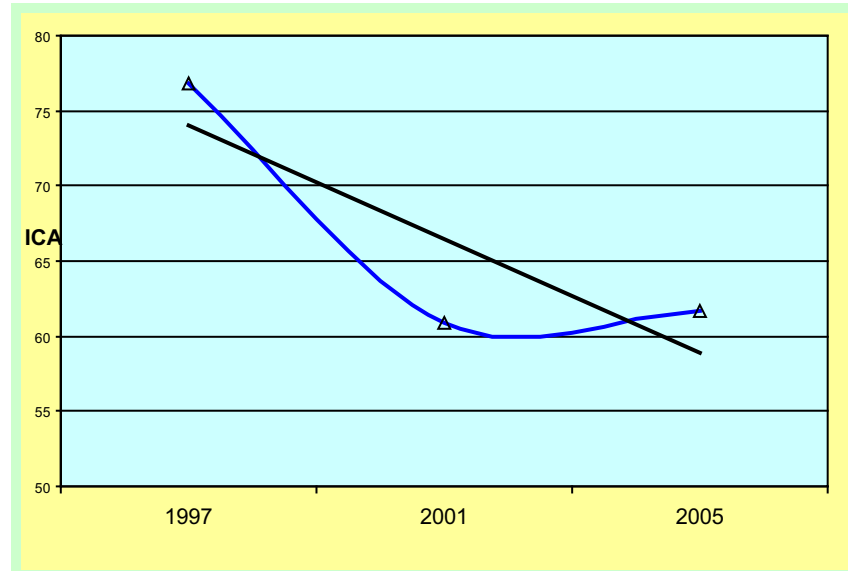
Gráfica 6. Resultados del índice de calidad del agua (ICA) para las estaciones 3 y 5 (Arroyo Tequila y Río Bolaños).

En conclusión, y si se observa la variabilidad promedio de las 4 campañas de estudio, la calidad del agua mantiene valores de ICA cercanos a 50, y la tendencia es ligeramente a la baja, como se observa en la gráfica 7.



**Gráfica 7. Resultados del índice de calidad del agua (ICA) promedio para las 4 campañas de estudio.**

Se tienen datos históricos del ICA para el Río Santiago en el cual en 1997 el ICA en el embalse de la C. H. Aguamilpa es de 76,8, para el período 1997-2001 el ICA en el embalse de la C. H. Aguamilpa es de 60.9 y para el año 2005 el ICA en el embalse de la C. H. Aguamilpa es de 61,67, lo que permite observar en la gráfica 8 una tendencia de disminución de la calidad del agua.



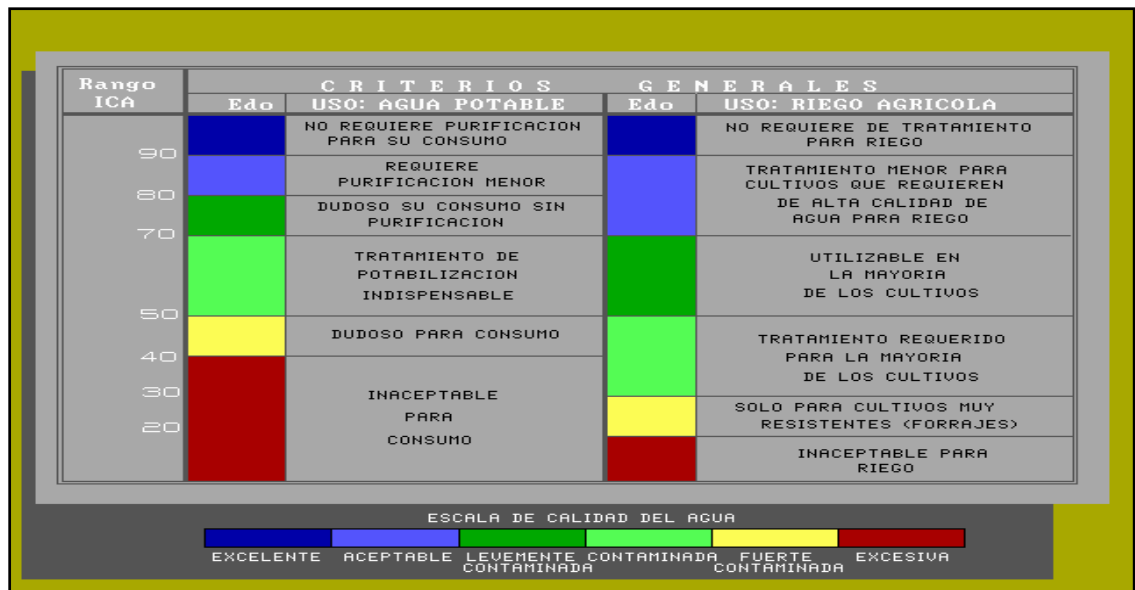
**Gráfica 8. Resultados de la evolución histórica del índice de calidad del agua (ICA) para la Presa Aguamilpa.**

En cuanto al escenario a futuro, en este caso es muy aventurado generar números que hablen de la evolución de la calidad del agua, ya que, en primer lugar, las cargas contaminantes que ingresan al Río Santiago provenientes de las descargas de aguas residuales de la ciudad de Guadalajara no son constantes, teniendo fluctuaciones estacionales

importantes. Si se considera que existen programas de depuración de dichas aguas a desarrollar en los próximos años, no se conoce esa capacidad depuratoria real como para predecir un escenario específico, si bien se puede considerar la tasa de crecimiento poblacional para estimar los posibles rangos de aporte de carga contaminantes, los procesos de dilución que se presenten, las variaciones estacionales antes mencionadas y los efectos que las sucesivas presas ejerzan en la calidad del agua es de considerar como proyecto futuro a estudiar.

Sin embargo, si se considera que se está hablando de un río con una carga contaminante excesiva, las actuaciones a efectuar deberán ser igual de importantes para que se puedan observar efectos positivos a corto plazo en la calidad del agua.

En cuanto a los limitantes de uso, se comparó los valores obtenidos de ICA con los lineamientos descritos en León (1991), ver gráfica 9 y tabla 22, encontrando que solo el agua de la estación 6, correspondiente al Río Bolaños, es la que puede ser sujeta de utilización para uso y servicios, mientras que todas las demás estaciones estudiadas, se encontraron limitantes severas de uso tanto para agua potable como para riego agrícola.



León (1991).

**Gráfica 9** Resultados del índice de calidad del agua (ICA) promedio para las 4 campañas de estudio.

**Tabla 22. limitantes de uso para agua potable, encontradas para las estaciones de muestreo por campañas.**

	1	2	3	4	5	6	7
FEB	20.1	19	17.65	57.44	83.88	54.28	57.32
ABR	22.18	68.09	20.14	68.69	96.47	67.62	64.69
JUN	17.91	44.65	17.67	49.32	86.54	49.28	62.03
SEP	18.21	52.73	12.9	51.48	70.87	51.66	62.67
PROMEDIO	19.6	46.1175	17.09	56.7325	84.44	55.71	61.6775

Los resultados de calidad del agua en perfiles efectuados para las presas muestran un comportamiento normal en relación a parámetros como temperatura y oxígeno disuelto, siendo la tendencia de disminución en función de la profundidad. Es de resaltar que no se detectó termoclina en los estudios, sin embargo, es importante resaltar que para los primeros 15 metros de profundidad en la presa Aguamilpa, las condiciones de calidad del agua son adecuadas para el desarrollo de las poblaciones biológicas (anexo 10). Para el caso de la presa de Santa Rosa, las condiciones de carga contaminante que predominan, determinan la presencia de bajas condiciones de oxígeno disuelto, acercándose a condiciones anóxicas, las cuales son desfavorables para el correcto desarrollo de las poblaciones biológicas.

En relación al estudio de plancton, se destaca que es de los primeros trabajos descriptivos que para este tipo de cuerpos de agua se efectúan en cuanto a diversidad y abundancia, y se observa una clara correspondencia entre la calidad del agua encontrada y los valores ecológicos encontrados. Los estudios de las presas muestran una mayor estabilidad de las comunidades planctónicas, y esto se corresponde con las particularidades que un embalse o presa manifiestan, al permitir el crecimiento de organismos en condiciones de temperatura, nutrientes, iluminación, etc., de forma más constante, mientras que los cursos de agua como ríos y arroyos las particularidades determinan los crecimientos específicos de organismos.

La calidad del agua en el Río Santiago podrá modificar sus parámetros en función de las diferentes etapas de la obra propuesta, tanto por vertido de subproductos tanto físicos como químicos, (que afecten la turbiedad, el color) o por procesos naturales de descomposición de la materia orgánica durante el llenado de la presa, y que por condiciones anóxicas se generen gases a la atmósfera (como metano o sulfhídrico), o bien por la acumulación de nutrientes que modifiquen las poblaciones microbianas y planctónicas, con impactos a las cadenas tróficas y los sistemas productivos (pesca).

La modificación al flujo del cauce inducirá cambios en las dinámicas de depuración natural del río y esto puede ser positivo o negativo, en función de la magnitud de su presentación y de la evolución de las cargas contaminantes que ingresen al mismo.

Se deberá de contar con una estrategia de protección al Río Bolaños de manera particular, ya que por su calidad se convierte en la única opción de fuente de abastecimiento mas cercano en cuanto a aguas superficiales se refiere.

Es importante considerar que para un uso específico del agua, el criterio toxicológico es el que se debe considerar en la evaluación global de los resultados aquí expresados.



#### **IV.2.1.9 Calidad Escénica**

##### **IV.2.1.9.1 Metodología**

Para describir y evaluar el paisaje se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Delimitación de la cuenca visual y determinación de los puntos de observación
- Descripción de los componentes del paisaje y los agentes modeladores
- Evaluación del paisaje (BLM, 1980, tomado de Farias, C. *et al.* 1992))
- Evaluación de la fragilidad del paisaje

Estos factores se desarrollaron en base a diferentes metodologías las cuales se explican a continuación:

##### **IV.2.1.9.1.1 Delimitación de la Cuenca Visual y Determinación de Puntos de Observación**

Para delimitar el marco geográfico de la cuenca visual, se tomaron como referencia los archivos de información vectorial sobre curvas de nivel de INEGI Escala 1:50 000, localidades, caminos, así como cartas topográficas, imágenes de satélite Quick Bird de 70 cm. y cuatro bandas y fotografías aéreas, adquiridas para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, en las cartas topográficas se localizaron caminos verificándose su trazo original con una imagen de 2005, donde se hizo un DTN (3D).

Se delimitó la cuenca visual a partir de la cortina ubicando los caminos de acceso, con esto se determinaron los puntos donde se podrán observar las obras de construcción.

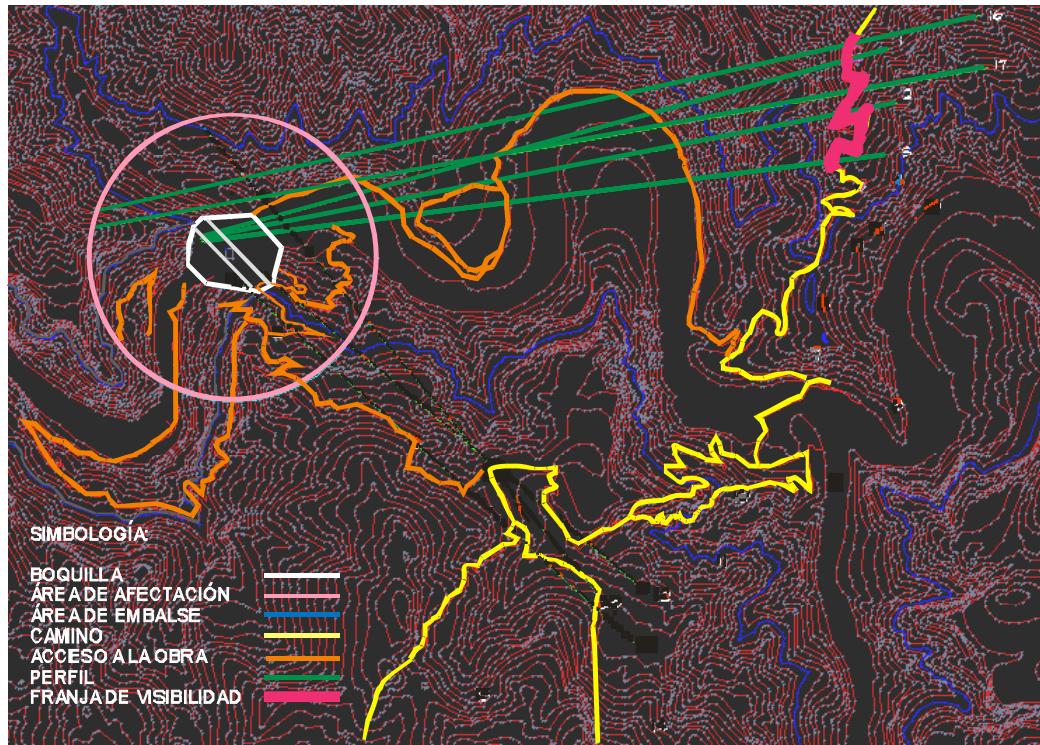


Figura 59. Cuenca visual y puntos de observación.

Con base en esta información se hizo un corte del área de 7 km de radio sobre el área de la boquilla, dentro de esta superficie se delimitó una zona de 750 m de radio del área de la boquilla, (el área de nuestra cuenca visual es grande pero debido a que solo se tendrá observación directa de las obras a partir de los caminos de acceso y el único camino es el de La Yesca dentro de la cuenca, el área de la misma resultó ser pequeño solo para abarcar este camino) esta zona es la que será afectada por las obras de construcción, una vez obtenidas estas áreas se hizo el trazo de los perfiles, ubicando en éstos el área de afectación y el camino, a partir de este camino se trazaron los perfiles de la cuenca visual para interceptar los puntos donde será posible la observación del proyecto, ya sea por los habitantes o visitantes de la zona, se tomaron las coordenadas de los puntos de observación, para una vez en campo hacer la descripción y observaciones pertinentes del paisaje.

#### IV.2.1.9.1.2 Descripción de los Componentes del Paisaje y los Agentes Modeladores

Una vez en campo, con un equipo multidisciplinario se procedió a evaluar los componentes, los agentes modeladores, la calidad escénica y la fragilidad del paisaje, de cada uno de los puntos con la siguiente metodología (anexo 18).

Para la descripción los agentes modeladores y componentes bióticos del paisaje, que son agua, viento, sustrato, clima, así como vegetación, fauna y hombre, se recurrió a la tabla 1 (anexo 18).

La valoración, análisis y diferenciación de las características visuales básicas de un paisaje o sus componentes, que son color, forma, línea, textura, (SMARDON, 1979, tomado de Escribano, M. *et al* 1991), se utilizó la figura 1 y la tabla 2 (anexo 18).

En el caso de la percepción del paisaje se tomaron en cuenta la distancia, la posición del observador, las condiciones atmosféricas así como la iluminación, las cuales se describieron en base a la tabla 3 (anexo 18).

#### **IV.2.1.9.1.3 Evaluación de la Fragilidad del Paisaje**

Para la fragilidad del paisaje se tomaron en cuenta tres apartados: primero, la fragilidad visual del punto (tabla 4, en anexo 18), que abarca, densidad de vegetación, contraste cromático de suelo-vegetación, altura de vegetación, diversidad de estratos de la vegetación, contraste cromático dentro de la vegetación y la estacionalidad de la vegetación; segunda, fragilidad visual del entorno del punto (tabla 5, en anexo 18), este incluye tamaño de la cuenca visual, compacidad de la cuenca visual, forma de la cuenca visual y altura relativa del punto respecto a la cuenca visual y la tercera, fragilidad derivada de las características histórico-culturales del territorio (tabla 6, en anexo 18) que comprende, existencia de, y proximidad a, puntos y zonas singulares y accesibilidad visual de carreteras y pueblos.

#### **Evaluación del paisaje (BLM, 1980, tomado de Farias, C. et al 1992)**

El método utilizado para la evaluación de la calidad visual del paisaje fué el de Bureau of Land Management (op cit), los criterios de valoración de la calidad escénica a zonas previamente divididas en unidades homogéneas, según su fisiografía y vegetación. En cada unidad se valoran diversos aspectos como morfología, vegetación, agua, color, fondo escénico, rareza, modificaciones y actuaciones humanas, (ver tabla 2, en anexo 18).

#### **IV.2.1.9.1.4 Calidad Escénica**

La metodología utilizada para evaluar cuantitativamente la calidad escénica es la de Palowski tomado de (Farias, C. et al 1992). Este método evalúa mediante diversos aspectos como son morfología, vegetación, agua, color, vistas escénicas, rareza, modificaciones y actuaciones humanas.

Según esta metodología la calidad escénica resultante es la suma de todos los aspectos con sus criterios, a partir de aquí se determina una de las tres clases que son:

CLASE A: áreas que reúnen características excepcionales para cada aspecto condicionado (de 19 – 23 puntos).

CLASE B: áreas que reúnen una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros (de 12 – 18 puntos).

CLASE C: áreas de características y rasgos comunes en la región fisiográfica (de 0 – 11 puntos).

Una vez evaluado esto, se establecen las clases de gestión visual que determinan los diferentes grados de modificación o cambio permitido en un territorio concreto, así como los niveles de sensibilidad respecto al territorio estudiado a través de la actitud de los usuarios, es decir, la preocupación que manifiesta con respecto a la introducción de cambios al paisaje. La evaluación del impacto a la calidad escénica, se desarrolló de la siguiente manera.

Con el objeto de establecer valores que puedan ser fácilmente comparables, se realizaron conversiones de valores inconmensurables a valores conmensurables, utilizando funciones de transformación (Conesa, 2003). Con esta función se asignan valores a componentes que se han evaluado subjetivamente, expresando la relación de los factores ambientales con una magnitud la calidad ambiental. La escala para medir la calidad ambiental varía de 0-1, donde el valor extremo óptimo es 1 y el valor más desfavorable es 0.

La función de transformación se representa de manera gráfica en la figura 57. En las ordenadas se sitúa la calidad ambiental y en las abscisas se toma como un indicador del impacto, para el valor relativo del paisaje, VR acorde con el modelo descrito, viniendo la unidad de medida expresada como un rango adimensional de 0 a 100.

#### Valoración directa subjetiva Va

Se realiza a partir de la contemplación del paisaje, por un grupo de personas para evitar en sesgo de la información ya que es una valoración relativa de la calidad escénica, adjudicándole un valor según la evaluación de la CE por Farias, C. et al 1992, en una escala de rango o de orden, donde se calcula un valor (ver metodología anexo 18) y se designa conforme la siguiente tabla sin desagregarlo en componentes paisajísticos o categorías estéticas, para la evaluar los Valores Absolutos se utiliza la siguiente escala:

**Tabla 23. Valores absolutos del paisaje.**

Paisaje	Va
Espectacular	16-23
Soberbio	8-16
Distinguido	4-8
Agradable	2-4
Vulgar	1-2
Feo	0-1

A partir de aquí se establece una gama de puntos de observación donde se evalúan las vistas obteniendo el valor de la unidad paisajística.

Los valores obtenidos se corrigen en función a la cercanía a núcleos urbanos, a vías de comunicación, al tráfico de éstas, a la población potencial de observadores y a la accesibilidad de los puntos de observación, obteniéndose un valor relativo.

$$VR = K * Va$$

Siendo:  $K = 1,125 \{ P/d * Ac * S \}^{1/4}$

Donde:

P = Función del tamaño medio de las poblaciones próximas

d = Función de la distancia media en km, a las poblaciones próximas

Ac = Accesibilidad a los puntos de observación, o a la cuenca visual (Inmediata 4, Buena 3, Regular 2, Mala 1, Inaccesible 0)

S = Superficie desde lo que es percibida la actuación (Cuenca visual), función del número de puntos de observación (Muy grande 4, Grande 3, Pequeña 2, Muy pequeña 1).

**Tabla 24. Valores referente a los núcleos de población.**

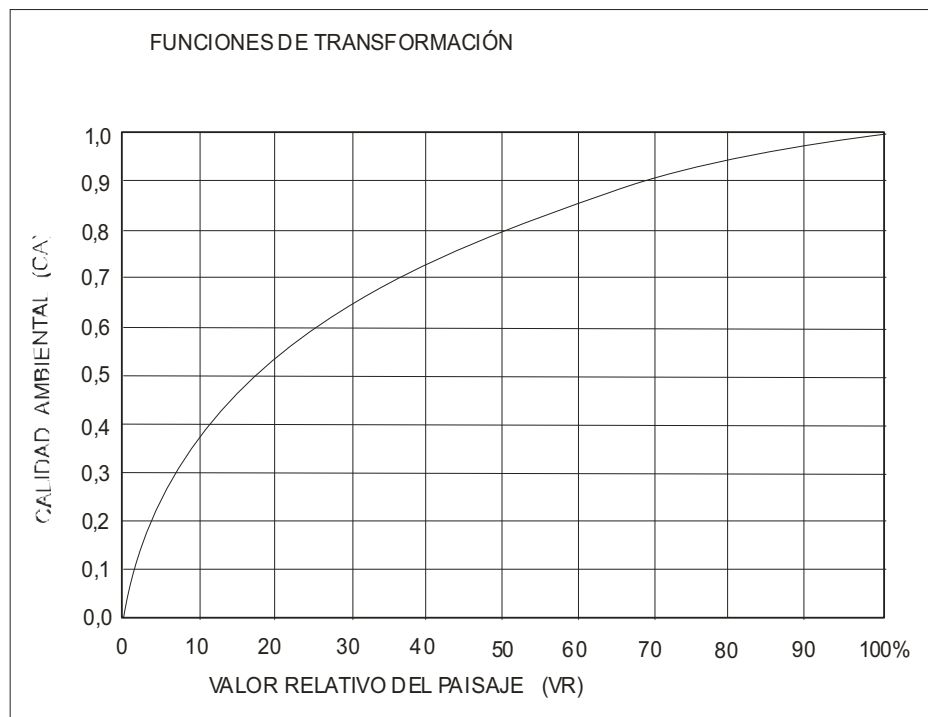
No de habitantes	P	Distancia (Km)	d
1-1 000	1	0-1	1
1 000-2 000	2	1-2	2
2 000-4 000	3	2-3	3
4 000-8 000	4	3-4	4
8 000-16 000	5	4-5	5
16 000-50 000	6	5-6	6
50 000-100 000	7	6-7	7
100 000-500 000	8	7-8	8
500 000-100 000	9	8-9	9
> 100 000	10	9-10	10

Cálculos para las funciones de transformación haciendo comparaciones con las acciones que afectarán y los factores afectados en la etapa de: 1) Construcción, 2) Operación en zona de la cortina y 3) Operación en el embalse.

#### IV.2.1.9.1.5 Aplicación de las funciones de transformación

Con el objeto de establecer valores que puedan ser fácilmente comparables, se realizaron conversiones de valores inconmensurables a valores conmensurables, utilizando funciones de transformación (Conesa, 2003). Con esta función se asignan valores a componentes que se han evaluado subjetivamente; expresando la relación de los factores ambientales con una magnitud de calidad ambiental. La escala para medir la calidad ambiental varía de 0 - 1, donde el valor extremo óptimo es 1 y el valor más desfavorable es 0.

La función de transformación se representa de en la gráfica 10. En las ordenadas se sitúa la calidad ambiental y en las abscisas se toma como un indicador del impacto, para el valor relativo del paisaje,  $V_R$  acorde con el modelo descrito, viniendo la unidad de medida expresada como un rango adimensional de 0 a 100.



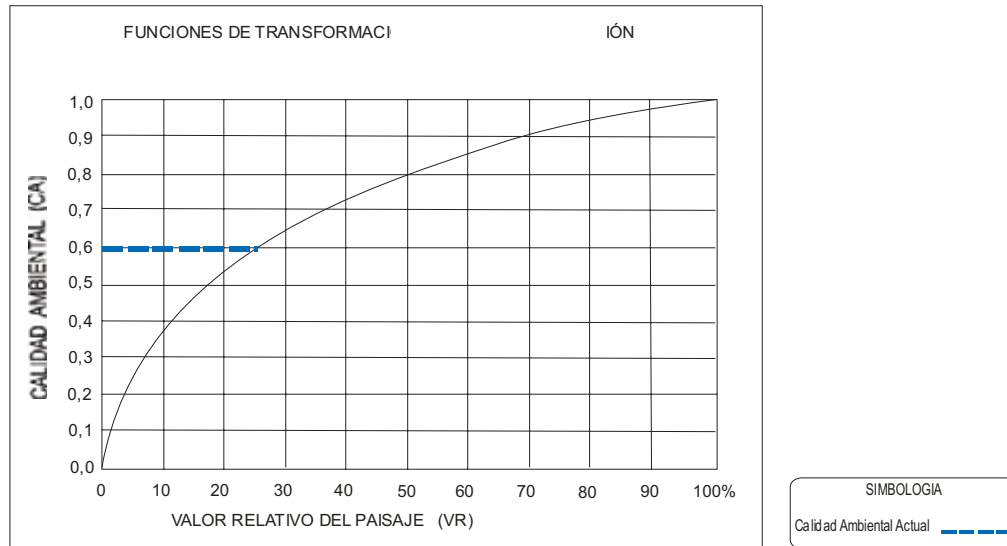
**Gráfica 10. Funciones de transformación.**

El valor de la calidad escénica del estado actual se determinó con las fórmulas que se describe anteriormente; para este caso se estimó que la región en general tiene un valor relativo de la calidad escénica de 24,7254.

**Tabla 25. Valores relativo del paisaje.**

FASE	VALOR RELATIVO DEL PAISAJE MIA REGIONAL PH LA YESCA CALIDAD ESCÉNICA		
	V <sub>a</sub>	K	V <sub>R</sub>
<b>ACTUAL</b>	21	1,1774	24,7254

Usando la función de transformación que se presenta en la gráfica 11, la calidad ambiental actual en el sitio del proyecto es de 0,6 debido principalmente a la poca población que tiene acceso al área donde se desarrollará el proyecto, la distancia desde donde es visible directamente esta área; la accesibilidad a estos puntos de observación y el tamaño de la cuenca desde donde será visible el proyecto (que abarca solo el área que colinda con el camino ya que es el único acceso donde hay presencia de observadores), además de ser encañonada y muy limitada el área de donde es posible la observación directa del área de estudio.



Gráfica 11. Calidad ambiental actual.

#### IV.2.1.9.2 Descripción de la Cuenca Visual

El área de estudio del medio físico y natural del proyecto contempla una superficie de 65 000 ha, abarcando parte de los municipios de Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila, Amatitán y San Martín de Bolaños del Estado de Jalisco y además el municipio de La Yesca del Estado de Nayarit.

Las actividades productivas que se realizan en la zona son principalmente las pecuarias, siendo la ganadería extensiva la que en mayor medida se practica, ya que las condiciones topográficas, edafológicas y climáticas, limitan en gran medida el desarrollo de otras actividades, como la agricultura, que solo se realiza como actividad de supervivencia y/o autoconsumo.

Para la evaluación de la calidad escénica se delimitó la cuenca visual a partir de los caminos de acceso ya que en éstos se ubica la franja de observación hacia el área de estudio.

#### IV.2.1.9.3 Descripción del Paisaje

El área de estudio del medio físico y natural se encuentra conformada de manera general por una serie de cañones, que corresponden a un área intensamente disectada por el Río Santiago y sus afluentes de su margen derecha. Los profundos cañones de éstos últimos corren en forma más o menos paralela de Norte a Sur, separados por serranías alineadas en el mismo sentido. Las laderas occidentales generalmente presentan mayor pendiente que las orientales (Gutiérrez, Vázquez 1959). El fondo de la barranca está a 500 m de altitud y las montañas circundantes alcanzan los 2 400 m, por lo que la temperatura, la humedad y el clima varían considerablemente. Esto a su vez se ve reflejado en la composición florística y en la forma de agruparse de las comunidades vegetales.

En general, el sitio se encuentra representado principalmente por elementos Neotropicales, los cuales, a su vez conforman varias comunidades con diferencias fisonómicas muy marcadas. Según la clasificación de Miranda y Hernández (1963), en el área se presentan principalmente tres tipos de vegetación, Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia Espinosa y Vegetación Riparia, entre otros.

Dado que la vegetación predominante es caducifolia, las diferencias temporales de color son altamente contrastantes entre la temporada de secas y la temporada de lluvias. En la primera el paisaje adquiere un color parduzco que al integrarse con los lechos secos de los arroyos y las áreas secas de los pastizales inducidos da una sensación de aridez. En la temporada de lluvias el color es verde intenso, se observa agua corriendo sobre los arroyos intermitentes y los cauces de los Ríos Santiago y Bolaños se encuentran crecidos con aguas turbulentas, estos elementos aunados a las altas temperaturas, precipitaciones y a un cielo nublado, con techos de nubes ubicados por abajo de 1 000 msnm, dan una sensación de exuberancia.

Sin embargo, en una dimensión espacial los contrastes de color son bajos ya que en la época de secas se observa de manera casi homogénea el color arena y en la de lluvias el color verde.

Otro elemento escénico a considerar es la actividad humana; en la región la densidad de población es muy baja por lo tanto no tiene una afectación relevante, sin embargo se puede observar pequeñas áreas en donde la cubierta vegetal ha sido eliminada para desarrollar actividades agrícolas y pecuarias. La inexistencia de opciones para el aprovechamiento de los recursos hace que en su mayor parte esta superficie sea destinada a la ganadería extensiva, con una excesiva carga animal que favorece el consecuente detrimento de los suelos y la vegetación.

Es evidente que el principal agente modelador del paisaje es el agua y en menor proporción el viento, los cuales han conformado sobre el cañón del Río Santiago gargantas profundas, paredes verticales, algunas de ellas de más de 1 000 m de alto, y valles; todos estos elementos le dan una vista espectacular ya que el cañón presenta una diferencia altitudinal considerable (aprox. 1 500 m). Se observan pendientes escarpadas, destacando la orilla que se encuentra del lado del Estado de Nayarit donde en sus cimas se observan algunos picachos que marcan un fondo escénico que puede ser imponente para el observador.

En esta parte las actividades antropogénicas han modificado la condición natural del cañón, se aprecian manchones de pastizal inducido en varias laderas de ambas orillas y cultivos en las playas del Río Santiago; las pocas construcciones de Mesa de Flores y del Paso La Yesca resaltan en el paisaje del cañón. Cabe resaltar la existencia de plantaciones de agave en las partes altas del cañón, los cuales con su tonalidad azul le confieren un cambio a la monotonía de la Selva.



La mayor parte de la precipitación pluvial escurre superficialmente formando cauces temporales que desembocan finalmente al Río Santiago y al Río Bolaños. Estos escurrimientos son el principal agente modelador del paisaje, siendo el causante de la variedad de formas fisiográficas, en especial los cañones.

El sustrato geológico local está conformado básicamente por cuatro unidades litológicas mayores, Andesita, Dacítica-Riodacita, Dacita e Ignimbrita Riolítica.

La estructura geológica se compone de materiales duros resistentes a la erosión; las partes erosionadas se observan principalmente en las zonas altas que fueron deforestadas para implantar cultivos (pastizales). Por la construcción de caminos se presenta compactación de terrenos y erosión en los taludes de éstos.

El clima en el área de estudio del medio físico y natural es predominantemente  $A(w_o)(w)(i')$ , el cual corresponde a un clima cálido subhúmedo con lluvias de verano, con una temperatura media anual de 26,2 °C y un porcentaje de lluvia invernal menor al 5%. La temperatura del mes más frío está por arriba de los 18 °C y la temperatura media anual es superior a los 22 °C. Es un clima con poca oscilación térmica.

En la porción Noreste se aprecia una variante de este clima, la cual establece sólo una diferencia, en lugar de ser un clima con poca oscilación, constituye un tipo climático extremo, esto es una diferencia entre la temperatura del mes más cálido y el mes más frío entre 7 y 14 °C.

#### **IV.2.1.9.4 Componentes Bióticos del Paisaje**

Las especies vegetales silvestres se reúnen naturalmente de manera más o menos aleatoria de forma que se establecen agrupaciones con características estructurales homogéneas, las cuales están condicionadas por factores medioambientales tales como clima, suelo y relieve.

La vegetación que se observa principalmente en la zona es una Selva Baja Caducifolia. Esta comunidad vegetal se caracteriza por la poca altura de sus componentes arbóreos (normalmente de 4 a 10 m y excepcionalmente hasta 15 metros), y por el hecho de que casi todas las especies pierden sus hojas por periodos de 5 a 7 meses del año, lo cual provoca un enorme contraste en la fisonomía de la vegetación entre la época seca y la lluviosa. Como ya se mencionó anteriormente, es común encontrar terrenos en los que la cubierta vegetal original ha sido removida por completo y en los que actualmente se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias.

La fauna se integra en el contexto definido por el relieve y la vegetación como un componente más, proporcionando animación y vida a la calidad escénica y matizando en cierta medida su percepción auditiva, mucho más conspicua en este caso, que las visuales. En la mayoría de los casos no juega un papel paisajístico destacado, debido fundamentalmente a que es un elemento móvil. La diversidad de fauna encontrada en la zona es de 113

especies, entre los que se encuentran anfibios, peces, reptiles, mamíferos y aves, siendo estas últimas las más abundantes.

El hombre tiene una participación relevante como creador y modificador de la calidad escénica, particularmente por el incremento de la erosión como resultante de la eliminación de la cubierta vegetal y el uso del suelo con fines agropecuarios.

#### **IV.2.1.9.5 Calidad Escénica**

La percepción de los rasgos morfológicos dominantes en el área de estudio del medio físico y natural es de forma tridimensional, con una serie de cañones, donde el desnivel entre el fondo de la barranca y las montañas circundantes, es de 700 m y en algunos sitios hasta de 1 500 m. La altitud varía entre los 200 m en las partes inferiores del Río Santiago y promedios de 2 800 m en las cumbres (cerro de Tequila 2 940 m), pero en general se mantiene entre los 500 y 2 400 m. En las elevaciones cercanas al cauce del río y las aledañas a los caminos de acceso, así como al área donde se desarrollará el proyecto, se observan algunas áreas impactadas por desmontes para establecer pastizales y agricultura de coamil, sobre todo alrededor de los parteaguas. Esta vegetación se compone básicamente por especies arbóreas y herbáceas, principalmente gramíneas; también se encuentran cultivos multianuales, como agave, y cultivos perennes como huertas de ciruelos y mango.

El paisaje brinda vistas espectaculares para los visitantes, debido a su formación de cañones. La textura visual es de grano medio en las zonas cubiertas por Selva y de grano fino donde existen pastizales inducidos y cultivados; la cobertura de la vegetación va de baja en la época de secas a media durante las lluvias. La distribución y la regularidad de la vegetación es al azar; se forman grupos más densos en condiciones de mayor humedad (cañadas). En general la cubierta vegetal presenta poco contraste espacial ya que en la estación de secas predomina el gris y en la de lluvias el verde.

<b>IV</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.....</b>	<b>2</b>
IV.1	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	3
IV.1.1	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO SOCIOPOLÍTICA.....	3
IV.1.2	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO Y NATURAL .....	5

#### IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

A fin de definir el área que debía ser estudiada para evaluar las posibles repercusiones ambientales de la ejecución del PH La Yesca, se analizaron a nivel regional las características físicas, biológicas y sociales existentes alrededor de la Cuenca Lerma – Santiago, las cuales son muy variadas. A continuación se explican las razones por las cuales se determinaron las zonas de estudio.

Desde el punto de vista hidrológico, el proyecto motivo del presente estudio de impacto ambiental, se localiza en la Cuenca Lerma Santiago; existe una marcada influencia regional, de aguas arriba hacia todo el cauce del Río Santiago; los cambios de origen antrópico se presentan desde el origen del Río Lerma en el Valle de Toluca, en el Bajío y hasta la propia Ciudad de Guadalajara. La influencia de las actividades humanas llega hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. La cuenca nace en el Estado de México, sin embargo para determinar el área de estudio tan solo se revisaron las características de la cuenca a partir del nacimiento del Río Santiago en el Lago de Chapala. A partir de éste cuerpo de agua, el río fluye en dirección norte sigue su curso hacia la Ciudad de Guadalajara; su caudal en los últimos años ha ido a la baja y ahora es intermitente. Por otro lado, el lago de Chapala aporta, a través del acueducto Chapala – Guadalajara, un caudal considerable para usos múltiples, el cuál es devuelto al Río Santiago como descarga de agua residual sin tratamiento. Más adelante, hacia aguas abajo de la ciudad de Guadalajara siguiendo el curso del río, se encuentran varios afluentes, entre los que se pueden nombrar el Río Chico y el Río Tequila, los que se incorporan al cauce del Santiago aguas debajo de la presa de Santa Rosa. Esta presa utilizada para la generación de energía eléctrica, tiene más de 40 años en funcionamiento y presenta actualmente azolves considerables; unos kilómetros más abajo, entronca el Río Bolaños, el cual es el primer afluente que aporta un caudal considerable al Río Santiago como se muestra en la figura 1.

**Figura 1. Esquema del Río Santiago y existencia de proyectos en el Río Santiago.**



Siguiendo el curso del río, se llega al punto donde actualmente se está construyendo el PH El Cajón, y de acuerdo con el diseño de esta obra, se prevé que la cola del embalse del Cajón llegará a 2 m de altura de la cortina diseñada y proyectada para el PH La Yesca.

Fisiográficamente en el área donde se plantea el desarrollo del PH La Yesca se presentan cañones y barrancas profundas con topografía muy accidentada, existiendo una diferencia altitudinal de 1 380 m aproximadamente, entre la cabecera municipal de Hostotipaquillo y la confluencia de los ríos Bolaños y Santiago, con pendientes muy fuertes que forman acantilados en varias áreas a lo largo del Río.

Por lo que respecta a las características biofísicas del área de cañones, éstas presentan condiciones similares a lo largo de todo el cañón, en el que predomina la selva baja caducifolia, hay densidad poblacional baja, el relieve es accidentado y por lo tanto con poca accesibilidad; los suelos presentes en el área son de baja productividad y potencialidad para el desarrollo de actividades del sector primario. En el cañón del Río Santiago las altas temperaturas representan un bajo confort climático para el ser humano. Por todo lo anterior es una zona de poco atractivo para el establecimiento de actividades productivas y de centros de población.

De acuerdo con el análisis realizado, y con la intención de estudiar adecuadamente el área se tomó la decisión, de considerar un área de estudio para las implicaciones sobre el medio natural (físico y biótico) distinta a la definida para evaluar los efectos socioeconómicos del proyecto:

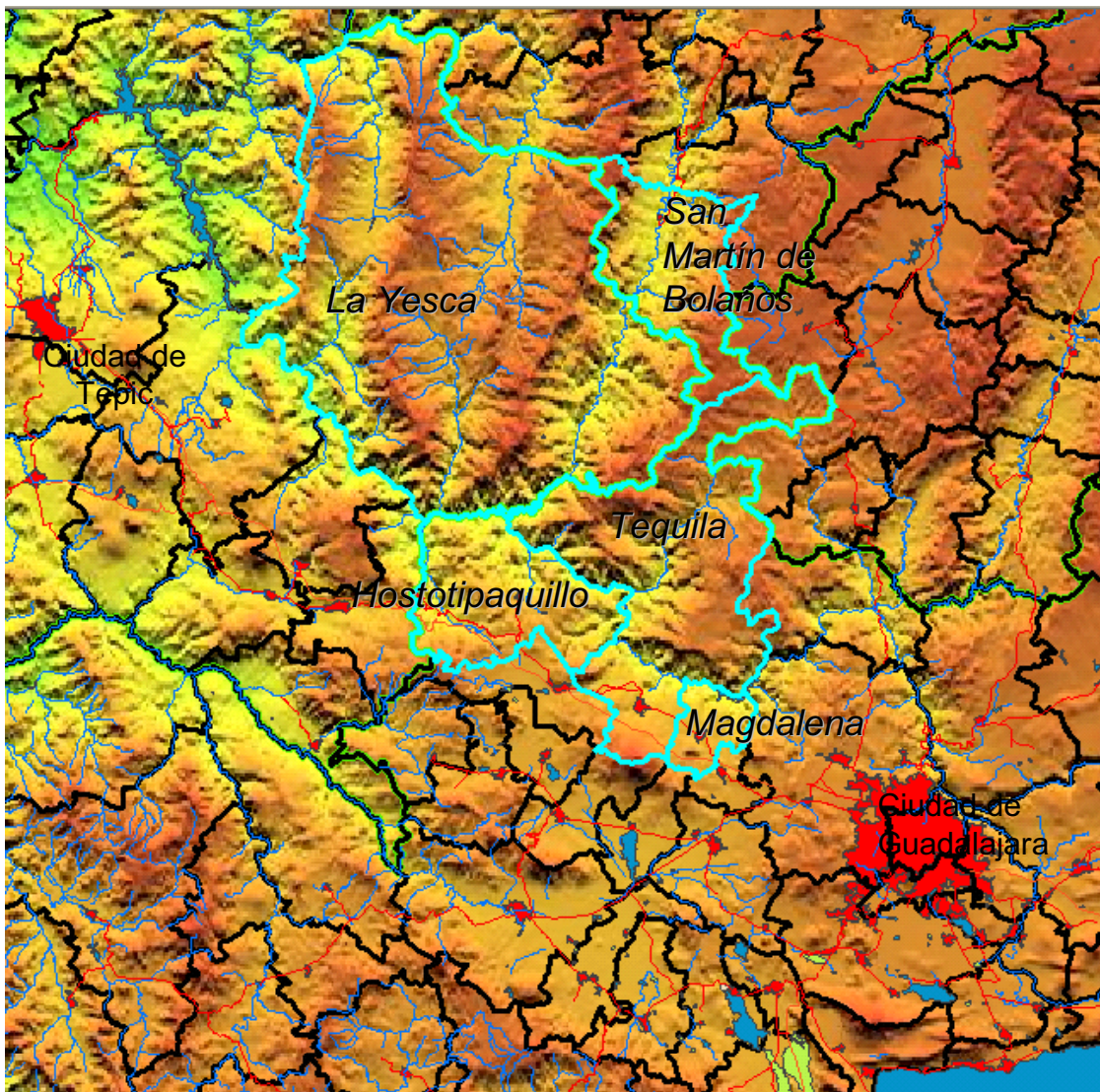
A continuación se explica el alcance de las dos áreas y los argumentos que sustentan la delimitación de este alcance.

#### **IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

##### **IV.1.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO SOCIOPOLÍTICA**

El proyecto se ubicará en los límites de los Estados de Jalisco y Nayarit, cercano a las pequeñas comunidades de Mesa de Flores y Paso La Yesca, dentro del Estado de Jalisco; éstas comunidades se encuentran sobre el camino de brecha que une a las cabeceras municipales de Hostotipaquillo y La Yesca. Otros involucrados por el área de inundación del proyecto son: Tequila, Magdalena y San Martín de Bolaños del Estado de Jalisco; por lo que respecta al Estado de Nayarit, el municipio es el de La Yesca.

La región que abarcan estos municipios es aproximadamente 14,741.31km<sup>2</sup>, con una población de 92 323 habitantes que viven en 737 localidades. Las cabeceras municipales concentran a la mayor parte de los habitantes y los pobladores restantes se encuentran dispersos en múltiples localidades como se puede observar en la figura 1. (Área de Estudio Sociopolítica).



**Figura 2. Municipios, Cabeceras y Ríos Perennes (Fuente: IRIS, INEGI).**  
 Nota: La línea azul corresponde al área de estudio sociopolítica

Para determinar el área a estudiar social y económica, la región se analizó bajo los siguientes criterios:

- a) El territorio fuera influenciado por las acciones del proyecto.
- b) Existiera una dinámica socioeconómica integrada a otros municipios que implicara una relación activa.

Es importante destacar de los municipios de Hostotipaquillo y La Yesca que serán los que albergarán el proyecto, especialmente en el territorio abarca del primero, puesto que es en este donde se contempla la realización de la mayoría de las actividades de construcción, instalación de campamentos y obras civiles descritas en el capítulo II, así como el camino de acceso.

El territorio de La Yesca solo se ocupará por el embalse del proyecto la zona de inundación proyectada; la población de la cabecera municipal se verá influenciada en su dinámica económica por estar ligada a la cabecera municipal de Hostotipaquillo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Hostotipaquillo entrada natural al proyecto.

Magdalena y Tequila son las economías más fuertes de la región; la dinámica económica de Hostotipaquillo depende sustancialmente de Magdalena. Amatitán depende fundamentalmente de Tequila.

Territorialmente, por las obras de infraestructura y el embalse, solo habría influencia física del proyecto en Hostotipaquillo, Tequila, San Martín de Bolaños y en La Yesca. El municipio con menor influencia del proyecto es San Martín de Bolaños, el cual solo estará involucrada con una pequeña proporción de territorio que será inundada, que corresponde a predios de pequeños propietarios. Sin embargo se incluye y se le otorga un tratamiento especial ya que no tiene ninguna relación socioeconómica con el resto de los municipios que conforman el área de estudio sociopolítica por el aislamiento del proyecto.

#### **IV.1.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO Y NATURAL**

En la delimitación del Área de Estudio del Medio Físico y Natural (AEMFN) se consideraron:

- Los importantes controles topográficos sobre el sistema ambiental y los procesos de cambio
- El aislamiento relativo del territorio al norte del Río Santiago<sup>2</sup> por:
  - el gran relieve relativo,
  - pendientes abruptas,
  - elevadas temperaturas,
  - escaso desarrollo de suelos,
  - contaminación de las aguas del Río Santiago,
  - los riesgos asociados a las variaciones horarias de caudal por descargas de la presa de Santa Rosa.

Inicialmente se consideraron como área de influencia del proyecto criterios hidrológicos y de cuencas por ser integradoras en el sistema ambiental. Se estableció como área de estudio preliminar el territorio de las cuencas de cursos de agua que descargarán en los Ríos Santiago y Bolaños entre las presas de Santa Rosa y de El Cajón. Los resultados de los primeros trabajos de campo y la interpretación de imágenes satelitales y aéreas, indicaron con claridad que las zonas elevadas de las cuencas<sup>3</sup> y las zonas más bajas de estas mismas cuencas<sup>4</sup> se relacionan principalmente por el flujo del agua superficial. El cambio abrupto de la topografía en la zona de reactivación geomorfológica del Río Santiago (representado por farallones, elevada erosión, etc.) genera directa e indirectamente condiciones de aislamiento particulares del sistema ambiental muy diferentes al de las zonas altas.

Los primeros resultados indicaron también que las condiciones de cambio natural y antrópicos repiten los patrones de aislamiento controlados por la topografía. La extensión del territorio de las cuencas consideradas inicialmente era excesiva y su estudio no generaría información relevante de procesos de cambio sin proyecto (ni con proyecto<sup>5</sup>) desde la perspectiva de los impactos ambientales.

<sup>2</sup> Al sur del Río Santiago se localizan todas las cabeceras municipales – con excepción de La Yesca –, la concentración de actividades productivas y extensión de áreas cultivadas.

<sup>3</sup> De menor relieve relativo, menor temperatura y mayor eficiencia de la precipitación.

<sup>4</sup> De topografía abrupta, altas temperaturas, menor eficiencia de la precipitación y mayor susceptibilidad a la erosión.

<sup>5</sup> Como se confirmó en la fase de identificación de impactos ambientales potenciales.

En el cañón del Río Santiago y de sus afluentes existe una baja disponibilidad de agua para consumo humano y/o animal, las temperaturas son cálidas y representan un bajo confort, lo cual aunado a su baja accesibilidad por el relieve tan abrupto hace que estos cañones hayan quedado aislados en relación al desarrollo y alto aprovechamiento productivo que se lleva a cabo en las partes altas de estos cañones, en donde se tiene una topografía plana, clima menos extremo, disponibilidad de agua, variedad de tipos de vegetación y recursos, accesibilidad, vías de comunicación y productividad de los suelos que favorecen el desarrollo de actividades pecuarias, agrícolas, industriales así como el establecimiento de centros de población.

Las aguas del Río Santiago son de muy mala calidad, ya que reciben las aguas de toda la zona de Guadalajara y su zona conurbada; en cambio las aguas del Río Chico y Bolaños son de buena calidad. Además las temperaturas en el área de estudio presentan máximas superiores a los 45° C y sus suelos en gran parte son someros con gran presencia de rocosidad.

La escasa población en esta región, las pocas vías de comunicación, la topografía accidentada y el clima extremo hace que las actividades del sector primario estén escasamente representadas, ya que la agricultura se limita principalmente a los parteaguas de los cerros, a pequeñas áreas planas junto al río, escasos cultivos de agave, pequeñas áreas de huertas frutales. La actividad ganadera de libre pastoreo también se desarrolla en partes con pendientes menos severas.

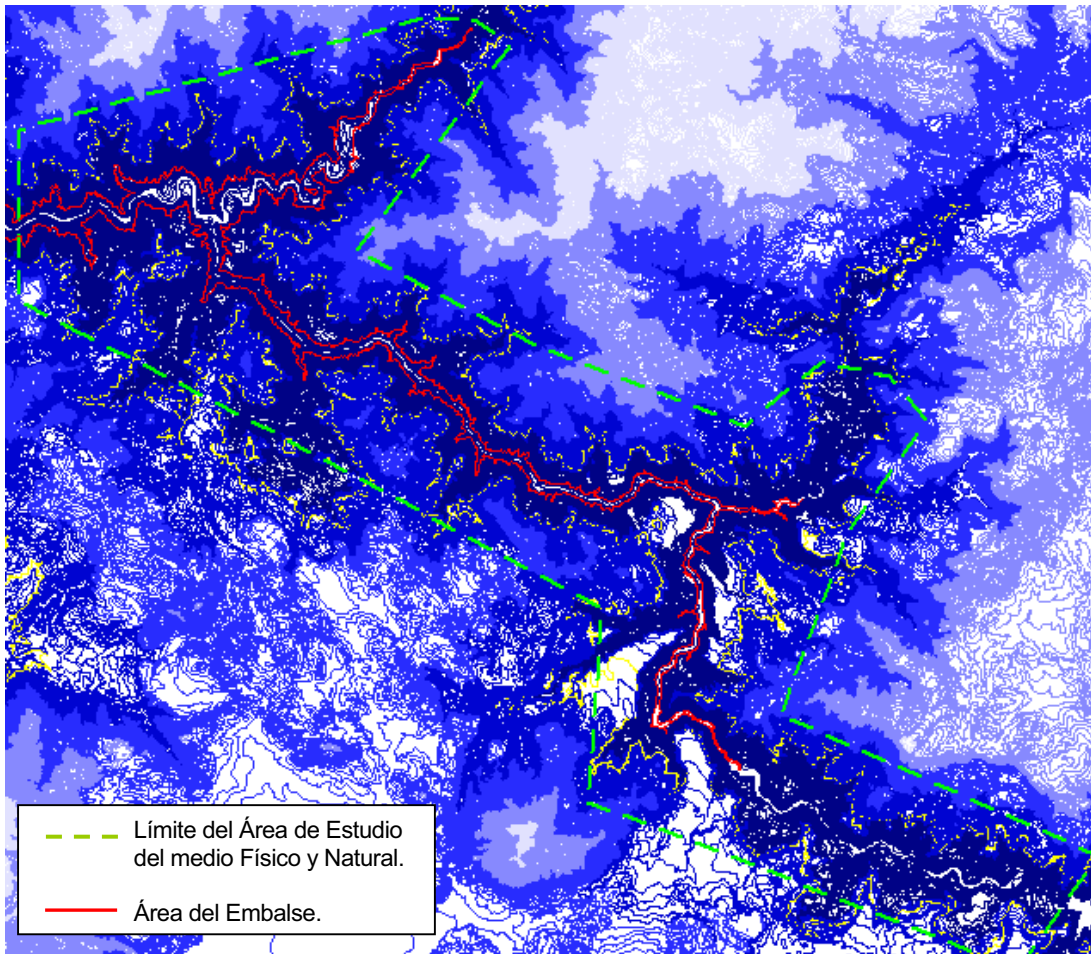
Así se puede observar que los cañones del Río Santiago, Bolaños y Chico conforman un sistema ambiental con características y relaciones funcionales particulares con poca relación natural y antropogénica con la parte superior y terrenos aledaños al cañón.

Como resultado de lo anterior se consideró la influencia del proyecto estará delimitada al área donde se inicia a acrecentar la pendiente, lo cual ocurre alrededor de la cota de 1 000 m sobre el nivel del mar y siguiendo alrededor por el contorno del embalse, dando un área aproximada de 65 000 ha (figura 3, línea verde punteada), iniciando aguas arriba del Río Santiago en PH de Santa Rosa y termina 5 km aguas abajo del sitio en donde se pretende construir la cortina. Esta zona presenta características muy homogéneas en cuanto a vegetación, topografía, clima, calidad de agua y actividades agropecuarias. Esto corresponde al área del cañón del Río Santiago, en donde las condiciones topográficas y de clima son diferentes de los que se presentan por arriba de la cota 1 000 msnm y las cuales son una fuerte limitante para el desarrollo de actividades humanas, ocasionando una baja densidad poblacional.

Por lo anterior, se obtuvo un polígono irregular con orientación Sureste-Noroeste, como ya se mencionó, siguiendo la dirección natural del río. El área de afectación se centrará, aprovechando las condiciones geomorfológicas de los cañones de los ríos Santiago, Río Chico y Bolaños, existiendo una marcada diferencia entre las áreas planas y el cañón. Tomando en consideración que la cortina del proyecto de "La Yesca" tendrá una altura de más de 208 m, lo que hará que el embalse tenga una superficie de 3 492 ha y una longitud de 54,8 km en el Río Santiago y 23,5 km en el Río Bolaños. En la figura 3 se muestra la superficie que ocupará el proyecto y el área de estudio que se consideró en este estudio para el medio físico natural.



Cabe indicar que esta área de estudio corresponde al Sistema Ambiental en el cual se desarrollará el proyecto.



**Figura 3. Superficie del área de estudio del medio físico y natural.**

<b>V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....</b>	<b>2</b>
V.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3
V.2 TÉCNICAS PARA EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	4
V.3 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	6
V.3.1 Redes de interacción.....	10
V.3.2 Matrices causa-efecto .....	11
V.3.3 Fichas de Caracterización de Impactos.....	12
V.4 IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS.....	16
V.4.1 Identificación de impactos .....	16
V.4.2 Listado de Impactos .....	16
V.4.3 Selección y descripción de los impactos .....	24
V.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS AFECTACIONES A LA ESTRUCTURA Y FUNCIONES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	67
V.5.1 Construcción del escenario modificado por el proyecto. ....	67
V.5.2 Descripción de Escenarios previstos a distintos plazos.....	73
V.5.3 Identificación y descripción de las fuentes de cambio, perturbaciones y efectos .....	106
V.6 ESTIMACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS CAMBIOS GENERADOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL .....	111
V.6.1 Medio Físico.....	111
V.6.2 Medio Biótico .....	170
V.6.3 Medio Socioeconómico .....	192
V.7 RESUMEN CRONOLÓGICO CUALITATIVO DE LOS PRINCIPALES CAMBIOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL .....	197
V.7.1 Escenarios pasados .....	197
V.7.2 Escenario actual .....	200
V.7.3 Escenarios futuros .....	201

## **V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

El presente capítulo como lo señala la guía metodológica para elaborar la manifestación de impacto ambiental modalidad regional de proyectos de generación, transmisión y transformación de energía eléctrica *“tiene como objetivo identificar, describir y evaluar los impactos ambientales, acumulativos y sinérgicos significativos que generará el proyecto sobre el sistema ambiental regional”*. Para lograr dicho objetivo se propone modificar el orden propuesto para enriquecer la información y lograr explicar la particularidad del proyecto de una forma más ordenada y concisa. Sin embargo los títulos que propone la guía serán respetados para una mejor revisión en la evaluación correspondiente.

Lo anterior se debe a las condiciones imperantes que existen en la zona de estudio, que se han explicado en los capítulos anteriores y al orden cronológico en el presente documento.

La guía metodológica propone en sus incisos el orden siguiente:

- V.1 Identificación de las afectaciones a la estructura y funciones del sistema ambiental regional.
  - V.1.1. Construcción del escenario modificado por el proyecto.
  - V.1.2 Identificación y descripción de las fuentes de cambio, perturbaciones y efectos.
  - V.1.3 Estimación cualitativa y cuantitativa de los cambios generados en el sistema ambiental regional.
- V.2. Técnicas para evaluar los impactos ambientales.
- V.3 Impactos ambientales generados.
  - V.3.1 Identificación de impactos.
  - V.3.2 Selección y descripción de los impactos significativos.
- V.4. Evaluación de los impactos ambientales.
- V.5. Delimitación del área de influencia.

La metodología para la identificación, valoración, técnicas y descripción de los impactos del proyecto, se describirá acorde al orden en que fue utilizada, el orden para su presentación y evaluación correspondiente fue modificado tomando en cuenta las siguientes premisas:

- (a) El ámbito geográfico a estudiar en la línea de base debe abarcar un área tan extensa como el área de influencia de los impactos que se esperan. Dicha área variará para los diferentes componentes ambientales (aguas superficiales, aguas subterráneas, flora y fauna, aire, etc.), pudiendo cubrir desde áreas relativamente limitadas (pe impacto del ruido) hasta áreas relativamente extensas (pe influencia de la cantidad y calidad del agua superficial aguas abajo de un río).
- (b) El énfasis de la MIA se hace sobre los impactos ambientales significativos potenciales. Esto quiere decir que si bien todos los componentes ambientales relevantes se estudiarán, solo ameritarán un análisis detallado aquellos componentes donde se pueden esperar impactos significativos.
- (c) Dado que los sistemas ecológicos, pero sobre todo los desarrollos antropogénicos, son dinámicos, para poder determinar la magnitud de un cambio en un componente ambiental será necesario compararlo no solo con su estado previo al inicio del

- proyecto, sino con el estado que se espera tendrá en un tiempo determinado en ausencia del proyecto.
- (d) Para hacer la evaluación de los impactos ambientales potenciales, éstos se comparan con el estado del medio ambiente esperado al corto, mediano y largo plazo.
  - (e) La identificación y evaluación de los impactos potenciales toma en cuenta las diferentes características de los mismos:
  - (f) Los impactos se cuantifican en la medida de lo posible en su fase de evaluación. Sin embargo existen impactos que no se pueden cuantificar o que el intento de cuantificarlos puede arrojar resultados numéricos carentes de sentido. En muchos casos resulta de mayor utilidad una buena descripción cualitativa de los impactos para entenderlos y poder proponer medidas de mitigación.
  - (g) Se hace énfasis en tratar cada impacto de manera individual y se evita asignar pesos relativos a cada impacto. Al adicionar impactos según índices cuantitativos ponderados, se corre un riesgo grande de ignorar impactos significativos (y por lo tanto la oportunidad de proponer medidas para mitigarlos) solamente porque se considera que hay otros impactos que tienen mayor importancia.
  - (h) La “significancia” de un impacto siempre será subjetiva. Para ayudar a matizar las diferencias de percepción entre diferentes grupos, se propone una valoración de la significancia de cada impacto de acuerdo a sus características (reflejadas en las Fichas de Identificación de Impactos).
  - (i) Se tomarán en cuenta las fases de construcción, operación y abandono del proyecto.

#### **V.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA**

Como se definió en el capítulo IV, en la descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región, se definió el área de estudio, haciendo una división muy marcada entre el área social y el área del medio físico y biótico, además se describió la localización y las características particulares del sitio en donde se pretende realizar el proyecto; definiendo entonces que para el estudio y la determinación del área de influencia existen dos zonas:

- a) Área de Estudio del Medio Físico y Natural y
- b) Área de Estudio del Medio Socioeconómico,

Considerando la totalidad de los componentes del sistema ambiental regional afectados, que se describirán en los puntos siguientes, el área de estudio del medio físico y natural, como se explicó en el capítulo IV, en la delimitación del área de estudio, se obtuvo un polígono irregular con orientación Sureste-Noroeste, siguiendo la dirección natural del río. El área de afectación se centrará, aprovechando las condiciones geomorfológicas de los cañones de los ríos Santiago, Río Chico y Bolaños, existiendo una marcada diferencia entre las áreas planas y el cañón. Tomando en consideración que la cortina del proyecto de “La Yesca” tendrá una altura de más de 208 m, lo que hará que el embalse tenga una superficie de 3 492 ha y una longitud de 54,8 km en el Río Santiago y 23,5 km en el Río Bolaños

En lo que respecta la influencia del proyecto en el área de estudio del medio socioeconómico, se encuentra delimitada sobre todo por la derrama económica que acarreará el proyecto, ya que durante la etapa de construcción, el número de trabajadores será de aproximadamente 5 000 personas, de las cuales se estima que un porcentaje importante tenga que venir de otras regiones aledañas y que sus

necesidades de servicios (habitación, salud, educación, entre otros), deba ser cubierta por las localidades más cercanas. Cabe señalar que dentro de las instalaciones (campamentos), se albergará un importante porcentaje de la población laboral, sin embargo, de éstos, existirán familias que vivirán en las localidades con infraestructura mayor como lo es Hostotipaquillo, Tequila, Amatitán entre otros.

Por o anterior, las áreas de estudio en donde influirá el proyecto será idéntica a la descrita en el capítulo IV ya descrito.

## **V.2 TÉCNICAS PARA EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

La metodología usada para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se basa en una combinación de diferentes métodos:

- Uso de matrices causa-efecto,
- Redes de interacción,
- Matrices causa-efecto (tipo Leopold),
- Fichas de caracterización de impactos y
- Trabajo inter-disciplinario a través de talleres de trabajo.
- Elementos del método desarrollado por los Laboratorios Batelle-Columbus

### **Línea de base ambiental**

El primer paso en la preparación de la MIA es la definición de la línea de base ambiental. Para ello primero se definen las unidades ambientales a estudiar, las cuales varían para cada aspecto ambiental. Cada coordinación definió las unidades ambientales a estudiar – en algunos casos a nivel de subunidades- para los aspectos ambientales bajo su responsabilidad; dichas unidades se encuentran representadas por medio de SIG.

### **Valoración de la línea de base ambiental e Índices de Calidad Ambiental**

Para poder contar con una idea de la calidad ambiental actual no basta con describir la línea de base, esta se interpretará para definir su calidad ambiental. Para ello y con la finalidad de contar con referentes de calidad uniformes a lo largo de toda la MIA, cada área de coordinación desarrolló Índices de Calidad Ambiental (ICAs).

Cada aspecto ambiental tiene sus dificultades para traducir su calidad de forma cuantitativa y simplificada. Asimismo el intentar conseguir un ICA simplificado por medio de la agregación de índices individuales (presencia de diferentes tipos de especies, diferentes parámetros de calidad de agua, diferentes elementos de calidad paisajística), puede resultar contraproducente si los valores resultantes pierden significado.

Por las razones expuestas los ICAs desarrollados toman en cuenta las siguientes premisas:

- Solamente se desarrollaron ICAs simplificados en base a valores agregados de componentes individuales si al aplicar el ICA no se pierde información significativa sobre la calidad de los componentes individuales.
- De lo contrario se desarrollaron ICAs independientes para cada parámetro de valoración.

- Los ICA's tienen una escala del 0 al 1:
  - o Un 0 representa un ambiente totalmente degradado y sin ningún valor ambiental;
  - o Un 1 representará un ambiente sin intervenir, de calidad óptima y de un gran valor ambiental.
- Los ICA's se basan en los siguientes indicadores generales:
  - o Valor ecológico (pe 1 = excepcional; 0.7 = alto; 0.5 = medio; 0.2 = bajo; 0 = muy bajo)
  - o Nivel de intervención (pe 1 = ninguna; 0.7 = insignificante/baja; 0.5 = baja/moderada; 0.2 = alta; 0 = muy alta/total)
  - o Grado de unicidad (es decir, que tan único es ese aspecto ambiental) (pe 1 = muy alto/de importancia mundial; 0.7 = alto/de importancia nacional; 0.5 = medio/alto/de importancia regional o local; 0.2 = bajo; 0 = ninguno)
  - o Nivel de protección (pe 1 = alto/nivel internacional; 0.7 = alto/nivel nacional o regional; 0.5 = medio/nivel local; 0.2 = bajo/sin protección/valorado localmente; 0 = ninguno)
  - o Valor social, cultural y económico (pe 1 = muy alto; 0.7 = alto; 0.5 = medio; 0.2 = bajo; 0 = ninguno)

NOTA: estos parámetros cualitativos son únicamente indicativos.
- La función que determina el valor de calidad ambiental se determina en función a indicadores cuantitativos en la medida de lo posible (pe número de especies, área de afectación, concentración de contaminantes) o cualitativos (en cuyo caso estos se describen claramente para asegurar una aplicación uniforme del ICA a lo largo de la MIA).

Con base a los ICA's cada área de coordinación valoró la calidad del medio ambiente previa al proyecto (línea de base).

Además de definir y evaluar la línea de base ambiental, cada área de coordinación identificó los patrones de cambio observados en los últimos años, con la finalidad de poder extrapolar el estado del medio ambiente en el corto, mediano y largo plazo

### **Definición de escenarios de desarrollo y evolución del sistema en ausencia del proyecto.**

Los ecosistemas, pero sobretodo el medio antropogénico, son dinámicos. Por ello cuando se examinan los impactos potenciales de un proyecto en desarrollo, solamente se podrá tener una aproximación más acertada de la magnitud de los impactos si se le compara con el estado del medio ambiente previsto a futuro, y no comparando con la línea de base al inicio del proyecto. Por ello es importante desarrollar escenarios de evolución al corto (hasta 5 años), mediano (6-10 años) y largo (11 años en adelante) plazo.

La definición de los escenarios se basa en los patrones evolutivos observados para los diferentes aspectos ambientales, así como en los patrones de desarrollo antropogénico previstos por las autoridades municipales, estatales y federales (planes de ordenamiento territorial, obras de infraestructura ya autorizada o con posibilidades de ser autorizadas).

Cada área de coordinación fue responsable de identificar las tendencias en el desarrollo de los componentes de su área de responsabilidad en base a datos históricos, cuando esto era aplicable (deterioro de la calidad del agua, pérdida de especies de flora y fauna comerciales y no comerciales, crecimiento demográfico).

Para cada área de coordinación se proyectó la línea de base al corto, mediano y largo plazo. Se entiende que muchas veces no es posible cuantificar la evolución de ciertos elementos ambientales; en tal caso se hace una valoración cualitativa de cómo se prevé que evolucione dicho elemento.

Se describen los escenarios de desarrollo al corto, mediano y largo plazo. Dichos escenarios reflejan en la medida de lo posible el cambio de uso de suelo y los proyectos de infraestructura previstos.

Una vez proyectado el estado del medio ambiente (evolución en función a los patrones de cambio identificados a la fecha), se hace una valoración de cómo podrán afectar los escenarios de desarrollo identificados al estado del medio ambiente proyectado.

Si bien al principio del proyecto se realiza una recopilación de información que abarca a todo el sistema ambiental regional, el proceso de identificación de impactos contribuyó a definir las áreas del territorio donde era necesario realizar un mayor esfuerzo para obtener datos e información más precisa.

La evaluación de los impactos se realizó para aquellos impactos que se identificaron como potenciales significativos o sea, aquellos que recibieron una valoración de “3” en la matriz y en las fichas. Para dichos impactos se hace una evaluación detallada – basada en estudios, valoraciones y pronósticos cuantitativos- que permite conocer todos los aspectos de dicho impacto, y con ello poder proponer medidas para eliminarlos, mitigarlos y/o compensarlos.

### **V.3 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

La fase de identificación de impactos está orientada a reconocer aquellos impactos potenciales significativos del proyecto, con tal de determinar las interacciones que requerirán una evaluación más detallada, así como del alcance de la misma.

Durante esta fase se fomentó el trabajo interdisciplinario, mediante la activación de espacios y dinámicas donde los diferentes expertos tuvieron oportunidad de interactuar, con la finalidad de poder identificar las implicaciones que tienen ciertos impactos sobre otros componentes ambientales. Este fue un ejercicio crítico para la identificación y evaluación de impactos ya que permitió identificar interrelaciones que de otra manera no se hubieran identificado.

El trabajo interdisciplinario se dio a través de talleres de identificación y evaluación de impactos. Cabe mencionar que dichos talleres, aparte de cumplir su función como espacios formales de intercambio entre los expertos, incentivó una serie de intercambios informales continuos durante todo el proceso de preparación de la EIA.

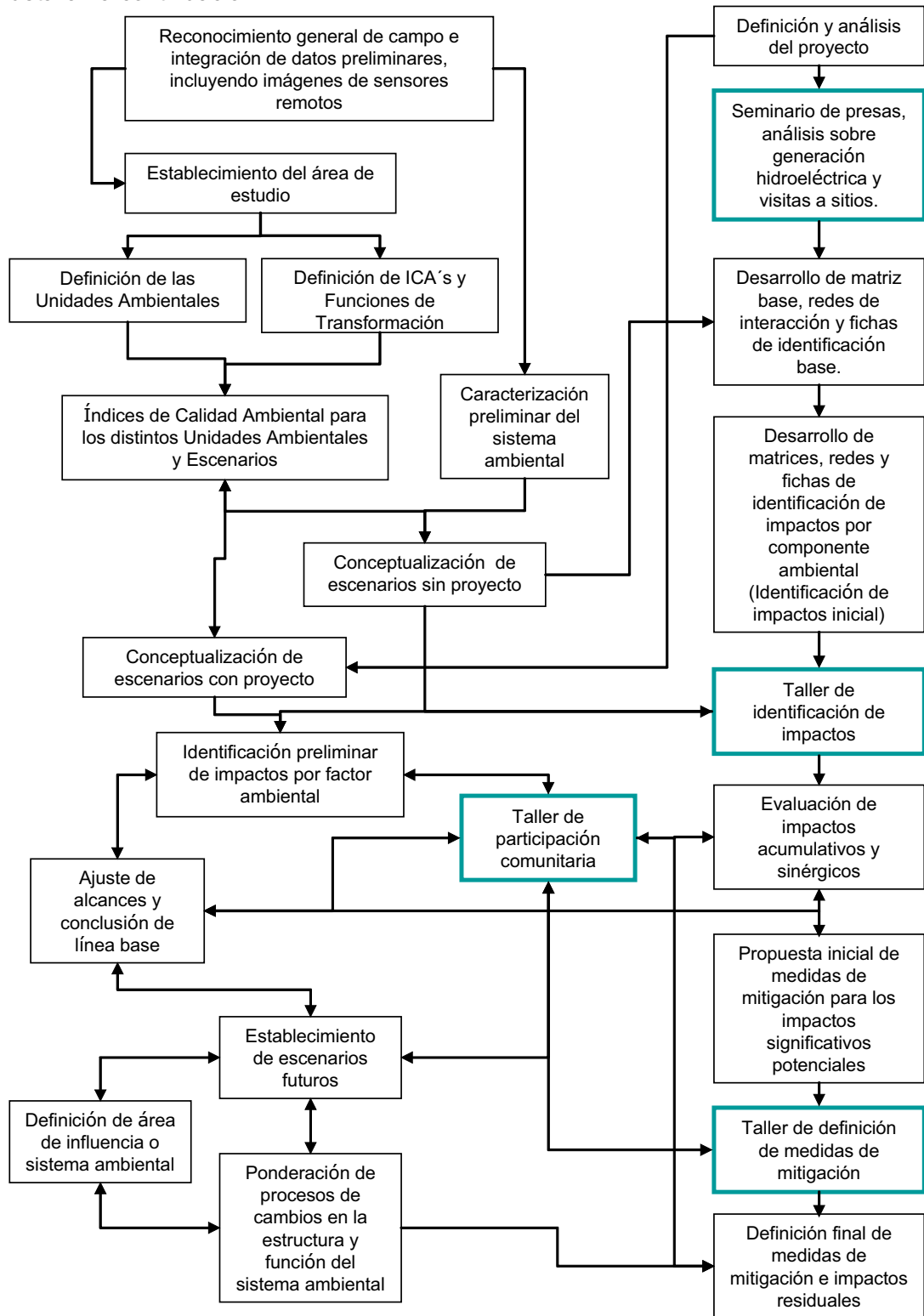
El taller de identificación de medidas de mitigación se desarrolló de manera similar al taller de identificación de impactos, fomentando el trabajo interdisciplinario entre pares para garantizar la optimización de las medidas de mitigación.

Para cada medida de mitigación se hizo una predicción de cómo atenuará los impactos para los cuales están diseñadas. Así pues, se calcula el ICA esperado del componente ambiental con la medida de mitigación; de esta manera se valora la eficiencia esperada de la medida y se identificará cualquier impacto residual.

Asimismo se propone un plan de vigilancia para garantizar que las medidas de mitigación se implementen adecuadamente y den los resultados esperados, así como para identificar cualquier desviación de la situación prevista y por lo tanto poder actuar inmediatamente ante cualquier contingencia.



La identificación y evaluación de los impactos se hizo siguiendo los pasos que se detallan a continuación:



Como paso inicial se preparó un modelo de Matriz, reflejando todas las actividades del proyecto (para sus fases de construcción, operación y abandono) y todos los aspectos ambientales relevantes. Dicha matriz se consensó con CFE así como con todos los coordinadores. Asimismo se prepararon fichas de identificación de impactos para describir cada interacción de la matriz donde se prevé un impacto significativo, de acuerdo a las características del impacto. En cuanto a las redes, se tomaron como punto de partida las redes propuestas por Brismar (2004) para grandes presas.

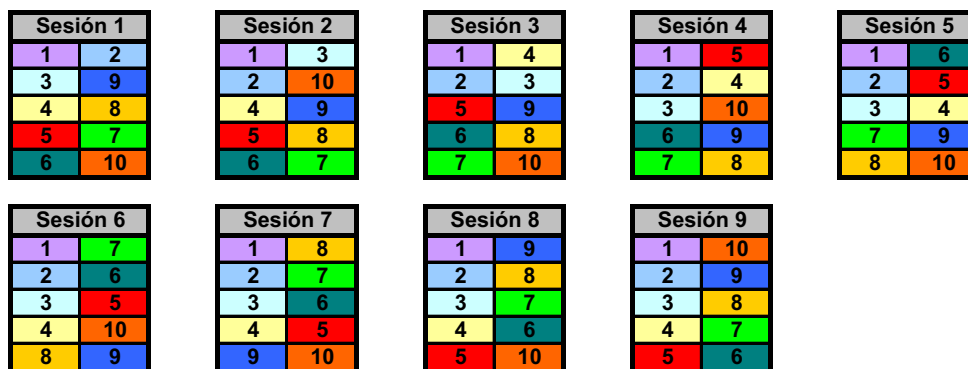
Con base a los documentos de trabajo cada coordinación hizo una identificación preliminar de impactos, usando la matriz base y las redes iniciales. La identificación preliminar de impactos hecha por cada coordinación sirvió de punto de partida para las discusiones entre expertos durante el taller de identificación de impactos.

Posteriormente se realizó un taller donde se formaron diez grupos (algunos que incluían más de un área de coordinación) y, durante dos días, todos los grupos interactuaron entre sí en pares, trabajando sobre las redes y las matrices. Los expertos en construcción civil, seguridad e higiene y sistemas de información geográfica, así como el coordinador del proyecto estuvieron presentes para resolver cualquier duda.

Los grupos interactuaron según se muestra en la figura a continuación.

**GRUPOS**

<b>Grupo 1:</b> Clima
<b>Grupo 2:</b> Aire
<b>Grupo 3:</b> Geología, hidrología subterránea, geomorfología e hidrología superficial
<b>Grupo 4:</b> Suelo
<b>Grupo 5:</b> Flora terrestre y acuática
<b>Grupo 6:</b> Fauna terrestre y acuática
<b>Grupo 7:</b> Medio socioeconómico
<b>Grupo 8:</b> Seguridad industrial e infraestructura civil
<b>Grupo 9:</b> Calidad del agua y eutrofización
<b>Grupo 10:</b> Banco de materiales y uso de suelo



Al finalizar el taller la coordinación del proyecto conformó una serie de redes finales en base a las redes que generó cada grupo. Dichas redes fueron consensadas entre todos los expertos. Asimismo, cada coordinación generó nuevas matrices y fichas de identificación de impactos. De esta manera se obtuvieron las matrices, fichas y redes de identificación de impactos.

Otra actividad relevante en la evaluación de impacto fue la realización de vistas a

proyectos hidroeléctricos, tanto en construcción como en operación para considerar ambos panoramas y facilitar más la proyección de los escenarios futuros.

Entre las visitas realizadas por el grupo consultor destaca la de la Central Hidroeléctrica Aguamilpa (Solidaridad) en donde se observaron las condiciones ambientales en que opera un proyecto que inició su funcionamiento en 1994, con lo cual se establecieron los criterios para generar los escenarios futuros durante la evaluación ambiental del PH La Yesca, adicionalmente se identificaron los impactos provocados por un proyecto con 11 años de operación, así como algunas medidas de mitigación implantadas.

Otra de las visitas realizadas fue a la Central Hidroeléctrica Gral. Manuel M. Dieguez (Santa Rosa) construida entre los años 1957 a 1964 y localizada 61 km al NW de la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Durante la visita el grupo consultor integrado por Investigadores y Profesionales de la U de G, conoció el funcionamiento y condiciones ambientales de un proyecto con 45 años en operación, el cual se encuentra en la etapa final de su vida útil proyectada a 50 años. Con esta visita el grupo encargado de la realización de la MIA se creó una perspectiva de lo que pudiera ser el proyecto en un periodo de vida similar al de Santa Rosa, desde luego con la diferencia en volúmenes y dimensiones del proyecto.

Otra visita fue a la Central Hidroeléctrica Zimapan, que utiliza en parte aguas residuales de la Ciudad de México, después de un recorrido de doscientos kilómetros por el río Tula, en las inmediaciones de los estados de Querétaro e Hidalgo, Esta central opera desde 1994, un aspecto sobresaliente fue la visita al poblado Nuevo vistahermosa, construido para albergar a los habitantes afectados por la inundación de sus tierras y viviendas durante la construcción de este proyecto. Se constató el adecuado funcionamiento de dicho centro de población, respecto a sus servicios y equipamiento urbano (espacios religiosos, kioscos, camellones, banquetas, traspatios), así como los campos contiguos con terrazas diseñadas para agricultura. Por otra parte, se observaron algunas de las medidas de mitigación propuesta para el proyecto.

Una de las visitas mas importantes para la identificación y evaluación de impactos fue la del sitio de construcción del PH El Cajón (vuelo y por vía terrestre) en donde se pudieron observar de manera clara y precisa todas las actividades o procesos constructivos de un proyecto hidroeléctrico de esta magnitud y que por su similitud con lo que será el PH La Yesca se crea un panorama claro de los potenciales impactos que pudieran generarse y proponer medidas de mitigación y compensación que ayuden a disminuir estos impactos.

### **V.3.1 REDES DE INTERACCIÓN**

Las redes de interacción son una herramienta útil para identificar los impactos indirectos, así como las interacciones entre los diferentes componentes ambientales. Sin embargo al aplicar el método hay que tener cuidado de reflejar únicamente aquellas interacciones significativas, para no acabar con redes inmensas, inmanejables o que no aporten ninguna información relevante.

Las redes de interacción se construyeron a partir de las redes propuestas por Brismar (2004) y se adecuaron a partir de las características principales del proyecto y de activar un proceso de reflexión donde se intentó identificar los impactos que se derivan de las mismas. Asimismo, una vez establecidos los impactos derivados de los componentes del proyecto, se continúa identificando los impactos secundarios que los impactos primarios pueden generar, así hasta agotar las vías de impacto. Una vez completada la red, la misma se depura para dejar únicamente las vías de impacto significativas.

En el proceso de preparar la MIA, se observó que el trabajar con redes permitió a los expertos tener una idea más clara sobre los impactos potenciales del proyecto previo a trabajar con las matrices causa-efecto.

Las redes que se generaron, (se encuentran en el capítulo VIII, anexo 25). En dichas redes se puede observar los resultados de la interacción disciplinar, en la que fueron siendo resaltados los impactos relevantes indirectos. Al menos dos interacciones entre grupos disciplinares y la generación de descripción de impactos resultaron en la red consensuada final.

En estas redes, las interacciones significativas fueron acomodadas hacia la derecha y resaltadas. Aquellas interacciones que no resultaron en impactos significativos pero que fueron útiles en la identificación de efectos indirectos o residuales están presentes en las redes, hacia el sector izquierdo de la página y permiten ilustrar el proceso lógico iterativo de identificación de potenciales impactos.

### **V.3.2 MATRICES CAUSA-EFECTO**

Se preparó una matriz causa-efecto que refleja las obras y actividades, así como los elementos ambientales y sus procesos que serán afectados por el proyecto. La matriz se seccionó para tres fases principales del proyecto (construcción, operación y abandono), así como para identificar los impactos aguas arriba y aguas debajo de la presa; en total se tendrán tres matrices así como una matriz general que refleja todos los impactos identificados y evaluados.

Las matrices causa-efecto son un método que nos permite identificar las interacciones entre los componentes del proyecto y los elementos del ambiente donde se prevén impactos. Asimismo permite vislumbrar dónde pueden darse impactos acumulativos (pe observando una columna se pueden ver todos los componentes del proyecto que va a impactar a un elemento ambiental en particular) y su representación permite visualizar fácilmente dichos puntos de impacto. Sin embargo este método tiene el inconveniente de que no permite la identificación de los impactos indirectos, por lo que fue complementado con el uso de redes de interacción.

Cada grupo disciplinar completó las columnas de la matriz que les correspondían, indicando con un número del 1 al 3 aquellas interacciones donde se preveían impactos significativos, según su grado de significancia aparente (siendo un 1 un impacto poco significativo, un 2 un impacto medianamente significativo, y un 3 un impacto altamente significativo).

Posteriormente se rellanaron las Fichas de Caracterización de Impactos para todas aquellas interacciones con impactos significativos potenciales (ver capítulo VIII, anexo 27). Las Fichas de Caracterización de Impactos contienen criterios para homogenizar la asignación de los valores numéricos que son los indicadores del grado de significancia del impacto.

El llenado de las Fichas de Caracterización de Impactos permite revalorizar los grados de significancia asignados en la matriz. La aplicación del ejercicio mostró que algunos impactos que se consideraban inicialmente como significativos fueron revalorados como poco significativos y viceversa.

Se dieron tres iteraciones principales en el llenado de las matrices (y por lo tanto de las fichas). La primer serie de matrices (matrices preliminares de identificación de impactos) se completaron de manera independiente por parte de cada grupo de expertos, y sirvieron como documentos de discusión para el taller de identificación de impactos. La segunda iteración se dio durante el taller de identificación de impactos, dando como resultado las matrices de identificación de impactos (capítulo VIII anexo 26). Finalmente, una vez que se hicieron las evaluaciones detalladas de las interacciones proyecto-medio ambiente donde se preveían impactos significativos, las fichas de identificación de impactos y las matrices se actualizaron, dando como resultado las matrices de evaluación de impactos.

### **V.3.3 FICHAS DE CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS**

Se desarrollaron dos tipos de Fichas de Caracterización de Impactos, una para los impactos positivos y otra para los negativos. Dichas fichas ayudan a identificar las características de los impactos, y así poder asignarles un nivel de significancia.

Se distinguen las siguientes características de los impactos:

- su **naturaleza** (positivo/negativo),
- su **acumulación** con otros impactos,
- su nivel de **sinergia** con otros impactos,
- el **tiempo** (del proyecto) en que ocurre (construcción, operación, abandono/desmantelamiento),
- su **duración** (muy corto, corto, largo o muy largo plazo),
- la **continuidad del efecto** (ocasional, temporal o permanente),
- su **reversibilidad** (altamente reversible, reversible a corto plazo, reversible a largo plazo, irreversible),
- su **intensidad** (muy baja, moderada, alta, muy alta),
- **ámbito** del impacto (entorno inmediato, entorno local, entorno regional, a gran escala),
- su **mitigabilidad** (mitigable mediante cambios menores al proyecto, mitigable requiriendo insumos adicionales a los previstos en el proyecto, no mitigable pero compensable, no mitigable ni compensable).

Asimismo las Fichas incluyen una sección donde se describen cualitativamente los impactos, de tal manera que quede un registro completo de la apreciación de los expertos a la hora de valorar los impactos. A todas estas características (excepto el tiempo en que el impacto ocurre en el proyecto) se les asigna un valor numérico. Los valores numéricos que puede adquirir un impacto varían entre un 5 y un 37. La valoración de los impactos negativos se hace de la siguiente manera:

<b>Valor</b>	<b>Significancia aparente</b>
5 – 13	Insignificante
14 – 21	Significancia baja
22 – 29	Significancia media
30 – 37	Significancia alta

La Ficha contiene una serie de notas a pie de página que proporcionan una guía para interpretar los diferentes campos, de tal manera que las valoraciones sean lo más consistentes posible. A continuación se reproducen las Fichas de Caracterización de Impactos negativos.

Nombre de la Coordinación:		MIA Regional		Ficha de Identificación de Impactos N1	
<b>No. de referencia:</b>					
<b>Interacción:</b>					
<b>Características del impacto:</b>					<b>Puntos</b>
<b>Naturaleza</b>	Positivo (llenar forma P1)	<input type="checkbox"/>	Negativo	<input type="checkbox"/>	
	Directo	<input type="checkbox"/>	Indirecto	<input type="checkbox"/>	
<b>Acumulación:</b>					
Sin acumulación (0) <input type="checkbox"/>					
Con 1 impacto (2) <input type="checkbox"/>					
Con 2 impactos (4) <input type="checkbox"/>					
Con 3 o más impactos (6) <input type="checkbox"/>					
Con:					
<b>Sinergias:</b>					
Sin sinergias: (0) <input type="checkbox"/>					
Sinergia negativa baja <sup>1</sup> (2) <input type="checkbox"/>					
Sinergia negativa media <sup>2</sup> (4) <input type="checkbox"/>					
Sinergia negativa alta <sup>3</sup> (6) <input type="checkbox"/>					
Con:					
<b>Tiempo en que ocurre</b>					
Construcción <input type="checkbox"/>					
Operación <input type="checkbox"/>					
Abandono <input type="checkbox"/>					
Inmediato <input type="checkbox"/>					
Con desfase de tiempo <input type="checkbox"/>					
Cuánto y porqué <input type="checkbox"/>					
Con:					
<b>Duración</b>					
Muy corto plazo (<1 mes)(1) <input type="checkbox"/>					
Corto plazo (entre 1 mes y 1 año) (2) <input type="checkbox"/>					
Largo plazo (entre 1 y 5 años) (3) <input type="checkbox"/>					
Muy largo plazo (>5 años) (4) <input type="checkbox"/>					
<b>Continuidad del efecto</b>					
Efecto poco ocasional (1) <sup>4</sup> <input type="checkbox"/>					
Efecto ocasional (2) <sup>5</sup> <input type="checkbox"/>					
Efecto temporal (3) <sup>6</sup> <input type="checkbox"/>					
Efecto permanente (4) <sup>7</sup> <input type="checkbox"/>					
<b>Reversibilidad</b>					
Altamente reversible (0) <sup>8</sup> <input type="checkbox"/>					
Reversible a corto plazo (1) <sup>9</sup> <input type="checkbox"/>					
Reversible a largo plazo (3) <sup>10</sup> <input type="checkbox"/>					
Irreversible (5) <sup>11</sup> <input type="checkbox"/>					
<b>Intensidad del impacto</b>					
Muy baja (1) <sup>12</sup> <input type="checkbox"/>					
Moderada (2) <sup>13</sup> <input type="checkbox"/>					
Alta (3) <sup>14</sup> <input type="checkbox"/>					
Muy Alta (4) <sup>15</sup> <input type="checkbox"/>					
<b>Ambito de impacto</b>					
Entorno inmediato (1) <sup>16</sup> <input type="checkbox"/>					
Entorno local (2) <sup>17</sup> <input type="checkbox"/>					
Entorno regional (3) <sup>18</sup> <input type="checkbox"/>					
A gran escala (4) <sup>19</sup> <input type="checkbox"/>					
<b>Mitigabilidad</b>					
Mitigable mediante cambios menores al proyecto (1) <input type="checkbox"/>					
No mitigable pero compensable (3) <input type="checkbox"/>					
Mitigable requiriendo insumos adicionales a los previstos (2) <input type="checkbox"/>					
No mitigable no compensable (4) <input type="checkbox"/>					
<b>Comentarios/implicaciones</b>					
<b>Significancia aparente:</b>					
Insignificante (5-13)		<input checked="" type="checkbox"/>	Significancia baja (14-21)		<input type="checkbox"/>
Significancia media (22-29)		<input type="checkbox"/>	Significancia alta (30-37)		<input type="checkbox"/>
					<b>Significancia del Impacto:</b>
					<b>Puntos:</b>

<sup>1</sup> El impacto resultante no excede aproximadamente un 20% de la suma de los impactos individuales.  
<sup>2</sup> El impacto resultante no excede aproximadamente el doble de la suma de los impactos individuales.  
<sup>3</sup> El impacto resultante es más del doble de la suma de los impactos individuales.  
<sup>4</sup> El efecto puede ocurrir incidentalmente en los ciclos de tiempo que dura una acción intermitente, y existen medidas para evitar que la interacción suceda; ocurre una sola vez.  
<sup>5</sup> El efecto se produce de vez en cuando (incidentalmente) en los ciclos de tiempo que dura una acción intermitente.  
<sup>6</sup> El efecto se produce de forma intermitente y frecuente.  
<sup>7</sup> El efecto se produce de forma continua.  
<sup>8</sup> Efecto altamente reversible; la tensión puede ser revertida dadas las condiciones del sistema y de forma inmediata.  
<sup>9</sup> Efecto reversible a corto plazo, pero permanente durante 1 o 2 generaciones.  
<sup>10</sup> Efecto reversible a largo plazo con poca o sin intervención humana.  
<sup>11</sup> Efecto irreversible, o reversible con importante efecto residual.  
<sup>12</sup> Cuando los valores de la afectación son menores a 29% respecto al límite permisible, o si las existencias del recurso en la zona de estudio son menores a 24% del total. De no aplicarse ninguna de los casos anteriores aplica el criterio de expertos.  
<sup>13</sup> Los valores de la afectación están entre 30-50% del límite permisible, o si son afectadas entre 25-49% de las existencias del recurso en la zona de estudio.  
<sup>14</sup> Cuando la afectación alcanza valores equivalentes a más de 60% respecto al límite permisible, o si son afectadas entre 50-74% de las existencias del recurso en la zona de estudio.  
<sup>15</sup> Cuando la afectación rebasa los valores permisibles, o si afecta a más del 75% de las existencias del recurso en la zona de estudio.  
<sup>16</sup> Afectación directa en el sitio donde se ejecuta la acción, hasta la zona de estudio directa.  
<sup>17</sup> El efecto ocurre hasta 5km más allá de los límites del predio o derecho de vía.  
<sup>18</sup> El efecto se manifiesta a más de 5km del predio.  
<sup>19</sup> Efecto con alcance que sobrepasa los límites del área de estudio.  
<sup>20</sup> Para que un impacto se considere compensable, la medida de compensación tiene que favorecer a las mismas variables afectadas. Por ejemplo, si se afecta un tipo de hábitat una medida de compensación sería proteger el mismo hábitat en una zona cercana a

La Ficha para los impactos positivos es similar, excepto que no incluye los campos de reversibilidad y mitigabilidad, siendo la escala entre el 4 y el 28:

Valor	Significancia aparente
0 – 7	Insignificante
8 – 14	Significancia baja
15 – 21	Significancia media
22 – 28	Significancia alta

Capítulo V Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional.

Nombre de la Coordinación:		MIA Regional		Ficha de Identificación de Impactos P1		
<b>No. de referencia:</b>						
<b>Interacción:</b>						
<b>Características del impacto:</b>					<b>Puntos</b>	
<b>Naturaleza</b>	Positivo	<input type="checkbox"/>	Negativo (llenar forma N1)	<input type="checkbox"/>		
	Directo	<input type="checkbox"/>	Indirecto	<input type="checkbox"/>		
<b>Acumulación:</b>						
Sin acumulación (0) <input type="checkbox"/>						
Con 1 impacto (2) <input type="checkbox"/> Con 2 impactos (4) <input type="checkbox"/> Con 3 o más impactos (6) <input type="checkbox"/>						
Con:						
<b>Sinergias:</b>						
Sin sinergias: (0) <input type="checkbox"/>						
Sinergia positiva baja <sup>1</sup> (2) <input type="checkbox"/> Sinergia positiva media <sup>2</sup> (4) <input type="checkbox"/> Sinergia positiva alta <sup>3</sup> (6) <input type="checkbox"/>						
Con:						
<b>Tiempo en que ocurre</b>						
Construcción		<input type="checkbox"/>	Operación	<input type="checkbox"/>	Abandono	<input type="checkbox"/>
Inmediato		<input type="checkbox"/>	Con desfase de tiempo	<input type="checkbox"/>	Cuánto y porqué	<input type="checkbox"/>
<b>Duración</b>						
Muy corto plazo (<1 mes)(1) <input type="checkbox"/>						
Corto plazo (entre 1 mes y 1 año) (2) <input type="checkbox"/>						
Largo plazo (entre 1 y 5 años) (3) <input type="checkbox"/>						
Muy largo plazo (>5 años) (4) <input type="checkbox"/>						
<b>Continuidad del efecto</b>						
Efecto poco ocasional (1) <sup>4</sup> <input type="checkbox"/>		Efecto ocasional (2) <sup>5</sup> <input type="checkbox"/>				
Efecto temporal (3) <sup>6</sup> <input type="checkbox"/>		Efecto permanente (4) <sup>7</sup> <input type="checkbox"/>				
<b>Intensidad del impacto</b>						
Muy baja (1) <sup>8</sup> <input type="checkbox"/>		Moderada (2) <sup>9</sup> <input type="checkbox"/>				
Alta (3) <sup>10</sup> <input type="checkbox"/>		Muy Alta (4) <sup>11</sup> <input type="checkbox"/>				
<b>Ámbito de impacto</b>						
Entorno inmediato (1) <sup>12</sup> <input type="checkbox"/>		Entorno local (2) <sup>13</sup> <input type="checkbox"/>				
Entorno regional (3) <sup>14</sup> <input type="checkbox"/>		A gran escala (4) <sup>15</sup> <input type="checkbox"/>				
<b>Comentarios/implicaciones</b>						
<b>Significancia aparente:</b>						
Insignificante (0-7) <input type="checkbox"/>		Significancia baja (8-14) <input type="checkbox"/>		<b>Significancia del Impacto:</b>		
Significancia media (15-21) <input type="checkbox"/>		Significancia alta (22-28) <input type="checkbox"/>		<b>Puntos:</b>		

<sup>1</sup> El impacto resultante no excede aproximadamente un 20% de la suma de los impactos individuales

<sup>2</sup> El impacto resultante no excede aproximadamente el doble de la suma de los impactos individuales.

<sup>3</sup> El impacto resultante es más del doble de la suma de los impactos individuales.

<sup>4</sup> El efecto puede ocurrir incidentalmente en los ciclos de tiempo que dura una acción intermitente, y existen medidas para evitar que la interacción suceda; ocurre una sola vez.

<sup>5</sup> El efecto se produce de vez en cuando (incidentalmente) en los ciclos de tiempo que dura una acción intermitente.

<sup>6</sup> El efecto se produce de forma intermitente y frecuente.

<sup>7</sup> El efecto se produce de forma continua.

<sup>8</sup> Cuando los valores de la afectación son menores a 29% respecto al límite permisible, o si las existencias del recurso en la zona de estudio son menores a 24% del total. De no aplicarse ninguna de los casos anteriores aplica el criterio de expertos.

<sup>9</sup> Los valores de la afectación están entre 30-50% del límite permisible, o si son afectadas entre 25-49% de las existencias del recurso en la zona de estudio.

<sup>10</sup> Cuando la afectación alcanza valores equivalentes a más de 60% respecto al límite permisible, o si son afectadas entre 50-74% de las existencias del recurso en la zona de estudio.

<sup>11</sup> Cuando la afectación rebasa los valores permisibles, o si afecta a más del 75% de las existencias del recurso en la zona de estudio.

<sup>12</sup> Afectación directa en el sitio donde se ejecuta la acción, hasta la zona de estudio directa.

<sup>13</sup> El efecto ocurre hasta 5km más allá de los límites del predio o derecho de vía.

<sup>14</sup> El efecto se manifiesta a más de 5km del predio.

<sup>15</sup> Efecto con alcance que sobrepasa los límites del área de estudio.



## **V.4 IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS**

### **V.4.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**

A continuación se enlistan los impactos identificados para las distintas etapas que tendrá el proyecto mediante la codificación alfanumérica, donde el número que es la actividad corresponda al factor que son las letras, esto en la matriz de impacto. Es importante aclarar que la etapa de abandono no se consideró debido a la magnitud de la vida útil del proyecto (50 años) y a que éstos, a nivel nacional e internacional, son adecuados para alargar su etapa de operación, por lo que existe incertidumbre sobre lo procedente una vez que termine su vida útil.

### **V.4.2 LISTADO DE IMPACTOS**

#### **V.4.2.1 Significancia Alta**

##### **Medio Físico**

##### **Fase de construcción**

- 33 / an. Llenado del vaso / Variación del cauce-Red de drenaje
- 29 / at. Consumo de Agua / Reemplazo de manantiales de baja calidad
- 1 / v,w. Desmontes y despalmes/ Erosión de sedimentos y rocas. Depositación de sedimentos
- 1 / ab. Desmontes y despalmes / Erosión
- 18/w. Habilitación de caminos / Depositación de sedimentos
- 27 / ag. Construcción de la cortina/ Inundaciones
- 33 / ai. Llenado del vaso / Calidad microbiológica
- 33 / aj. Llenado del vaso / Calidad fisicoquímica
- 34 / ai,aj. Afectación a la Calidad del agua por mezcla en los cauces tributarios al Río Santiago
- 33 / aj. Riesgo de contaminación del agua del embalse por contaminación contingente desde presas de jales
- 33 / ai, aj. Disminución de la calidad de agua y vida acuática por anoxia
- 33 / ak. Llenado del vaso / Pérdidas acumulativas en la cuenca hidrológica por evaporación y cambios en ecosistemas litorales
- 33 / ao. Llenado del vaso / Eutrofización

### **Fase de operación**

- 34 / at. Presencia de la presa / facilidad en el acceso a manantiales que abastecen a la localidad de Sayulimita
- 47 / at. Consumo de agua / Instalación de infraestructura en Hostotipaquillo
- 34 / ai. Presencia de la presa / Calidad microbiológica
- 34 / aj. Presencia de la presa / Calidad fisicoquímica
- 34 / ak. Presencia de la presa / Aumento de la evaporación
- 34 / al. Presencia de la presa / Aumento de la evapotranspiración
- 34 / am. Presencia de la presa / Variaciones del flujo
- 34 / am. Disminución del caudal de entrada al embalse del PH El Cajón desde la descarga del PH La Yesca y disminución de su calidad de agua
- 34 / ao. Presencia de la presa / Aumento en la concentración de nutrientes: Disminución de la calidad de agua por eutrofización y Limitaciones al desarrollo de fauna acuática
- 34 / ap. Presencia de la presa / otros (azolvamiento)
- 34 / ap. Retención de sedimentos en el vaso del embalse. disminución de la profundidad del vaso, efectos sobre ecosistemas aguas abajo y limitación de la vida útil
- 38 / aj. Regulación del caudal / Calidad fisicoquímica

### **Medio Biótico**

#### **Fase de construcción**

- 1 / az, ba, bb, bc. Desmontes y despalmes / Especies con estatus de vegetación; de valor social; endémicas y restringidas. Otras especies
- 1 / bc. Desmontes y despalmes / Otras especies

#### **Fase de operación**

- 34 / bc. Presencia de la presa / Otras especies

## **Medio Socioeconómico**

### **Fase de construcción**

- 1 - 11, 13-15, 18- 20, 24 - 28 / bt. Actividades en la etapa de construcción/ Empleo generado por dichas actividades
- 1 - 28 / bv. Actividades en la etapa de construcción / Con los ingresos de los trabajadores
- 15 / cv. Presencia de campamentos / Seguridad/ Integridad física

### **V.4.2.2 Significancia Media**

#### **Medio Físico**

##### **Fase de construcción**

- 33 / a, b, c, e, f. Llenado del vaso / Temperatura, Humedad relativa, Evaporación, Radiación solar y Albedo
- 1 / a, b, c, e, f. Desmontes y despalmes / Temperatura. Humedad relativas. Evaporación. Radiación solar. Albedo
- 5 / q. Cortes/ PST
- 2, 3, 4, 5, 6, 7, 18, 25, 26, 28 / i, q. Actividades en la etapa de construcción / PM10, PST.
- 18 / v. Habilitación de caminos / Erosión de sedimentos y roca
- 18 / v. Acumulación de sedimentos en el vaso del embalse / Aumento en la tasa de azolvamiento
- 33 / s. Llenado del vaso / Sismos inducidos
- 19 / ab. Pavimentación / Erosión
- 21 / ab. Reubicación de la vegetación / Erosión
- 3 / ab, ac, ad, ae. Excavaciones, compactaciones y nivelaciones / Erosión. Capacidad de los suelos. Desertificación. Actividad biológica del suelo
- 5 / ab. Cortes/ Erosión
- 7 / ag. Rellenos en cuerpos de agua / Inundaciones
- 17, 18 / ab. Generación de aguas residuales / Habilitación de caminos. Erosión
- 25, 26, 28, 30 / ab. Dinamitado. Excavaciones. Extracción de áridos. Relocalización de la población / Erosión
- 11 / an. Desviación del curso de agua / Variación del cauce y modificación del drenaje durante construcción

- 18 / an. Construcción/habilitación de caminos / Modificación de escorrentía, erosión y redepositación de sedimentos
- 33 / ap. Llenado del vaso / Otros (Azolvamientos)
- 33 / ar. Inundación de puntos de afloramiento de agua subterránea / Pérdida de manantiales
- 33 / au, av. Llenado del vaso / Calidad visual. Visibilidad
- 15, 19, 27, 28 / au, av. Actividades en la etapa de construcción/ Calidad visual. Visibilidad

### ***Fase de operación***

- 34 / a, b, c, e, f. Actividades en la etapa de construcción / Temperatura. Humedad relativa. Evaporación. Radiación solar. Albedo
- 34, 36, 37 / au, av. Presencia de la presa, Navegación, Uso recreativo/ Calidad visual. Visibilidad
- 34/ j Presencia de la presa/ azolvamiento, soterramiento de materia orgánica, nutrientes y entrapamiento de carbono
- 36 / au, av. Fortalecimiento de la navegabilidad como medio de transporte, recreación, y pesca
- 39 / au, av. Variación en el nivel del embalse entre NAMO y NAMINO y generación de franjas muertas en las laderas de los valles inundados / Disminución de la calidad visual y visibilidad

### ***Medio Biótico***

#### ***Fase de construcción***

- 14, 15, 18 / az, ba, bb, bc. Construcción y presencia de Campamentos / Habilitación de caminos. Vegetación
- 1, 7, 12, 16, 17, 33 / be, bf, bg, bh, bi, bj, bk, bl. Llenado del vaso, generación de aguas residuales y la obstrucción de escurrimientos / Fauna
- 1, 2, 3, 12, 13 / az, ba, bb, bc. Desmontes y despalmes; manejo y disposición de materiales / Vegetación

#### ***Fase de operación***

- 34, 37 / az, ba, bb, bc. Presencia de la presa y uso recreativo / Vegetación

## **Medio Socioeconómico**

### **Fase de construcción**

- 1 - 33 / bo, bx, ch, ci. Todas las obras de la fase de Construcción / Crecimiento demográfico, Inversiones, patrones de consumo y de uso de tiempo
- 1 - 33 / bz, cd, ce, cg. Actividades de la construcción / pérdida de espacio habitable, servicios públicos, vivienda y patrimonio cultural
- 15, 29 / br. Campamentos y consumo de aguas / Salud
- 1 - 15, 18 - 28 / cc. Las actividades de la construcción / Educación
- 14 - 33 / cq. Actividades de la construcción / Conflictos ambientales
- 27 / cv. Levantamiento de la cortina / Seguridad e integridad física

### **Fase de operación**

- 37 / bx. Baja calidad del agua de tributarios ( Río Santiago) y potencial riesgo a la salud humana. bioacumulación y consumo de pescado
- 37 - 39, 42 - 48 / by. Uso recreativo; regulación del caudal; generación, transporte y disposición de residuos; consumo de agua y presencia de subestaciones eléctricas / Turismo.
- 47 / bx. Campamentos. Existencia de población flotante y actividades consumidoras de agua. Aumento de demanda de agua para consumo humano. Competencia por recursos hídricos subterráneos en Mesa de Flores. Reemplazo de manantiales de agua de baja calidad como fuente de abastecimiento

### **V.4.2.3 Significancia Baja**

#### **Medio Físico**

##### **Fase de construcción**

- 1 - 7, 9, 11,12, 14, 15, 18 - 20, 25, 26, 29, 30 / a, b, c, e, f. Actividades en la etapa de construcción/ Temperatura. Humedad relativa. Evaporación. Radiación solar. Albedo
- 3 - 6, 8, 9, 11, 14, 15, 18, 19, 23, 26, 27, 28, 32, 33 / i, j, k, l, m, n, o, q, . Actividades en la etapa de construcción/ pm10. gases de invernadero. CO, SOx, NOx, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles, PST.
- 3 / s. Excavaciones, compactaciones y nivelaciones / Sismos inducidos
- 3 / t. Excavaciones, compactaciones y nivelaciones / Asentamientos
- 3 / v. Excavaciones, compactaciones y nivelaciones / Erosión de sedimentos y roca
- 5 / s. Cortes / Sismos inducidos
- 5 / t. Cortes / Asentamientos
- 5 / w. Cortes / Depositación de sedimentos
- 11 / t. Desviación del río / Asentamientos
- 11 / u. Desviación del río / Deslaves
- 11 / w. Desviación del río / Depositación de sedimentos
- 11 / x. Desviación del río / Interacción agua-roca
- 11 / y. Desviación del río / Desaprovechamiento de recursos naturales
- 3, 5 ,18 / v. Obras y actividades de construcción de cortina / erosión y redepositación de rocas y sedimentos
- 25 / s, v, aa. Dinamitado / Sismos inducidos. Erosión de sedimentos. Desprendimientos
- 28 / s, t, v, aa. Levantamiento de la cortina / Sismos inducidos. Asentamientos. Erosión de sedimentos y rocas. Otros
- 33 / u, v, x, z. Llenado del vaso / Deslaves. Erosión de sedimentos y roca. Interacción agua-roca. Flujos
- 2, 4, 6, 11, 14, 16, 21, 26, 27, 30, 33 / ac, ad, ae, af. Actividades en la etapa de construcción/ Capacidad de suelos. Desertificación. Actividad biológica del suelo. Contaminación de suelo
- 1 - 5, 8, 14, 18, 26 / au, av. Actividades de la etapa de construcción / Calidad visual. Visibilidad

### **Fase de operación**

- 35 / c. Derivación de agua/ Aumento de la evapotranspiración desde el embalse. Pérdidas acumulativas de agua en la cuenca hidrológica por evaporación y cambios en ecosistemas litorales
- 35, 38, 43 / a, b, c, e, f. Actividades en la etapa de Operación/ Temperatura. Humedad relativa. Evaporación. Radiación solar. Albedo (**NO ESTÁ**)
- 34, 35, 41 / i, j, k, l, m, n, o, p, q. Presencia de la presa/ Derivación de Agua. Trafico relacionado a la operación a la presa. pm10. gases de invernadero. CO, SOx, NOx, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles, PST
- 34 / j. Presencia de la presa / Disminución de la calidad del agua y generación de gases efecto invernadero - metano y dióxido de carbono - por aumento de la eutrofización
- 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 48, 49, 50 / ab, ac, ad, ae, af. Actividades de etapa de operación/ Erosión. Capacidad de suelos. Desertificación. Actividad biológica del suelo. Contaminación de suelos. Inundaciones
- 47 / as. Consumo de agua / Nivel freático
- 47 / as, at. Existencia de población flotante y en tránsito / Aumento de demanda de agua para consumo humano. Competencia por recursos hídricos subterráneos en Hostotipaquillo
- 48, 49 / au. Presencia de subestaciones e infraestructura de conexión eléctrica.

### **Medio Biótico**

#### **Fase de construcción**

- 2, 3, 4, 11, 13, 20 / az, ba, bb y bc. Manejo de materiales / Vegetación
- 33 / bm. Llenado del embalse / Especies con valor comercial
- 1, 7, 12, 15, 16, 17, 22, 24, 32, 33 / be, bf, bg, bh, bi, bj, bk, bl. Llenado del embalse, presencia de campamentos y generación de residuos / Fauna
- 4, 11, 14, 15, 18, 20 y 28 / az, ba, bb, bc. Extracción y Manejo de materiales, desviación del río, campamentos, caminos y tendido de cables eléctricos / Vegetación
- 1, 27 / bf, bg, bi, bj, bk, bl. Desmontes y despalmes y Levantamiento de la cortina / Fauna

### **Fase de operación**

- 34 / be, bf, bh, bi, bm. Presencia de la presa / Fauna
- 43, 44 y 46 / be, bf, bm. Generación y disposición de residuos / Fauna

### **Medio Socioeconómico**

#### **Fase de construcción**

- 18, 19 / ck, ci. Habilitación de caminos y pavimentación / Sistema urbano y vial
- 13 / cw. Establecimiento y operación de talleres / Otros
- 16, 27 / br. Generación de aguas residuales y levantamiento de la cortina / Salud
- 1 - 33 / bw. Actividades de la construcción / Costo de vida
- 1 - 33 / cl, cm. Actividades de la construcción / sistema vial y propiedad de la tierra
- 14 - 33 / cp, cr. Actividades de la construcción / Conflictos sociales y cambios en aspectos religiosos
- 1, 11, 25 / ct. Desmontes y despalmes, Desviación del río y dinamitado. Sistema auditivo
- 1, 11, 25, 26 / cu. Desmontes y despalmes, Desviación del río, dinamitado y Excavaciones / Sistema respiratorio
- 2, 4, 5, 11, 20, 22, 23, 25, 26, 28 / cv. Manejo de materiales, Desviación del río, Tendido de cables eléctricos, Generación, transporte y disposición de residuos, dinamitado y extracción de áridos / Seguridad e integridad física

#### **Fase de operación**

- 34 / bt. Presencia de la presa en operación / Empleo
- 34-37,41-42, 50 / bv. Presencia de la presa, uso recreativo, navegación, acciones de mantenimiento y el tráfico y presencia del personal operativo / Ingresos de los trabajadores
- 34-50 / bx. Presencia de la presa / Inversión
- 35-37 / cl. Uso recreativo, Navegación, y Regulación del caudal / Sistema vial
- 34-36, 40-41, 49-50 / by. Presencia de la presa / Turismo y Pesca
- 36 / bx, by. Aumento en la navegabilidad y pesca/ Inversión. Turismo



### **V.4.3 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS**

#### **V.4.3.1 Significancia alta**

##### **Medio Físico**

##### **Fase de Construcción**

#### **33 / an. Llenado del vaso / Variación del cauce-Red de drenaje**

El cambio de régimen de lótico a léntico por la creación de un cuerpo de agua de gran volumen y área superficial aumentará la posibilidad de transporte fluvial, principalmente para habitantes de comunidades rurales cercanas a las márgenes del embalse en el fondo del valle del Río Santiago (e.g., Sayulimita, Mesa de Flores). En la actualidad, el caudal contaminado del Río Santiago presenta una gran variación diaria y hasta horaria – por depender de las descargas de la presa de Santa Rosa- lo cual limita el desarrollo de la vida acuática y provoca riesgo para la salud y la vida de pobladores de la rivera del Río Santiago. En un escenario en el que el nivel del agua alcance una mayor profundidad y estabilidad en el embalse, las variaciones favorecerá la movilidad y la actual actividad de pesca para comunidades en marginación geográfica. Por lo tanto es un impacto positivo con acumulación en las actividades de navegación y pesca, con sinergia en la accesibilidad a recursos (turismo, inversión, empleo), y mayor seguridad e integridad física por la disminución de riesgo al cruce del río.

#### **29 / at. Consumo de Agua / Reemplazo de manantiales de baja calidad**

En la zona de Mesa de Flores, Paso La Yesca y otras rancherías cercanas, la población actual se abastece de afloramientos de agua subterránea influenciados por sistemas hidrotermales que presentan gastos estimados menores a 1l/s. El agua de los manantiales se encuentra naturalmente contaminada con metales y limita su aprovechamiento para consumo humano por el riesgo a la salud. El aumento de población durante la construcción del Proyecto por la presencia de trabajadores en el área de Mesa de Flores (alrededor de 5 000 personas) ocasionará una demanda importante de agua para consumo humano. Las fuentes utilizadas actualmente no resultan suficientes para abastecer esta nueva población. Así, además del Río Bolaños otras fuentes deberían ser caracterizadas para reemplazar a los manantiales. Las nuevas fuentes de agua beneficiarán a la población actual, permanente y futura. Este impacto es positivo y presenta acumulación con: una mayor disponibilidad de agua para el consumo humano; la construcción de campamentos y la calidad del agua subterránea, y sinergia con la competencia por el recurso; la recolocación de población y una mejora recreativa.

#### **1 / v, w. Desmontes y despalmes / Erosión de sedimentos y rocas. Depositación de sedimentos**

Las actividades de desmontes y despalmes tendrán interacción con los factores de erosión de sedimentos y roca y con la depositación de sedimentos, presentando acumulación con los cortes, las excavaciones, las compactaciones y las nivelaciones, así como con la habilitación de caminos y la emoción en masa puntual, presenta sinergia con los factores de disminución de la calidad visual, la modificación del drenaje, la pérdida de suelos y de cubierta vegetal, por lo tanto este impacto negativo es de significancia alta.

**1 / ab. Desmontes y despalmes / Erosión.**

Al realizar las actividades de desmonte y despalme, incrementa el riesgo de erosión y aumenta las posibles amenazas de deslaves; por lo tanto es considerado como un impacto negativo de significancia alta, con generación de sinergia baja a moderada en el sitio de construcción con erosión por arrastre y por deposición, presentando acumulación en la capacidad de los suelos y actividad biológica.

**18 / w. Habilitación de caminos / Depositación de sedimentos**

Los materiales removidos durante la habilitación de los caminos, y la erosión de taludes y de los mismos caminos en temporada de lluvias, generan depósitos sedimentarios. El corte de pendiente para la construcción de caminos y otras obras asociadas, la modificación de redes de drenajes locales y la generación de depósitos sedimentarios metaestables; puede favorecer el aumento de remoción en masa a escala puntual. La remoción en masa incluye fenómenos de transporte sedimentario controlados por la gravedad y con variable participación del agua en su matriz, estos impactos negativos son catalogados de significancia alta.

**27 / ag. Construcción de la cortina / Inundaciones**

Durante la construcción de la cortina, quedarán inutilizados agrológicamente los suelos del sitio de la boquilla, afectando la capacidad de los suelos y la actividad biológica de éstos. Este impacto negativo de significancia alta es compensable ya que se restauraran las áreas colindantes y se consideran los beneficios directos e indirectos de la obra.

**33 / ai. Llenado del vaso / Calidad microbiológica**

Los resultados del modelo de eutrofización para el embalse del PH La Yesca indican que este proceso se desarrollará durante la fase de llenado, principalmente en la cola del embalse. El llenado en sí no provoca o favorece directamente la eutrofización, pero si el cambio de cuerpo lóxico a léntico. La eutrofización se genera por la reproducción creciente de algas y de bacterias aeróbicas promovida en el nuevo embalse rico en nutrientes – en las zonas de influencia de aporte del Río Santiago de baja calidad- y el consecuente consumo de oxígeno por la descomposición bacteriana de algas y de la materia orgánica vegetal inundada. Este proceso favorecido por el aporte de materia orgánica y nutrientes desde los ríos afluentes –en especial el Santiago y Tequila- dependerá de la efectividad de los procesos de tratamiento que reciban las aguas residuales aguas arriba que terminan descargando en el Río Santiago. Principalmente en la zona conurbana de Guadalajara, y en la zona agroindustrial de Tequila. Este impacto es negativo de significancia alta con acumulación en la calidad fisicoquímica, la variación microclimática, la presencia de vegetación acuática flotante, el uso recreativo y para la pesca, así como el deterioro calidad del paisaje, y sinergia con la presencia de la presa, la fauna acuática, la generación de gases invernadero, la retención de sedimentos, el uso recreativo y la calidad del agua del embalse de El Cajón.

**33 / aj. Llenado del vaso / Calidad fisicoquímica**

La masa vegetal que quedará sumergida en el embalse, junto con la deteriorada calidad del agua de entrada por el Río Santiago al nuevo cuerpo léntico incrementarán significativamente las demandas química y bioquímica de oxígeno, tanto en el agua, como en los sedimentos. La disminución en los niveles de

oxígeno disuelto limitará o cancelará la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua. El llenado del embalse aumenta el nivel del agua en los cauces tributarios en la zona de inundación, la mayoría de estos cauces están libres de contaminación y tendrán una mezcla de agua contaminada con agua limpia que cambiará las condiciones de calidad del agua. Este impacto negativo de significancia alta tiene acumulación en la calidad fisicoquímica, la variación microclimática, la presencia de vegetación acuática flotante, el uso recreativo y para la pesca, así como el deterioro calidad del paisaje, y sinergia con la presencia de la presa, la fauna acuática, la generación de gases invernadero, la retención de sedimentos, el uso recreativo y la calidad del agua del embalse de PH El Cajón.

#### **34 / ai, aj. Afectación a la Calidad del agua por mezcla en los cauces tributarios al Río Santiago**

El llenado del embalse aumenta el nivel del agua en los cauces tributarios en la zona de inundación. La mayor parte de estos tributarios presentan régimen intermitente con buena calidad de agua.

Al subir el nivel del embalse el fondo de los valles será parcialmente inundada con una mezcla de agua de menor calidad que afectará los hábitat y alterará los parámetros de la calidad del agua. El área afectada será mayor en temporadas lluviosas, aunque la disminución de calidad del agua será menor. En los casos del (Río Chico y el Río Bolaños) ríos que presentan buena calidad previa al proyecto la mezcla de agua con el aporte del Río Santiago promoverá su eutrofización, y afectará a la vida acuática y alguna especie terrestre dependiente del curso de agua – como nutrias en el Río Santiago- que para acceder a agua de mejor calidad tendrán que migrar hacia sectores localizados aguas arriba de su actual hábitat. Representa un impacto negativo de significancia alta.

#### **33 / aj. Riesgo de contaminación del agua del embalse por contaminación contingente desde presas de jales**

Aguas arriba de la confluencia de los Ríos Bolaños y Santiago<sup>1</sup> existen presas de jales utilizadas por empresas de explotación minera activas para acumular rechazos de la actividad extractiva. Estas presas de jales se encuentran saturadas de material peligroso. La existencia de estas presas de jales en las cercanías del cauce del Río Bolaños genera un alto riesgo de contaminación de sus aguas con metales pesados y cianuros en escenarios probables de falla. Esta fuente de aporte de contaminantes es potencialmente relevante, ya que en evento de contingencia por rotura, pérdida o filtración podría alterar relevantemente la calidad del agua del embalse.

Este riesgo no será generado por el proyecto y existe en la actualidad. Sin embargo representa un riesgo para las obras y actividades productivas hacia el futuro proyecto. Se ha evaluado por su potencial impacto y por requerir mejor caracterización, medidas de mitigación no estructurales relacionadas con la gestión ambiental conjunta con otros actores y el manejo de contingencia. Este potencial impacto es relevante y negativo.

#### **33 / ai, aj. Disminución de la calidad de agua y vida acuática por anoxia**

La masa vegetal que quedará sumergida en el embalse, junto con la deteriorada calidad del agua de entrada por el Río Santiago a la presa, incrementarán

<sup>1</sup> en el poblado de San Martín de Bolaños.

significativamente la demanda química y bioquímica de oxígeno, tanto en el agua, como en los sedimentos. La disminución –o agotamiento- en los niveles de oxígeno disuelto limitará o cancelará la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua. Asimismo, la disminución o agotamiento de los niveles de oxígeno disuelto modificará el tipo de formas de vida acuática en el embalse (esperándose un incremento de las formas de vida bacteriana anaeróbicas y facultativas, entre ellas formas patógenas ya existentes). Por otra parte, la profundidad del embalse será suficiente para esperar la estratificación de la presa, por lo que el oxígeno disuelto que entre por la superficie del embalse no permeará a los estratos inferiores, y de hecho, se verá significativamente reducido en la superficie por la cubierta demandante de oxígeno que formarán las algas cianofitas.

Los niveles de oxígeno disuelto en la presa se prevé que serán bajos (muy por debajo de la saturación), de modo que sólo la capa más superficial de la presa tendrá agua con un poco de oxígeno disuelto. La elevada demanda de oxígeno se incrementará con la profundidad, hasta que el fondo se alcance la demanda máxima debida a la que ejercerán los sedimentos.

### **33 / ak. Llenado del vaso / Pérdidas acumulativas en la cuenca hidrológica por evaporación y cambios en ecosistemas litorales**

El efecto principal de la pérdida de agua por evaporación en la cuenca del Río Santiago desde cuerpos lénticos artificiales – impacto acumulativo regional del PH La Yesca con otros embalses artificiales ya existentes en la misma cuenca – se podría manifestar en la zona costera con potenciales cambios en la salinidad. El proceso no es lineal – existen cambios en los regimenes de descarga estacional, modificación de carga sedimentaria, etc. – y no se cuenta con información antecedente que permita manejar las incertidumbres del sistema complejo y las tendencias reales del potencial efecto de la evaporación cuenca arriba.

La evaporación de agua ocurre durante el llenado del embalse y operación. Si bien el volumen estimado de pérdida de agua para el embalse del PH La Yesca no es relevante a nivel de regional de cuenca hidrológica del Río Grande de Santiago (CRGS), sería significativo como impacto negativo acumulativo por la presencia de otras presas. El efecto principal de la pérdida de agua por evaporación en la cuenca del Río Santiago desde cuerpos lénticos artificiales – impacto acumulativo regional del PH La Yesca con otros embalses artificiales ya existentes en la misma cuenca – se podría manifestar en la zona costera con potenciales cambios en la salinidad.

### **33 / ao. Llenado del vaso / Eutrofización**

Los resultados del modelo de eutrofización para el embalse del PH La Yesca<sup>2</sup> indican que el proceso de eutrofización se desarrollará en el lago artificial durante la fase de llenado, principalmente en la cola del embalse dentro del fondo del valle del Río Santiago.

El cambio de cuerpo lótico a léntico favorece directamente la eutrofización. Este proceso se genera por la reproducción creciente de algas y de bacterias aeróbicas promovida en el nuevo embalse rico en nutrientes –en las zonas de

<sup>2</sup> Ver apartado *Modelación Matemática de las Concentraciones de Contaminantes en Cuerpos Lénticos (Lagos y Presas)* en este mismo capítulo

influencia de aporte de aguas del Río Santiago de baja calidad- y el consecuente consumo de oxígeno por la descomposición bacteriana de algas y de la materia orgánica vegetal inundada.

Las grandes cantidades de masa vegetal que quedará sumergida en el embalse, junto con la deteriorada calidad del agua de entrada por el Río Santiago al nuevo cuerpo léntico incrementarán significativamente las demandas química y bioquímica de oxígeno, tanto en el agua, como en los sedimentos. La disminución –o agotamiento- en los niveles de oxígeno disuelto limitará o cancelará la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua.

Los niveles de oxígeno disuelto en la presa se prevé que serán bajos, de modo que sólo la capa más superficial de la presa tendrá oxígeno disuelto. La elevada demanda de oxígeno se incrementará con la profundidad, hasta que el fondo se alcance la demanda máxima debida a la que ejercerán los sedimentos.

Se espera que la Presa de La Yesca se encuentre estratificada durante todo el año. El tiempo de retención hidráulica promedio anual se calculó en 226 días, el cual es el tiempo promedio en que los contaminantes permanecen dentro de la presa. Este tiempo es muy extenso, lo cual favorece el desarrollo de la eutrofización de la presa al permitir a los nutrientes estar en contacto con el agua durante tiempo más que suficiente para que se desarrollen algas y plantas macrofitas. Este impacto negativo es de significancia alta.

El proceso de consumo de oxígeno por descomposición de la materia orgánica de la vegetación inundada tiende a decrecer. El proceso de eutrofización favorecido por el aporte de materia orgánica y nutrientes desde los ríos afluentes – en especial el Santiago y Tequila- dependerá de la efectividad y alcances de los procesos de tratamiento que reciban las aguas residuales aguas arriba que terminan descargando en el Río Santiago. Principalmente en la zona conurbana de Guadalajara, y en la zona agroindustrial de Tequila<sup>3</sup>.

### ***Fase de Operación***

#### **34 / at. Presencia de la presa / facilidad en el acceso a manantiales que abastecen a la localidad de Sayulimita**

Unos de los efectos indirectos de la presencia del embalse proyectado es el cambio de régimen lótico, con gran variación de caudal diario, a un régimen léntico que favorecerá las actividades de transporte fluvial y de pesca. En el área de estudio, y en particular en la zona cercana al poblado de Sayulimita, el acceso al cauce actual del Río Santiago - y por lo tanto al embalse – es difícil por la elevada pendiente y topografía irregular.

Los pobladores locales realizan el trayecto de descenso y ascenso a pie y en animales de carga desde el poblado de Sayulimita para abastecerse de agua desde la única fuente confiable de agua subterránea existente en la zona que son afloramientos existentes en la margen izquierda del Río Santiago, un manantial conocido como El Guayabo.

<sup>3</sup> Ver apartado Análisis Estadístico de los Parámetros de Calidad del Agua y Eutrofización en Presa de La Yesca de este capítulo

El embalse artificial generado por la presencia de la presa no afectará este manantial. Las mejores posibilidades de pesca y de transporte fluvial representan un impacto relevante y positivo para la población local.

La terminación y mejora de un camino existente que fue construido parcialmente por CFE para acceder hasta el futuro embalse en el área de Sayulimita impactaría positivamente, a la vez, en el abastecimiento de agua de la población local. De esta forma se tendría un impacto positivo indirecto del proyecto en el acceso a fuentes de agua para consumo humano para la población de Sayulimita, comprendida en la unidad ambiental definida de estudio.

#### **47 / at. Consumo de agua / Instalación de infraestructura en Hostotipaquillo**

Considerando el aumento poblacional en la cabecera municipal de Hostotipaquillo al comenzar las obras de construcción del PH La Yesca, se pronostica una mayor competencia por los recursos hídricos. El abastecimiento actual del agua en este municipio es limitado debido a que sólo se tienen como fuente de abastecimiento algunos manantiales aledaños. Así, el caudal actual de abastecimiento de agua (aprox. 8 l/s) resulta insuficiente. Existe la posibilidad de mejorar el abastecimiento a la cabecera municipal desde fuentes de agua subterránea locales. De acuerdo a la información de campo, existe un pozo ubicado al inicio de la desviación hacia este poblado en la carretera a Magdalena. El pozo, identificado con el nombre de Tequesquite, actualmente no es aprovechado a su máxima capacidad (alrededor de 30 l/s) debido a la falta de infraestructura para conducir el agua hasta la cisterna de distribución urbana.

El pozo tiene un gasto suficiente y buena calidad para el abastecimiento de la población actual y futura temporal. Para satisfacer la demanda adicional – y mejorar el pobre servicio urbano de distribución actual sería necesario mejorar la captación y distribución del recurso. Las medidas estructurales de mitigación se basan en la instalación de línea de conducción y bombeo y una cisterna de mayor capacidad. Así, además se generaría un impacto positivo indirecto y permanente mejorando el abastecimiento de agua para consumo de la población local, presenta acumulación con mayor disponibilidad de agua para consumo humano, con la calidad de agua subterránea y la interacción agua roca no alterada, así como sinergismo con la mejora de servicios, de caminos y por consecuente aumento de la población.

#### **34 / ai. Presencia de la presa / Calidad microbiológica**

Las nuevas condiciones (cuerpo léntico, variación de características fisicoquímicas, aumento de nutrientes) se favorece la reproducción de algas y de bacterias aeróbicas, con el consecuente consumo de oxígeno por la descomposición bacteriana de algas y de la materia orgánica vegetal inundada. La disminución o agotamiento de los niveles de oxígeno disuelto modificará el tipo de formas de vida acuática en el embalse (esperándose las formas de vida bacteriana anaeróbicas y facultativas, entre ellas formas patógenas). Por otro lado, la entrada al embalse de corrientes con distinta calidad generará zonas con diferentes avances en el proceso de eutrofización y por lo tanto diferente cantidad y tipo de microorganismos presentes, presenta acumulación con el llenado del embalse, con la regulación del caudal, con la calidad fisicoquímica, la calidad visual y turismo, por lo tanto este impacto es negativo de significancia alta.

### **34 / aj. Presencia de la presa / Calidad fisicoquímica**

Con las nuevas condiciones (cuerpo léntico, cuerpo de agua de gran profundidad, aumento de nutrientes) varían las características fisicoquímicas como el color, turbiedad, temperatura, que aunado al aumento de nutrientes, se favorece en algunos estratos del cuerpo de agua, el proceso de eutrofización. La disminución o agotamiento de los niveles de oxígeno disuelto propiciará formación de metano. Además, la entrada al embalse de corrientes con distinta calidad generará zonas de mezcla con diferentes características y por lo tanto diferentes avances en el proceso de eutrofización. Por otro lado existen en las cercanías del Río Bolaños decenas de kilómetros aguas arriba de la confluencia con el Santiago, presas de jales utilizadas por empresas mineras, que en caso de romperse o desbordarse, provocarían contaminación por metales pesados y cianuros (aunque esto no es un riesgo provocado por el proyecto está latente). La presencia de metales pesados en el cuerpo de agua puede propiciar su acumulación en peces y el consecuente riesgo a la salud humana por el elevado consumo de pescado.

Por lo tanto este impacto es negativo de significancia alta, presenta acumulación con el llenado del embalse, con la regulación del caudal, con la calidad fisicoquímica, con la calidad visual (formación de franja estéril) y el turismo (disminución de), y sinergia con la afectación de la vida acuática (peces), la eutrofización, la generación de metano y la evapotranspiración.

### **34 / ak. Presencia de la presa / Aumento de la evaporación**

El efecto causado por la evaporación se acumula con el causado por la evapotranspiración, y aunque el volumen de evaporación y evapotranspiración no es relevante a nivel de la cuenca, el efecto acumulativo con otras presas construidas (y por construirse) puede ser considerable. El efecto principal de la pérdida de agua por evaporación en la cuenca del Río Santiago desde cuerpos lénticos artificiales se podría manifestar en la zona costera con potenciales cambios en la salinidad. El proceso no es lineal – existen cambios en los regímenes de descarga estacional, modificación de carga sedimentaria, etc. – y no se cuenta con información antecedente que permita manejar las incertidumbres del sistema complejo y las tendencias reales del potencial efecto de la evaporación cuenca arriba, presenta acumulación con la calidad biológica del agua y con las condiciones climatológicas calidad fisicoquímica del agua, pérdida acumulativa en la cuenca y sinergia con la eutrofización (generación de gases invernadero), y la proliferación de plantas acuáticas, por lo tanto es un impacto negativo de significancia alta.

### **34 / al. Presencia de la presa / Aumento de la evapotranspiración**

Se espera que la presa tenga un proceso de eutrofización, favoreciendo la presencia de biomasa acuática sobre la superficie del cuerpo de agua, que tiende a aumentar significativamente la evapotranspiración. El efecto causado por la evapotranspiración se acumula con el causado por la evaporación, y aunque el volumen de evaporación y evapotranspiración no es relevante a nivel de la cuenca, el efecto acumulativo con otras presas construidas (y por construirse) puede ser considerable. El efecto principal de la pérdida de agua por evaporación y evapotranspiración en la cuenca completa, podría manifestar en la zona costera con potenciales cambios en la salinidad. Este es un impacto negativo con acumulación en la calidad biológica del agua y las condiciones climatológicas

calidad fisicoquímica del agua, así como con la pérdida acumulativa en la cuenca, y sinergismo con la eutrofización (generación de gases invernadero) y la proliferación de plantas acuáticas.

#### **34 / am. Presencia de la presa / Variaciones del flujo**

El impacto generado por la presencia de la presa en la modificación del flujo de agua en el Río Santiago es doble, pues por un lado estabiliza las variaciones procedentes de partes más altas de la cuenca y por otro modifica el régimen del río, cambiándolo de lótico a léntico, este impacto es negativo y significativo con acumulación en la depositación de sedimentos, en la generación de franja estéril, cambio en el paisaje y cambio en las condiciones fisicoquímicas (termoclinas), sinergismo con la estratificación en el embalse, la generación de gases de invernadero y aumento de evapotranspiración.

#### **34 / am. Disminución del caudal de entrada al embalse del PH El Cajón desde la descarga del PH La Yesca y disminución de su calidad de agua**

La retención de flujo en el embalse del PH La Yesca disminuirá el flujo de entrada al PH El Cajón. La disposición de caudal en la presa El Cajón durante el llenado del embalse del PH La Yesca será variable y controlará los cambios de nivel del embalse de El Cajón, además de las salidas por evapotranspiración y descarga para la generación de energía desde aquél embalse<sup>4</sup>.

La retención de flujo aguas arriba y la descarga variable de agua con menor concentración de oxígeno disuelto desde el embalse del PH La Yesca disminuirá la profundidad del espesor con suficiente oxígeno disponible para la vida acuática superficial en el embalse de El Cajón y favorecerá el deterioro de otros parámetros químicos de calidad del agua.

El impacto en la calidad del agua y en la fauna acuática será sinérgico con el deterioro de la calidad del paisaje por el aumento de espesor de la franja de fluctuación del nivel del embalse. El ancho de la franja de fluctuación de nivel del agua sobre las laderas del valle (denominada aquí como franja muerta) aumentará por la disminución del nivel en el embalse por descenso en el caudal de alimentación desde el Río Santiago.

Este impacto en la calidad del agua y del paisaje, si bien significativo, tendrá una duración limitada. El período de influencia por el llenado del embalse del PH La Yesca será de dos años en un escenario de bajas precipitaciones estacionales. Por lo tanto este impacto negativo es de significancia alta.

#### **34 / ao. Presencia de la presa / Aumento en la concentración de nutrientes: Disminución de la calidad de agua por eutrofización y Limitaciones al desarrollo de fauna acuática**

La profundidad del embalse será suficiente para esperar la estratificación de la presa, por lo que el oxígeno disuelto que entre por la superficie del embalse no permeará. Este es un impacto negativo de significancia alta con acumulación en el llenado del embalse, la regulación del caudal, la calidad fisicoquímica y microbiológica, el empleo (por reducción de pesca) y la calidad de la descarga final de la cuenca, sinergismo con la afectación de la vida acuática (peces) y del paisaje.

<sup>4</sup> Un análisis de costo-beneficio inicial indicaría que las mejoras generadas por una descarga de caudal casi permanente no son relevantes en la calidad ambiental del embalse con agua de regular calidad esperado para el PH El Cajón en comparación con las descargas temporales y reguladas. El esfuerzo requerido para asegurar este gasto fijo sería más efectivo invertido en otras medidas de prevención y compensación ambiental detalladas en el capítulo correspondiente.



### **34 / ap. Retención de sedimentos en el vaso del embalse. disminución de la profundidad del vaso, efectos sobre ecosistemas aguas abajo y limitación de la vida útil.**

La carga sedimentaria transportada hasta el embalse del PH La Yesca fue calculada con base en los registros de la estación hidrométrica La Yesca (ubicada en el Río Santiago) de 1,59 Mm<sup>3</sup>/año de sedimentos, mientras que aquella correspondiente a la EH El Caimán (ubicada en el Río Bolaños) registró una carga sedimentaria de 2,97 Mm<sup>3</sup>/año (Río Bolaños).<sup>5</sup>

La depositación paulatina de los rodados, grava y arenas en las distintas posiciones de la cola irá colmatando los actuales rápidos y pozas del cauce y conformando una planicie aluvial sedimentaria. Con el tiempo, la sedimentación de los finos terminará por cubrir el fondo del embalse e irá colmatando paulatinamente el fondo de los valles inundados, reduciendo la profundidad del embalse.

Este es un impacto acumulativo, indirecto y relevante con un elevado grado de incertidumbre. No se cuenta con información antecedente que permita manejar las incertidumbres del sistema complejo y las tendencias reales del potencial efecto de la retención de sedimentos cuenca arriba.

El proceso de azolvamiento y por tanto la reducción en la vida útil de la presa representa un impacto directo y relevante a largo plazo. La información antecedente y generada no permite estimar con un margen adecuado de exactitud los escenarios de colmatación del vaso, en particular por la incertidumbre (calidad, densidad y proyección histórica) sobre la información de procesos de transporte de sedimentos en el sistema estudiado y que genera las futuras medidas de manejo de sedimentos de las presas localizadas aguas arriba en el Río Santiago (PH Santa Rosa y presa de Arcediano, en particular). Este impacto es negativo y relevante a largo plazo.

### **38 / aj. Regulación del caudal / Calidad fisicoquímica**

La retención de flujo aguas arriba y la descarga variable de agua con menor concentración de oxígeno disuelto desde el embalse del PH La Yesca disminuirá la profundidad del espesor con suficiente oxígeno disponible para la vida acuática superficial en el embalse de El Cajón y favorecerá el deterioro de otros parámetros químicos de calidad del agua. El ancho de la franja de fluctuación de nivel del agua sobre las laderas del valle (denominada aquí como franja muerta) aumentará por la disminución del nivel en el embalse por descenso en el caudal de alimentación desde el Río Santiago. Este impacto en la calidad del agua y del paisaje, si bien es significativo, tendrá una duración limitada. El período de influencia por el llenado del embalse del PH La Yesca será de dos años en un escenario de bajas precipitaciones estacionales. Presenta acumulación con la afectación a la vida acuática, con la generación de flora acuática flotante, la depositación de sedimentos en la cola del embalse y sinergismo con la calidad visual, la generación de franja estéril y la calidad microbiológica del agua. Por lo tanto es un impacto negativo de significancia alta.

<sup>5</sup> El volumen total de sedimentos equivalente a 4,57Mm<sup>3</sup>/año comprende entonces el volumen de sedimentos en suspensión más el volumen por arrastre de fondo. Cabe destacar que la carga sedimentaria del Río Bolaños es mayor debido a que no existe obra de infraestructura que retenga azolves aguas arriba. En el caso del Río Santiago, la infraestructura hidráulica ubicada aguas arriba, principalmente el PH Santa Rosa retiene una cantidad relevante de azolves.

## **Medio Biótico**

### **Fase de Construcción**

#### **1 / az, ba, bb, bc. Desmontes y despalmes / Especies con estatus de vegetación; de valor social; endémicas y restringidas. Otras especies**

La realización del PH La Yesca impactará negativamente en el medio biótico dentro de los impactos a vegetación terrestre y acuática de significancia alta encontramos: los desmontes y despalmes, contra estos factores: especies con estatus de conservación; especies con valor social y comercial; especies endémicas y restringidas y otras especies, debidos principalmente a que en el sitio se distribuyen *Mastichodendron capiri* y *Tabebuia palmeri*, esta última muy escasa en el área de estudio; se encuentran especies silvestres con utilidad alimenticia como es el caso de los pitayos, ciruelos y guamúchiles; se localizan algunas especies restringidas la mayoría de la familia Leguminosae. Todas ellas presentan una distribución regional (Jalisco, Nayarit, sur de Zacatecas); así como de las familias Julianaceae donde tenemos a *Amphypterygium molle*. Estos impactos son sinérgicos con: construcción de campamentos, habilitación de caminos, llenado del vaso.

#### **1 / bc. Desmontes y despalmes / Otras especies**

En el área de vegetación terrestre y acuática con solo un impacto negativo de significancia “alta” donde interviene la interacción de los desmontes y despalmes con otras especies, dirigido a la etapa de construcción y debido a la apertura de caminos y áreas que cuando la obra se lleve a cabo los habitantes tendrán que abrir tanto para el paso de ellos como del ganado; por el mal manejo del material de desmonte se pueden ocasionar incendios que afectarían áreas naturales muy distantes del proyecto; además de que en el sitio se distribuyen tres especies que se encuentran en la NOM-059, las cuales se verán con el proyecto, así como de especies de distribución restringida para Jalisco que en su mayoría son Leguminosas este impacto es acumulativo con: La apertura de áreas para campamentos, caminos y de otro tipo para el paso de las personas y ganado.

### **Fase de Operación**

#### **34 / bc. Presencia de la presa / Otras especies**

Dentro de los impactos negativos para la vegetación terrestre y acuática de significancia alta encontramos para esta fase solo: la presencia de la presa, contra estos factores: especies con estatus de conservación; especies con valor social y comercial; especies endémicas y restringidas y otras especies, debido a que en la zona del embalse se encuentran especies silvestres con utilidad alimenticia como es el caso de los pitayos, ciruelos y guamúchiles; se localizan algunas especies restringidas la mayoría de la familia Leguminosae. Todas ellas presentan una distribución regional (Jalisco, Nayarit, sur de Zacatecas); así como de las familias Julianaceae donde tenemos a *Amphypterygium molle*. Estos impactos son sinérgicos con: habilitación de caminos, llenado del vaso.

## **Medio Socioeconómico**

### **Fase de construcción**

#### **1 - 11, 13-15, 18 - 20, 24 - 28 / bt. Actividades de construcción / Empleo generado por dichas actividades**

La producción de empleo tendrá acumulación con el crecimiento de la población debido a todas las actividades que se generarán en la etapa de construcción y por ende la habilitación de caminos, estos deberán estar en buenas condiciones para facilitar el acceso. Se considera que este impacto positivo será fuerte cuando se instalen y operen los campamentos, por lo tanto se presenta sinergia en la creación de nuevos negocios.

#### **1 - 28 / bv. Actividades de construcción / Con los ingresos de los trabajadores**

Con las actividades que se llevarán a cabo en esta etapa se estima que el impacto mayor sea cuando inicie el levantamiento de la cortina. Por lo tanto este impacto es positivo ya que presenta acumulación con empleos calificados, empleos permanentes y crecimiento de demanda de trabajo, con sinergia por efecto multiplicador, por lo tanto aumentarán los ingresos de los trabajadores.

#### **15 / cv. Presencia de campamentos / Seguridad, Integridad física**

El único impacto negativo de significancia alta es el relacionado con la seguridad e higiene ocupacional en su variable de seguridad e integridad física con respecto a la presencia de campamentos, la llegada de 5 000 gentes de una manera progresiva al término de los dos años y medio y la mantención de ellos en un periodo de dos años hace que este sea uno de los impactos considerables, dado los rubros de personal operativo y agrupado en ciertas áreas del proyecto la cual revierte el impacto por este periodo de tiempo. Después el personal abandonará el sitio hasta llegar solamente a tener el personal operativo para la hidroeléctrica a un término de 5 años. Presenta acumulación en la generación de residuos peligrosos y no peligrosos, así como la generación de aguas residuales, con sinergias en aguas residuales.

### **V.4.3.2 Significancia media**

#### **Medio Físico**

##### **Fase de Construcción**

#### **33 / a, b, c, e, f. Llenado del vaso / Temperatura, Humedad relativa, Evaporación, Radiación solar y Albedo**

Con el llenado del vaso se incrementa la humedad relativa, aumenta la capacidad termorregulatoria y las temperaturas se hacen menos extremosas. Se incrementa el efecto de enfriamiento evaporativo. Consecuentemente presenta acumulación con la temperatura, la humedad relativa, la evaporación, la radiación solar y el albedo. Identificándose estos como impactos positivos de significancia media.

Así bien esta misma acción (llenado del vaso) también presenta impactos negativos relacionados con el incremento de la humedad relativa. La combinación de humedad relativa más alta y altas temperaturas durante el

verano crea condiciones de bajo confort ambiental para el humano. El efecto negativo de la combinación de altas temperaturas y mayor humedad relativa (que la actual) al traducirse en índices de confort menos favorables, no es mitigable pero sí compensable, debido a la desaparición del estrato altitudinal más bajo del vaso, con lo que desaparece la zona más cálida del área de estudio.

**1 / a, b, c, e, f. Desmontes y despalmes / Temperatura. Humedad relativas. Evaporación. Radiación solar. Albedo**

Otro de los impactos negativos identificados de significancia media es el desmonte y despalme, los cuales tiene que ver con los factores de disminución de la humedad relativa por lo que las temperaturas se disparan, disminuye la humedad del suelo por evaporación al remover la vegetación, aumenta el albedo y disminuye la cantidad captada de radiación solar, se presenta un cambio en el clima local, siendo el aspecto más perceptible que las temperaturas máxima y mínima se hacen más extremosas. Presenta acumulación con la habilitación de los caminos, con la temperatura, la humedad relativa, la evaporación, la radiación solar, el albedo y presenta sinergia con la pavimentación.

**5 / q. Cortes / PST**

Este impacto negativo es de significancia media, se presenta durante la fase de construcción. Es temporal y reversible porque dejarán de emitirse partículas una vez que concluya esta actividad. Se considera de muy alta intensidad por las altas emisiones de partículas que pueden presentarse, lo que a su vez puede generar altas concentraciones en la zona del proyecto, se proponen medidas de mitigación para las emisiones de partículas. Presenta acumulación y sinergia con erosión.

**2, 3, 4, 6, 7, 18, 25, 26, 28 / i, q. Actividades en la etapa de construcción / PM10. PST.**

Con respecto a los impactos negativos de significancia media, nos encontramos con las variantes de PM10 y PST, las cuales se presentan durante la fase de construcción, siendo estos temporales y reversibles por que dejarán de emitirse las partículas una vez que concluya esta actividad. Se considera de alta intensidad por las altas emisiones de partículas que pueden presentarse, lo que a su vez puede generar altas concentraciones en la zona del proyecto. Se tiene acumulación y sinergia con la erosión y la desertificación.

**18 / v. Habilitación de caminos / Erosión de sedimentos y roca**

Los materiales removidos durante la construcción de los caminos, y la erosión de taludes y de los mismos caminos en temporada de lluvias, generan depósitos sedimentarios. El corte de pendiente para la construcción de caminos y otras obras asociadas, la modificación de redes de drenajes locales y la generación de depósitos sedimentarios metaestables; puede favorecer el aumento de remoción en masa a escala puntual. La remoción en masa incluye fenómenos de transporte sedimentario controlados por la gravedad y con variable participación del agua en su matriz. Este impacto negativo es de significancia media, con acumulación en las actividades de construcción, modificación del drenaje, desmontes y despalmes, rellenos, remoción en masa puntual y sinergia en la disminución de la calidad visual, y la modificación del drenaje.

### **18 / v. Acumulación de sedimentos en el vaso del embalse/ Aumento en la tasa de azolvamiento**

La carga sedimentaria transportada hasta el embalse del PH La Yesca fue calculada con base en los registros de la estación hidrométrica La Yesca (ubicada en el Río Santiago) de 1,59 Mm<sup>3</sup>/año de sedimentos, mientras que aquella correspondiente a la EH El Caimán (ubicada en el Río Bolaños) registró una carga sedimentaria de 2,97 Mm<sup>3</sup>/año (Río Bolaños).<sup>6</sup>

La disminución de la velocidad de flujo y la capacidad de carga sedimentaria de los cursos de agua al entrar en el embalse (cambio de régimen de lótico a léntico) propicia la sedimentación. En la cola del embalse tienden depositarse los materiales gruesos (arenas, gravas) y en las zonas más profundas y hacia la cortina sedimentan paulatinamente limos y arcillas (fracción sedimentaria más fina). Como resultado de la variación estacional anual que tendrá el nivel de embalse, la posición de depositación de la cola del embalse. La posición paulatina de los rodados, grava y arenas en distintas posiciones de la cola irá colmatando los actuales rápidos y pozas del cauce y conformando una planicie aluvial sedimentaria. Con el tiempo, la sedimentación de los finos terminará por cubrir el fondo del embalse e irá colmatando paulatinamente al fondo de los valles inundaos, reduciendo la profundidad del embalse.

La generación del material azolvante relevante desde el punto de vista ambiental se origina mediante diversos fenómenos de erosión, transporte y sedimentación. Los cortes en laderas y la extracción de áridos durante el proceso constructivo contribuyen a la erosión y posterior depositación de sedimentos ladera abajo, incluyendo el aporte de potenciales procesos de remoción en masa puntuales. El retransporte de este material sedimentario puede generar la posterior acumulación de sedimentos en la parte del embalse cercana a la cortina. Este impacto es negativo y de relevancia media.

### **33 / s. Llenado del vaso / Sismos inducidos**

Uno de los mayores impactos en la construcción de una obra generadora de electricidad es el llenado del embalse. La sismicidad inducida en embalses representa cualquier cambio originado en el comportamiento sísmico de una región provocado por la presencia de la obra. Este tipo de sismicidad depende directamente de la velocidad del llenado y condiciones geológicas del área, como es el fracturamiento de la roca y las variaciones cíclicas de los niveles del embalse, presentando acumulación con el desprendimiento y sinergia con flujos y deslizamientos. Este impacto negativo es de significancia media con acumulación en los desprendimientos y sinergia flujos y deslizamientos.

### **19 / ab. Pavimentación / Erosión**

La pavimentación de caminos genera un proceso de desplazamiento del suelo fértil; una ventaja del proceso es que los caminos pavimentados presentan mínimo riesgo de erosión, por lo tanto es un impacto positivo de mediana significancia.

<sup>6</sup> El volumen total de sedimentos equivalente a 4,57Mm<sup>3</sup>/año comprende entonces el volumen de sedimentos en suspensión más el volumen por arrastre de fondo. Cabe destacar que la carga sedimentaria del Río Bolaños es mayor debido a que no existe obra de infraestructura que retenga azolves aguas arriba. En el caso del Río Santiago, la infraestructura hidráulica ubicada aguas arriba, principalmente el PH Santa Rosa retiene una cantidad relevante de azolves.

### **21 / ab. Reubicación de la vegetación / Erosión**

La reubicación de la vegetación, especialmente la arbórea es un impacto positivo de significancia media, que requiere de manejo de suelos y plantas. Es un efecto benéfico al entorno, el cual apoya el control de la erosión del suelo; con incremento de la capacidad del suelo y de la actividad biológica, con acumulación en la desertificación y una sinergia positiva con el incremento de fauna por la reforestación.

### **3 / ab, ac, ad, ae. Excavaciones, compactaciones y nivelaciones / Erosión. Capacidad de los suelos. Desertificación. Actividad biológica del suelo**

Durante la construcción de la cortina, quedarán inutilizados agrológicamente los suelos del sitio de la boquilla, afectando la capacidad de los suelos y la actividad biológica de éstos. El impacto negativo de significancia media, es compensable ya que se restauraran las áreas colindantes.

### **5 / ab. Cortes / Erosión**

Los cortes se realizan una vez ocurridos el desmonte y el despalme; se deberán contemplar medidas para el control de los escurrimientos pluviales, para evitar la erosión del material geológico. Es un Impacto negativo de significancia media presenta acumulación con acumulación en bancos de material y caminos.

### **7 / ag. Rellenos en cuerpos de agua / Inundaciones**

Los rellenos ocasionarán interrupciones del flujo fluvial normal y se propiciara la inundación en el sitio. Ente impacto negativo es de sinergia media, con sinergia negativa en el proceso de inundación, la capacidad agrícola y biológica.

### **17, 18 / ab. Generación de aguas residuales / Habilitación de caminos. Erosión**

Los siguientes impactos negativos son de significancia media. La generación de aguas residuales del proceso industrial a generar, deberá controlarse, mediante el uso de insumos adecuados y el pre-tratamiento de esas aguas. Por lo tanto es necesario dar tratamiento a las aguas de residuales, con el fin de evitar contaminación del suelo e incrementar la contaminación del agua.

La habilitación de caminos puede generar erosión de suelos o controlarla. Generalmente se realizan cortes y rellenos. Se deben implementar medidas para el control y canalización de los escurrimientos pluviales.

### **25, 26, 28, 30 / ab. Dinamitado. Excavaciones. Extracción de áridos. Relocalización de la población / Erosión**

El dinamitado afecta las áreas colindantes inmediatas, dependiendo del tipo de dinamita será el impacto (desprendimiento de material geológico para la cortina, socavones y túneles, cimentación de la presa, etc.) se presenta acumulación con la capacidad del suelo y la contaminación, y sinergia bancos de material.

Los rellenos podrán realizarse tanto para la construcción de la cortina como en bancos de material geológico; deberán contemplar medidas para el control de avenidas máximas y escurrimiento superficial, el relleno presenta trae como consecuencia un efecto de desertización en el sitio, si corresponde a la cortina de la presa. Los rellenos ocasionarán interrupciones del flujo fluvial normal y se propiciara la inundación en el sitio, acumulación con capacidad agrícola y biológica.

La extracción de áridos afectará el sitio de servicio, por lo que deberán contemplar medidas de mitigación basadas en obras de conservación del suelo y del agua, así como medidas de restauración de la vegetación nativa, muestra sinergia con erosión por arrastre y por deposición.

La reubicación de poblaciones pequeñas afectadas, requiere la apertura de caminos de acceso y disposición de terrenos para urbanizar; por lo que se afecta la capacidad agrológica del suelo y la actividad biológica del mismo; se inducen procesos de contaminación de suelos por residuos domésticos y aguas residuales. Mostrando acumulación con la capacidad de los suelos, la contaminación y la actividad biológica del suelo.

Todos estos impactos son negativos de significancia media.

### **11 / an. Desviación del curso de agua / Variación del cauce y modificación del drenaje durante construcción**

La obra de desvío del Río Santiago producirá la principal modificación del cauce durante la etapa de construcción. Estas obras propiciarán el aumento en la velocidad del flujo por disminución de área de recorrido en las ataguías en comparación con la del cauce sinuoso original, y el primer cambio de erosión/depositación en el cauce del Río Santiago. Las variaciones de flujo ocasionan cambios aguas abajo en velocidad y profundidad del agua -sumado a un aumento de sólidos en suspensión por aporte de sedimentos desde zonas de obra civil asociadas a la cortina-produciendo condiciones distintas a las previas al proyecto, transportando más sedimentos hasta el embalse de PH El Cajón, donde azolvarán. El ámbito local en el que se dará el efecto de estos procesos temporales por la presencia del embalse del PH El Cajón disminuye su relevancia ambiental. Este es un impacto negativo de significancia media presentando acumulación con la erosión y posterior la depositación de sedimentos, la calidad visual del paisaje y la fauna acuática, con sinergia en el traslado de especies migratorias de fauna acuática, cambios fisicoquímicos en el agua y en la cola del embalse de PH El Cajón.

La obra de desvío del Río Santiago -que generará una excavación aproximada de 300 000 m<sup>3</sup> de aluvión y roca- producirá la principal modificación del cauce durante la etapa de construcción.

Las obras de infraestructura civil inducirán la alteración en el régimen hidrodinámico del cauce del Río Santiago. En particular, las obras de desvío del cauce desde las ataguías de material impermeable localizada aguas arriba y el drenaje a través de los túneles, propiciarán el aumento en la velocidad del flujo por disminución de área de recorrido – en comparación con la del cauce sinuoso original.

La conducción temporal de las aguas por túneles de desvío produce el primer cambio entre erosión / depositación en el cauce del Río Santiago. Estas variaciones en el flujo ocasionan cambios aguas abajo en velocidad y profundidad del agua- sumado a un aumento de sólidos en suspensión por el aporte de sedimentos desde zonas de obra civil asociadas a la cortina con alteración de pendientes y el movimiento de tierra en sitios localizados aguas arriba del túnel - produciendo así condiciones distintas a las previas al proyecto,

afectando a la vida acuática, modificando el paisaje, transportando más sedimentos hasta la posición del embalse de El Cajón, donde azolverán.

El ámbito local en el que se dará el efecto de estos procesos temporales por la presencia del embalse del PH El Cajón disminuye su relevancia ambiental.<sup>7</sup> Se estima que la modificación del nivel base de erosión aguas abajo será de escasa significancia debido a que la presencia del NAMO del embalse del PH El Cajón se ubicaría a tan sólo cientos de metros de la cortina del PH La Yesca.

### **18 / an. Construcción/habilitación de caminos / Modificación de escorrentía, erosión y redepositación de sedimentos**

La construcción de caminos en un ambiente de alto relieve relativo implica el movimiento de suelos y cambio de pendientes. Considerando al paisaje de la zona de estudio como elemento integrador y dinámico que abarca los cambios por interacción de obras con procesos físico naturales y la línea de base ambiental<sup>8</sup>, la construcción de caminos en áreas de continuidad y homogeneidad visual, genera cambios de linealidad del paisaje e intersección de planos visuales, con efectos negativos en la calidad visual del paisaje.

Los caminos pueden considerarse nexos -con efectos lineales- de una red de obras con efectos ambientales puntuales. La apertura de caminos es previa y condición para la generación de impactos en entorno inmediato sobre la fauna y a la flora local<sup>9</sup>, además de modificaciones de la red de drenaje, afectación de la cobertura vegetal y de suelos por efectos acumulativos y sinérgicos de obras que requieren de acceso previo al sitio a través de caminos.

Los materiales removidos durante la construcción de los caminos, y la erosión de taludes y de los mismos caminos durante la temporada de lluvias, generan depósitos sedimentarios que son fácilmente transportados y depositados pendiente abajo. La removilización de estos sedimentos por efecto de la gravedad y la erosión hídrica impacta directamente a la vegetación pendiente abajo. Estos sedimentos pueden alcanzar cursos de agua, aumentando su carga sedimentaria. Los impactos por removilización de sedimentos ladera abajo son acumulativos con los efectos de otras actividades generadoras de depósitos inestables de sedimentos<sup>10</sup> y sinérgico con los efectos de los caminos en la alteración de la estabilidad de pendientes y el impacto sobre la calidad del paisaje.

El corte de pendiente para la construcción de caminos y otras obras asociadas, la modificación de redes de drenajes locales y la generación de depósitos sedimentarios metaestables; puede favorecer el aumento de remoción en masa a escala puntual.<sup>11</sup> La remoción en masa incluye fenómenos de transporte sedimentario controlados por la gravedad y con variable participación del agua en su matriz.

<sup>7</sup> El tramo donde se producirá este efecto tendrá una extensión máxima aproximada de 10 km en los niveles secos extremos y niveles bajos del embalse de El Cajón. En los niveles promedio de operación (NAMO en la cota 390 m) del embalse de El Cajón la cola del embalse se encontraría aproximadamente 1 km de distancia de la cortina del PH La Yesca. En niveles altos, la descarga de los túneles se producirá prácticamente sobre el embalse.

<sup>8</sup> incluyendo a los recursos visuales

<sup>9</sup> algunos detallados en la descripción de impactos por remoción de suelos y vegetación, erosión de roca y sedimentos, remoción en masa, modificación de la red de drenaje, y depositación de sedimentos

<sup>10</sup> Material de rechazo de las áreas de banco de materiales, por ejemplo

<sup>11</sup> Los caminos de acceso modifican las pendientes y el ángulo de las rocas aflorantes y depósitos de talud pendiente arriba.



Por la densidad de caminos requeridos en la zona de cortina y obra civil principal, y las características de elevada energía del paisaje, los puntos donde se puede producir el proceso antes descrito son importantes. Este impacto es negativo y relevante de significancia media. Su mitigación requiere evaluaciones específicas de áreas de mayor energía potencial de erosión y transporte por donde se planea construir caminos, para luego aplicar diseños correctivos de ingeniería civil descritos en el capítulo correspondiente.

### **33 / ap. Llenado del vaso / Otros (Azolvamientos)**

La carga sedimentaria transportada hasta el embalse del PH La Yesca fue calculada con base en los registros de la estación hidrométrica La Yesca (ubicada en el Río Santiago) de 1,59 Mm<sup>3</sup>/año de sedimentos, mientras que aquella correspondiente a la EH El Caimán (ubicada en el Río Bolaños) registró una carga sedimentaria de 2,97 Mm<sup>3</sup>/año (Río Bolaños). Este impacto negativo es de significancia media presentando acumulación con la erosión y con la despositación de sedimentos.

### **33 / ar. Inundación de puntos de afloramiento de agua subterránea/ Pérdida de manantiales**

Las condiciones de flujo geohidrológico en la zona de estudio (y en particular en el área a ser inundada) es de descarga y no de recarga, por lo que no habrá infiltración del agua del vaso hacia los cuerpos de agua subterránea.

La pérdida de manantialismo por llenado del embalse no se considera de gravedad ya que los manantiales inundados no están siendo utilizados por los pobladores aledaños y/o por otro lado, se encuentran contaminados por los fenómenos naturales antes descritos y por tanto no cumplen con la calidad del agua necesaria para ser potable de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 o bien no son de fácil acceso.

Los manantiales del área de la cortina podrían ser aprovechados por las obras en la etapa de construcción. No obstante, se espera que existan también otras fuentes de agua de manera que al estar en la etapa de llenado del vaso estos manantiales no sean indispensables.

Un posible impacto positivo indirecto – con alta incertidumbre - es que la desaparición de manantiales en las zonas de inundación genere que éstos terminen aflorando en otra posición probablemente más alta - desde donde podrían ser aprovechados para otros usos que no sean agua potable ya que en el área de estudio se registra una escasez general del recurso en temporada seca.

La alteración temporal en el flujo de los manantiales (que pudiera causar su desaparición) al realizarse las obras y actividades de construcción y llenado del embalse son negativos pero de baja relevancia.

### **33 / au, av. Llenado del vaso / Calidad visual. Visibilidad**

El llenado del vaso será un impacto positivo de significancia media en el tiempo de lluvias, a finales de octubre cuando esta a su máxima capacidad, aumentará la calidad escénica debido a la presencia del cuerpo de agua.

Los impactos positivos ubicados en esta etapa es el llenado del vaso presentan sinergia con la calidad visual y la visibilidad, debido a se creará un nuevo escenario (presa) el cual aumentará la calidad escénica de la zona y presentará acumulación con la atracción de visitantes para actividades recreativas y con la navegación se tendrá acceso hacia áreas que en la actualidad no se tiene. Cabe hacer mención que el embalse estará en su máxima capacidad a finales de Octubre y bajará al final de Mayo dejando una franja de 20 m en promedio de suelo desnudo que se observará en las entradas de los poblados de Sayulimita, Santa Rosa y San Pedro Analco.

**15, 19, 27, 28 / au, av. Actividades en la etapa de construcción / Calidad visual. Visibilidad**

Este impacto negativo es de significancia media debido a que estas actividades (presencia de campamentos, pavimentación, levantamiento de la cortina y extracción de áridos), son temporales y no afectarán de manera significativa a la población, con respecto a la visibilidad solo se ubica una pequeña franja que tendrá observación directa hacia el área de construcción.

Los impactos negativos con relación a la calidad visual son la presencia de campamentos, la pavimentación, el levantamiento de la cortina y la extracción de áridos, esto en la etapa de construcción, respecto a la visibilidad está el levantamiento de la cortina y la extracción de bancos de material geológico, estos resultados debido a la poca existencia de población en la zona y prácticamente a que serían muy pocos los sitios de donde se tendrá observación hacia el área de afectación (donde se realizarán estas actividades), estos impactos presentan acumulación con las actividades de desmonte y despalme; con el manejo, traslado y disposición del material de desmonte; con las excavaciones, compactaciones y nivelaciones; con los cortes, con la presencia de campamentos, la habilitación de los caminos, etc., y sinergia con la producción de PST, la erosión, nivel de ruido, vegetación y fauna.

La construcción de las obras no tendrá una repercusión relevante sobre la calidad escénica debido a que por la topografía accidentada del área donde se establecerá el proyecto, la visibilidad de las obras será muy limitada, además de que el tránsito de gente en la zona es escaso.

***Fase de operación***

**34 / a, b, c, e, f. Actividades en la etapa de construcción / Temperatura. Humedad relativa. Evaporación. Radiación solar. Albedo**

En esta fase el único impacto negativo de significancia media es la presencia de la presa, la cual una vez en funcionamiento presentará fluctuaciones y acumulación en las tasas de evaporación, en los valores de humedad relativa y con esto también incremento de la formación de neblina y humedad en el ambiente, con lo que se incrementa la probabilidad de presencia de plagas y enfermedades, en la modificación de la capacidad termorregulatoria del ambiente.

**34, 36, 37 / au, av. Presencia de la presa, Navegación, Uso recreativo / Calidad visual. Visibilidad**

Dentro de los impactos positivos más importantes de significancia media se tiene la presencia de la presa, así como la navegación y el uso recreativo, con el llenado de el embalse habrá una mayor afluencia de visitantes debido a que la

región será mas agradable (sobre todo si consideramos que para cuando se cierre la cortina, ya estarán funcionando los sistemas de tratamiento de aguas negras de la ciudad de Guadalajara), además se podrán promover actividades recreativas y por lo tanto será un punto de atracción para visitantes de poblaciones cercanas. Este cuerpo de agua será visible desde muchos puntos en los alrededores del embalse.

La creación del embalse permitirá llegar a zonas que actualmente no tienen acceso, permitiendo la visibilidad de sitios de alta calidad escénica que actualmente solo pueden ser observadas en forma muy limitada o utilizando transporte aéreo (helicóptero) ya que son áreas encañonadas.

#### **34/j Presencia de la presa/ azolvamiento, soterramiento de materia orgánica, nutrientes y entrapamiento de carbono**

La carga sedimentaria transportada hasta el embalse del PH La Yesca fue calculada con base en los registros de la estación hidrométrica La Yesca (ubicada en el Río Santiago) de 1,59 Mm<sup>3</sup>/año de sedimentos, mientras que aquella correspondiente a la Estación Hidrométrica (E.H.) El Caimán (ubicada en el Río Bolaños) registró una carga sedimentaria de 2,97 Mm<sup>3</sup>/año (Río Bolaños). La menor carga sedimentaria registrada en el Río Santiago está relacionada con la retención de sedimentos en la presa de Santa Rosa localizada sobre el mismo río aguas arriba.

La disminución de la velocidad de flujo y la capacidad de carga sedimentaria de los cursos de agua al entrar en el embalse - cambio de régimen de lótico a léntico- propicia la sedimentación de los sedimentos transportados por los ríos y arroyos, con el consecuente asolvamiento de los valles inundados. En la cola del embalse tienden a depositarse los materiales más gruesos (arena, gravas) y en las zonas más profundas y hacia la cortina sedimentan paulatinamente limos y arcillas (fracción sedimentaria más fina). Con el tiempo, la sedimentación de los finos terminará por cubrir el fondo del embalse e irá colmatando paulatinamente el fondo de los valles inundados, reduciendo la profundidad del embalse.

El proceso de sedimentación en el fondo del embalse contribuye al soterramiento de materia orgánica y de nutrientes. El entrapamiento de carbono y biomasa en el material sedimentario depositado en el fondo y en la cola del embalse (incluyendo residuos orgánicos de flora, fauna, plancton, y carga orgánica transportada por los ríos) minimiza su potencial degradación y consiguiente generación de gases de efecto invernadero (GEI) como metano y dióxido de carbono. Este proceso de soterramiento es proporcional a la tasa de sedimentación, por lo que sería más importante en el fondo del valle del Bolaños.

Este impacto es positivo y de relevancia media por la reducción de la generación de GEI a nivel de cuenca.

#### **36 / au, av. Fortalecimiento de la navegabilidad como medio de transporte, recreación y pesca**

La generación de un cuerpo de agua léntico de gran volumen y área superficial aumentará la posibilidad de acceso al cuerpo de agua y de navegación fluvial con fines de transporte, recreación y pesca. En particular para comunidades en marginación geográfica, con escasas posibilidades de mejorar la movilidad

terrestre por la elevado relieve relativo, que regula también el escaso desarrollo de suelos y las posibilidades agrícolas.<sup>12</sup>

Las variaciones diarias y hasta horarias de caudal en el Río Santiago<sup>13</sup> y las variaciones estacionales en los caudales de todo el sistema hídrico del área estarían reguladas por la presencia de la presa y permitiría la navegación y pesca durante todo el año. Este impacto es positivo de significancia media.

### **39 / au, av. Variación en el nivel del embalse entre NAMO y NAMINO y generación de franjas muertas en las laderas de los valles inundados / Disminución de la calidad visual y visibilidad**

La regulación del caudal propiciará variaciones en el nivel del embalse que serán responsables de la generación de franjas muertas de vegetación en zonas laterales terrestres. Dada la diferencia entre NAME y NAMINO<sup>14</sup>, las franjas muertas aproximadas pueden llegar a de 18 km sobre el cauce del Río Santiago, de 7 km sobre el cauce del Río Bolaños y de 4,2 km sobre el cauce del Río Chico.

En la cola del embalse, este proceso tendrá un efecto mayor sobre las laderas y el fondo del valle inundado en las posiciones más altas del lago artificial (NAMO). Debido a la regulación del caudal y a la variación en el nivel del embalse de la zona de depositación de sedimentos más gruesos transportados por los ríos, se pronostica la formación de una nueva planicie aluvial en cotas de fluctuación del embalse (fondo de valles del Santiago, Bolaños y Chico).<sup>15</sup>

Este impacto es negativo de relevancia y significancia media ya que el deterioro de la calidad del paisaje se producirá en áreas poco pobladas y de difícil acceso (ausencia de receptores).

Por la formación del cuerpo léntico del embalse del PH El Cajón los procesos de erosión por descenso gradual del fondo aguas debajo de la cortina del PH La Yesca a lo largo del fondo del Santiago serán mínimos y se desarrollarían en una franja de corta extensión relativa pequeña durante los niveles mínimos de aquel embalse (cuya cola, en promedio se localizará a cientos de metros de la cortina del PH La Yesca).

## **Medio Biótico**

### **Fase de construcción**

### **14, 15, 18 / az, ba, bb, bc. Construcción y presencia de Campamentos / Habilitación de caminos. Vegetación**

Construcción y presencia de campamentos, habilitación de caminos, llenado del vaso; estos impactos interactúan con especies con estatus de conservación; los criterios utilizados para su evaluación fueron los siguientes: En el sitio se distribuyen tres especies que se encuentran en la NOM-059, las cuales se verán con el proyecto, así como de especies de distribución restringida para Jalisco que

<sup>12</sup> principalmente para habitantes de comunidades rurales cercanas a las márgenes del embalse en el fondo del valle del Río Santiago (e.g., Sayulimita, Mesa de Flores)

<sup>13</sup> En la actualidad, el caudal contaminado del Río Santiago presenta una gran variación diaria y hasta horaria – por depender de las descargas de la presa de Santa Rosa– limitando el desarrollo de la vida acuática y generando un elevado riesgo para la salud y la vida de pobladores locales que interaccionan con el Río.

<sup>14</sup> Ver capítulo II del PH La Yesca (CFE, 2005).

<sup>15</sup> Esta nueva planicie aluvial llegaría a ser más extensa y a estar conformada por sedimentos de baja calidad en el caso del Río Santiago y cubierta por mayor cantidad de flora acuática muerta durante los períodos de menor nivel del embalse. A su vez, este sector es de difícil acceso y existe escasa población local.

en su mayoría son Leguminosas. En el sitio se distribuyen tanto *Mastichodendron capiri*, *Tabebuia palmeri* y *Tabebuia chrysantha*, esta última muy escasa en el área de estudio; estos impactos son acumulativos con el llenado del vaso, habilitación de caminos, tendido de cables y el dinamitado; y son sinérgicos por la cercanía de los campamentos y si se abren caminos innecesarios, esto afectará la zona, además si no se tiene cuidado con el fuego se podrían propagar incendios. Estos impactos negativos son de significancia media.

**1, 7, 12, 16, 17, 33 / be, bf, bg, bh, bi, bj, bk, bl. Llenado del vaso, generación de aguas residuales y la obstrucción de escurrimientos / Fauna**

En estos impactos negativos son de significancia media, se tomaron en cuenta los siguientes factores ambientales: Peces, anfibios, reptiles, mamíferos, crustáceos y moluscos acuáticos, especies con estatus de conservación, endémicas y restringidas, están relacionados con las siguientes actividades, desmontes y despalmes; rellenos en cuerpos de agua y zonas inundables; generación de aguas residuales domésticas; y el llenado del vaso. La evaluación de estos factores va de acuerdo a las siguientes observaciones: el relleno de cuerpos de agua y zonas inundables representa un factor para la desaparición de hábitat. La obstrucción de los afluentes naturales tiende a la desecación de los cuerpos de agua, si a ello se agrega la incorporación de aguas residuales potencialmente contaminadas, puede conducir a la desaparición de especies en forma local, principalmente dada la pérdida de hábitat en donde llevan a cabo parte de su ciclo de vida. A esto se debe agregar el hecho de que el consumo de materiales peligrosos y su posible derrame por un mal manejo, puede ocasionar la contaminación de cuerpos de agua y su consecuente impacto en las poblaciones de fauna acuática.

**1, 2, 3, 12, 13 / az, ba, bb, bc. Desmontes y despalmes; manejo y disposición de materiales / Vegetación**

Estos impactos negativos son de significancia media, los desmontes y despalmes; manejo, traslado del material de desmonte; excavaciones, compactaciones y nivelaciones; obstrucción de escurrimientos naturales y el establecimiento y operación de talleres, afectarán interactuando con los siguientes factores ambientales especies con estatus de conservación; especies con valor social y comercial; especies endémicas y restringidas y con otras especies; en el sitio se localizan algunas especies restringidas la mayoría de la familia Leguminosae. Todas ellas presentan una distribución regional (Jalisco, Nayarit, sur de Zacatecas) por lo cual sólo se verá reducida su presencia en los sitios donde se lleven a cabo estas acciones, también por la desecación y contaminación de agua se afectaría el desarrollo y se provocaría la muerte de especies como el *Mastichodendron capiri* y *Tabebuia palmeri*, además de que puede afectar sitios donde se desarrollan especies como la Parota y los Ficus, por la contaminación de agua o por la falta de la misma, así como la pérdida de la cubierta vegetal dando como resultado sitios con suelos desnudos, con ello facilitando la erosión de los mismos. Estos impactos son sinérgicos y acumulativos con las siguientes acciones: excavaciones, compactaciones y nivelaciones, manejo traslado y disposición de material sobrante, desviación del río, obstrucción de escurrimientos naturales, presencia de campamentos, tendido de cables eléctricos, dinamitado.

### **Fase de operación**

#### **34, 37 / az, ba, bb, bc. Presencia de la presa y uso recreativo / Vegetación**

Estos impactos negativos son de significancia media interactúan con los siguientes factores ambientales especies con estatus de conservación; especies con valor social y comercial y especies endémicas y restringidas; los criterios utilizados para su evaluación fueron los siguientes: en el sitio se distribuyen tres especies que se encuentran en la NOM-059, las cuales se verán con el proyecto, así como de especies de distribución restringida para Jalisco que en su mayoría son Leguminosas. Estos impactos tienen sinergia con dinamitado, tendido de cables, presencia del embalse, campamentos y el desvío del embalse.

Alrededor de 45 especies de árboles de la Selva Baja Caducifolia se verán afectadas por las actividades generales del proyecto, siendo el área de construcción donde se verá más reflejado esta perturbación, esto correspondería al 50 % del total de los árboles reportados para la zona. Lo interesante es que estas especies cuentan con una amplia distribución a lo largo de la barranca, donde este tipo de vegetación es predominante.

Se localizan algunas especies restringidas la mayoría de la familia Leguminosae. Todas ellas presentan una distribución regional (Jalisco, Nayarit, sur de Zacatecas); así como de las familias Julianaceae donde tenemos a *Amphypterygium molle*. Estos impactos son sinérgicos con: habilitación de caminos, llenado del vaso.

### **Medio Socioeconómico**

#### **Fase de construcción**

#### **1 - 33 / bo, bx, ch, ci. Todas las obras de la fase de Construcción / Crecimiento demográfico, Inversiones, patrones de consumo y de uso de tiempo**

El incremento en el crecimiento demográfico, es un factor importante ya que en las últimas décadas la región ha presentado un moderado crecimiento y en el municipio de Hostotipaquillo se presenta un decrecimiento poblacional en términos absolutos, otras variables que tendrán impactos positivos son los patrones de consumo y uso del tiempo de los habitantes de la región. El impacto de inversión se presenta en la etapa de construcción, es a la vez un impacto positivo de significancia media directo e indirecto, este último de más largo plazo y mayor impacto regional, ya que crea opciones de negocio tanto en Hostotipaquillo como en Magdalena, presentando acumulación en las vías de comunicación y en crecimiento de demanda regional con sinergia en efecto múltiple.

El crecimiento demográfico es resultado de la presencia de los trabajadores (etapa de construcción), las secuelas a largo plazo son bajas y serán más notorias en la cabecera municipal de Hostotipaquillo. Por lo tanto se tendrá acumulación en la migración y sinergia en la creación de nuevos negocios y oportunidades de empleo.

**1 - 33 / bz, cd, ce, cg. Actividades de la construcción / pérdida de espacio habitable, servicios públicos, vivienda y patrimonio cultural**

Para la pérdida de espacio la población local esta dispuesta a aceptar soluciones como reforestación, reubicación y programas de cuidado de fauna. En cuanto a la vivienda se debe tomar en cuenta que entre más cercano este el campamento de Hostotipaquillo, más fuerte es el impacto en el nivel de renta. La calidad del campamento deberá ser coherente con la demanda generada. Se debe tomar en cuenta que la cobertura de servicios en la cabecera de Hostotipaquillo es imposible ampliar, especialmente el agua potable, drenaje y tratamiento de aguas, El incremento sustancial de la población en el corto plazo impactará la demanda de educación, vivienda y servicios públicos. Estos impactos negativos de significancia media son temporales; acumulativos con el crecimiento de la población, y el cambio de uso de suelo; sinérgicos con aumento de valor de suelo y vivienda y la presión por servicios públicos además cambian con las características de los trabajadores que llegan.

**15, 29 / br. Campamentos y consumo de aguas / Salud**

La mitigación debe tomar en cuenta la cantidad de población, género, edades y condiciones de vida de la región; además que no es posible ampliar los servicios. Sería pertinente que se creará un comité municipal de salud con cooperación de la empresa (CFE). Impactos negativos de significancia media.

**1 - 15, 18 - 28 / cc. Las actividades de la construcción / Educación**

En este impacto se debe poner énfasis en la calidad de los servicios educativos más que su ampliación, mostrando acumulación con el crecimiento de la población y sinergia en la demanda de servicios públicos. Impactos negativos de significancia media.

**14 – 33 / cq. Actividades de la construcción / Conflictos ambientales**

Los conflictos pudieran cambiar dependiendo de las estrategias de manejo y comunicación con la comunidad. Es acumulable con el uso de materiales peligrosos, cambio de uso de suelo, destrucción del paisaje y sinérgico con el cambio de relaciones sociales y cambios en la propiedad. Impactos negativos de significancia media.

**27 / cv. Levantamiento de la cortina / Seguridad e integridad física**

El riesgo en la construcción de la cortina es alto dado a los métodos o procedimientos utilizados para las actividades del soldado y el colado. Este impacto es sinérgico con aguas residuales. Es un impacto negativo de significancia media.

***Fase de operación***

**37 / bx. Baja calidad del agua de tributarios ( Río Santiago) y potencial riesgo a la salud humana, bioacumulación y consumo de pescado**

Pobladores locales pescan especies como mojarra, tilapia en el Río Santiago para consumo y comercialización en Tequila y otros centros urbanos. Según reportes locales, la demanda de pescado se ha incrementado y representa una actividad atractiva ante las bajas posibilidades agrícolas de los suelos de las zonas de alto relieve relativo (poblados de Sayulimita o Mesa de Flores, por ejemplo).

La generación de un cuerpo léntico favorecería la caída en los niveles de oxígeno disuelto debido a la magnitud de la eutrofización, el perfil de extinción de la luz y las condiciones anóxicas del hipolimnion. Estos factores podrían ser suficiente para impedir el desarrollo de especies de peces comercializables en los niveles más profundos del embalse. Sólo en el epilimnion – a escasa profundidad- podrá considerarse la posibilidad de productividad biológica dentro de la presa y es donde se concentrarían especies que resisten calidades del agua inferiores como ser carpa, lobina, mojarra, tilapia.

En caso de que logren desarrollarse especies de peces resistentes a una calidad del agua pobre en el epilimnion de la Presa de La Yesca, dado que los peces estarán expuestos a niveles elevados de contaminación,<sup>16</sup> cabe la posibilidad de que la ingesta de dichos peces por seres humanos resulte en efectos adversos para su salud, ya sea por efectos crónicos o agudos.

Si bien los muestreos efectuados para el PHLY durante dos estaciones no registraron la presencia significativa de compuestos orgánicos persistentes,<sup>17</sup> cianuros, arsénicos o metales pesados,<sup>18</sup> no puede asegurarse que no habrá descargas industriales o agrícolas sobre el embalse de la Presa de La Yesca que puedan traer tales contaminantes al epilimnion de la presa.

Asimismo, para otros parámetros tóxicos en cantidades elevadas (como los nitratos), cabe hacer estimaciones de la concentración esperada en la carne de los peces, a fin de determinar si podrían ser adecuados o no para su consumo humano. Las estimaciones se hace a partir de:

$$C_p \approx (BCF)C_w$$

donde  $C_p$  es la concentración másica de contaminante en el pez (miligramos de contaminante por miligramos de carne), BCF es un factor adimensional de bioconcentración, y  $C_w$  es la concentración másica de contaminante en el agua (miligramos de contaminantes por miligramos de agua).

Los valores de BCF son particulares para cada especie de pez, y existen varios disponibles en la literatura (Chapra, S.C., 1997) para distintos compuestos orgánicos. Como guía, Asante-Duah, K. (1993) considera que:

Sustancias potencialmente bioacumulativas:  $BCF > 1$ .

Sustancias significativamente bioacumulativas:  $BCF > 100$ .

Así, las sustancias con un factor de bioconcentración mayor a la unidad para una determinada especie de pez, pueden acumularse en la grasa y carne de dicho animal.

Ante el escenario de aumento de la actividad pesquera y mayor calidad y densidad de datos de calidad del agua debe desarrollarse como proyecto futuro un análisis de riesgos a la salud humana por la exposición a sustancias tóxicas en la carne de los peces de la Presa de La Yesca.

<sup>16</sup> Por contaminación, en este caso se entiende ya sea la presencia de especies químicas nocivas, o bien, algas microscópicas tóxicas parte del plancton.

<sup>17</sup> Como 2,4-D, aldrin, benceno, clordano, dieldrin, epóxido de heptacloro, etil-benceno, fenoles, heptacloro, hexaclorobenceno, lindano, metoxicloro, tolueno, trihalometanos o xileno.

<sup>18</sup> Como cadmio, cromo, mercurio o plomo.



Este escenario de bioacumulación podría ser actual, aún sin proyecto. Representa un impacto potencialmente relevante y negativo de significancia media que no está solamente relacionado con el proyecto y que requiere de un estudio específico para establecer cuantitativamente el riesgo asociado.

**37 - 39, 42 - 48 / by. Uso recreativo; regulación del caudal; generación, transporte y disposición de residuos; consumo de agua y presencia de subestaciones eléctricas / Turismo**

Una buena planeación de actividades turísticas considerando el Plan de manejo de la presa. Este impacto es acumulativo con la regulación del caudal, funcionamiento de turbina, generación de aguas residuales y sinérgico con aguas residuales. Este es un impacto negativo de significancia media.

**47 / bx. Campamentos. Existencia de población flotante y actividades consumidoras de agua.**

Aumento de demanda de agua para consumo humano. Competencia por recursos hídricos subterráneos en Mesa de Flores. Reemplazo de manantiales de agua de baja calidad como fuente de abastecimiento

En la zona de Mesa de Flores, Paso La Yesca y otras rancherías cercanas, la población actual se abastece de agua desde afloramientos de cuerpos de agua subterránea influenciados por sistemas hidrotermales. Los manantiales presentan gastos estimados menores a 1 l/s. Este escaso manantialismo está asociado a zonas de fracturamiento mayor o bajos topográficos. Por otra parte, el agua de los manantiales se encuentra naturalmente contaminada por los sistemas hidrotermales.<sup>19</sup>

De esta forma, la presencia de zonas de alteración hidrotermal en las rocas de la zona de estudio limitan el aprovechamiento futuro del agua de los manantiales para consumo humano. Los resultados de los análisis del laboratorio de las muestras tomadas en campo registran la presencia de metales de origen natural pero que generan riesgo importante a la salud humana por ingestas.

El aumento de población flotante relacionada con servicios hacia el campamento y el área de construcción del Proyecto Hidroeléctrico en Mesa de Flores, (además de la población temporal en tránsito) aumentaría la demanda de agua para consumo humano. Las aguas del Río Santiago tienen baja calidad para el uso humano, a pesar de ser accesibles y permanentes.

Así, además del Río Bolaños, otras fuentes de agua para consumo humano en la futura construcción del proyecto deberían ser caracterizadas como alternativa a los manantiales presentes en la zona.<sup>20</sup> Para satisfacer esta demanda adicional (y mejorar el pobre servicio urbano de distribución actual) sería necesario mejorar la captación y distribución del recurso, de esta forma además se generaría un impacto positivo indirecto al beneficiar a la población actual.

Los acuíferos existentes (confinados y semiconfinados) se encuentran alojados en medio fracturado de rocas de más de 14 millones de años de la Sierra Madre Occidental. Acuífero frágil y de potencial limitado de nivel estático profundo,

<sup>19</sup> Sistemas que se han explotado históricamente para la extracción de minerales metalíferos

<sup>20</sup> Preliminarmente, y sin completar consideraciones de tipo legal o administrativas, se identificaron acuíferos en valles cercanos y las aguas de buena calidad del Río Bolaños

(mayor a 150 m) con un gradiente hidráulico en dirección del río Santiago subparalelo al relieve topográfico. Estos acuíferos no han sido explotados en las unidades ambientales definidas.

De esta forma, se identificaron dos valles cercanos a Mesa de Flores con características preliminarmente apropiadas para alojar acuíferos de recarga local de precipitaciones y sin contacto con zonas de alteración hidrotermal (ver figura en el apartado Geología de la Línea de Base), con gastos pronosticados de hasta 10 l/s.<sup>21</sup> Asimismo, es probable que algunos de los manantiales que no quedarán inundados pudieran aprovecharse para algunas actividades básicas que no impliquen ingesta de agua, por ejemplo para aseo personal. Ahora bien, si en la etapa de construcción se aprovecharan estos manantiales, aunque el gasto de estos manantiales es poco, el desvío de sus aguas podría generar afectaciones significativas para la fauna y vegetación dependiente de estos afloramientos. Sin embargo no se identificaron especies endémicas en esta zona y la mayor parte de estos manantiales quedarían inundados por el futuro embalse.

En definitiva, la presencia del personal temporal en la etapa de construcción (alrededor de 5 000 personas) en la zona de Mesa de Flores requerirá una nueva fuente de abastecimiento de agua para bebida y otros usos humanos. El acceso a agua desde de nuevas fuentes de mejor calidad se considera como impacto positivo hacia la población local.

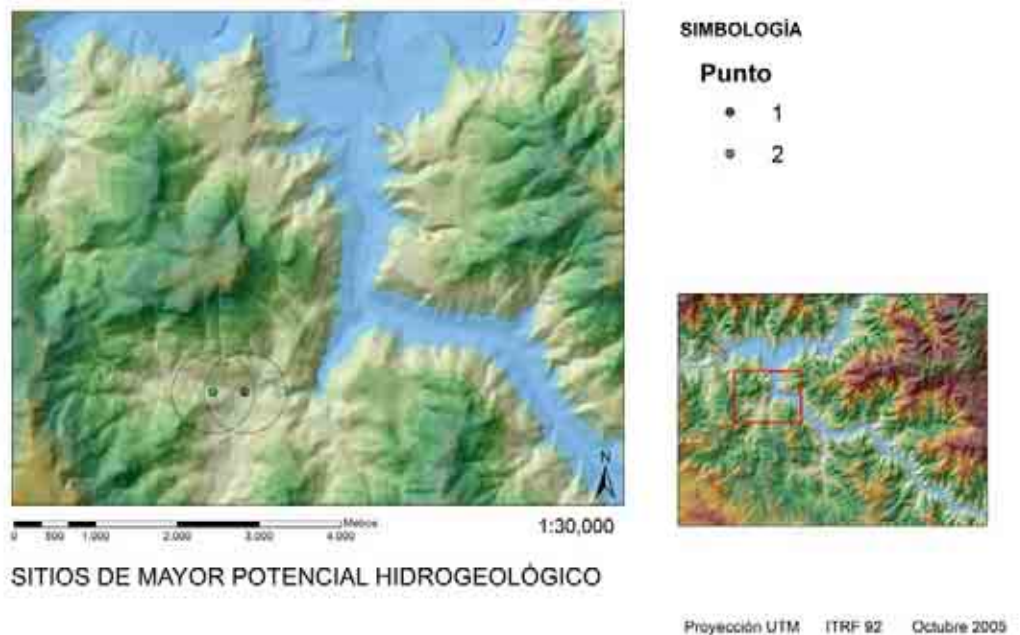


Figura 1. Sitios de mayor potencial hidrogeológico.

A su vez, el uso intensivo para abastecimiento de agua de acuíferos locales puede generar su sobre explotación temporal durante la fase de construcción del proyecto, mismo que representaría un impacto negativo temporal relevante y mitigable de significancia media.

<sup>21</sup> La cuantificación de potenciales caudales y calidad, se deben basar en un estudio hidrogeológico específico

Al mismo tiempo, el reemplazo de manantiales con agua de baja calidad, la instalación y mantenimiento de infraestructura remanente para su aprovechamiento, tratamiento del agua y distribución posterior –etapas de operación y abandono- genera un impacto positivo, relevante y a largo plazo para la población local futura.

#### **V.4.3.3 Significancia baja**

##### **Medio Físico**

##### **Fase de construcción**

#### **1 - 7, 9, 11,12, 14, 15, 18 - 20, 25, 26, 29, 30 / a, b, c, e, f. Actividades en la etapa de construcción / Temperatura. Humedad relativa. Evaporación. Radiación solar. Albedo**

Otras acciones llevadas a cabo en esta etapa que fueron determinados como impactos negativos de significancia baja son las excavaciones, compactaciones y nivelaciones, el manejo, traslado y disposición de los materiales, los dragados, la desviación del río, la obstrucción de escurrimientos naturales, la habilitación de caminos, el tendido de cables eléctricos, el dinamitado; las excavaciones, la relocalización de población, tienen afectaciones con el clima en relación a la temperatura, humedad relativa y evaporación, todo esto trae consigo cambios en el albedo de superficie, y por ende cambios en el balance radiactivo y térmico del ambiente local, así como en la humedad relativa y la evaporación.

#### **3 - 6, 8, 9, 11, 14, 15, 18, 19, 23, 26, 27, 28, 32, 33 / i, j, k, l, m, n, o, q . Actividades en la etapa de construcción / PM10. gases de invernadero. CO, SOx, NOx, hidrocarburos, Compuestos orgánicos volátiles, PST.**

Los impactos negativos identificados de significancia baja son la emisión de gases por la maquinaria utilizada para la realización de las diferentes actividades propuestas para esta etapa, proviene principalmente de los equipos de combustión que utilizan diesel o gasolina y de las estaciones de almacenamiento y suministro. Cabe hacer mención que estas actividades son de carácter temporal y reversible (dejarán de emitirse gases una vez que concluya esta actividad). Se considera de alta intensidad por las emisiones no controladas que pudieran presentarse, por lo que se proponen medidas de mitigación.

Los vehículos que circulan por las terracerías causan la resuspensión de partículas en época de secas, lo que eventualmente representa un problema potencial de concentración por partículas suspendidas. Otra fuente de emisión de partículas y gases son los incendios forestales que eventualmente se presentan en época de secas, además de la resuspensión de partículas por efecto de la erosión eólica. Por otra parte, también los vehículos que circulan por las terracerías emiten gases de combustión por el consumo de combustible, como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre e hidrocarburos. Las emisiones de contaminantes son dispersas y eventuales, lo que da lugar a que las concentraciones de tales contaminantes presenten variaciones en el tiempo y se vean reducidas al dispersarse en la atmósfera.

#### **3 / s. Excavaciones, compactaciones y nivelaciones / Sismos inducidos**

Las excavaciones implican generar sismicidad inducida de baja magnitud, pero que pueden acelerar otros procesos como el movimiento de masas. Estos

efectos pueden ser mitigables si las excavaciones son diseñadas de tal manera que los taludes o pendientes permanezcan estables, presentando acumulación con desprendimientos y sinergia en el bloqueo de caminos. Impacto negativo de significancia baja.

### **3 / t. Excavaciones, compactaciones y nivelaciones / Asentamientos**

Las excavaciones implican remover material, lo que genera un desequilibrio de fuerzas en las masas de roca provocando un asentamiento y por lo tanto un relajamiento. Estos efectos que pueden ser mitigables si las excavaciones son diseñadas de tal manera que los taludes o pendientes permanezcan estables, este impacto negativo es de significancia baja con acumulación en desprendimientos.

### **3 / v. Excavaciones, compactaciones y nivelaciones / Erosión de sedimentos y roca**

Al efectuarse una excavación la roca queda expuesta a un conjunto de procesos (agentes erosionales) por medio del cual las rocas son disgregadas o disueltas y transportadas de un lugar a otro, y que pueden llegar a debilitar una masa de roca provocando algún asentamiento. Por lo tanto este impacto negativo es de significancia baja presentando acumulación con los asentamientos.

### **5 / s. Cortes / Sismos inducidos**

Los cortes que hace generalmente el hombre pueden permanecer durante más de 50 años sin presentar dificultades, luego repentinamente se colapsan. Cualquier terreno al ser excavado o cortado sufre modificaciones estructurales, siendo sometido a esfuerzos distintos a los que estaba sujeto en su estado natural de reposo, y dependiendo del tipo de corte, son las alteraciones que sufre en su estabilidad, generando un Movimiento de Masas, por lo que se requiere un tratamiento de la roca para la estabilidad de taludes en los cortes de las estructuras que conforman el PH La Yesca, consisten básicamente en: soporte a base de anclaje, drenaje y protección con concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada, este impacto es negativo de significancia baja con acumulación en los asentamientos.

### **5 / t. Cortes / Asentamientos**

Los cortes implican remover material, lo que genera un desequilibrio de fuerzas en las masas de roca provocando un asentamiento y por lo tanto un relajamiento. Estos efectos que pueden ser mitigables si los cortes son diseñadas de tal manera que los taludes o pendientes permanezcan estables, este impacto es negativo de significancia baja.

### **5 / w. Cortes / Depositación de sedimentos**

Al efectuarse los cortes de roca queda expuesta a un conjunto de procesos de depósito sedimentario por medio del cual las rocas se somete a una serie de esfuerzos que pueden ocasionar un movimientos de masas. Efectos que pueden ser mitigables si los cortes son diseñados de tal manera que los taludes o pendientes permanezcan estables. Este impacto es negativo de significancia baja.

#### **11 / t. Desviación del río / Asentamientos**

La desviación del río implica la excavación de túneles en roca. Al efectuarse una excavación la roca queda expuesta a un conjunto de procesos (agentes erosionales) por medio del cual las rocas son disgregadas o disueltas y transportadas de un lugar a otro. Y que pueden llegar a debilitar una masa de roca provocando algún asentamiento. Este impacto es negativo con significancia baja. Estos efectos que pueden ser mitigables si las excavaciones son diseñadas de tal manera que los taludes o pendientes permanezcan estables, con sinergia en avalanchas de rocas.

#### **11 / u. Desviación del río / Deslaves**

La obra de desvió implica la construcción de túneles, remover masas de roca, para darle salida a grandes capacidades de descarga, motivo por el cual existe una interacción agua – roca. Si las pendientes no se encuentran estables existe la probabilidad de un deslave. Este impacto negativo presenta significancia baja con acumulación en los desprendimientos.

#### **11 / w. Desviación del río / Deposición de sedimentos**

La desviación del río también implica la ocurrencia de depósito de sedimentos en las márgenes del mismo y la interacción agua - roca, puede provocar leves deslizamientos, de materiales no consolidados, con un impacto negativo insignificante, con sinergismo en la erosión de sedimentos y roca.

#### **11 / x. Desviación del río / Interacción agua-roca**

La desviación del río también implica la ocurrencia de movimiento de masas como son los flujos o los deslaves debido a la interacción agua - roca. Este es un impacto negativo de significancia baja.

#### **11 / y. Desviación del río / Desaprovechamiento de recursos naturales**

La desviación del río también implica la ocurrencia de depósito de sedimentos en las márgenes del mismo y la interacción agua - roca, puede provocar leves flujos de materiales no consolidados, con un impacto insignificante. Estos efectos pueden ser mitigables si las excavaciones para la desviación del río son diseñadas de tal manera que los taludes o pendientes permanezcan estables. Es un impacto negativo de significancia baja con acumulación en la interacción agua-roca y sinergia con erosión de sedimentos y roca.

#### **3, 5 ,18 / v. Obras y actividades de construcción de cortina/ erosión y redepositación de rocas y sedimentos**

Los principales impactos del proyecto estarán relacionados con la construcción de obras y las actividades de movimiento de suelos y cambio de pendientes en la zona de la cortina. De hecho el único impacto altamente significativo que se espera será el impacto visual de la construcción y presencia de los nuevos caminos. Sin embargo los caminos también traerán impactos medianamente significativos sobre la depositación de sedimentos ladera abajo, la cobertura de suelos y degradación de la vegetación, la remoción en masa puntual, la alteración de la red de drenaje y la erosión de suelos.

Todos los impactos mencionados en el párrafo anterior serán objeto de medidas de mitigación que permitirán la minimización de sus efectos negativos sobre el medio ambiente, las cuales se describen en el Capítulo 6.

El gran relieve relativo del área de estudio es el resultado de intensos procesos tectónicos y de una intensa erosión fluvial por el descenso paulatino del nivel de base local de erosión. Estos procesos conjuntados han generado un paisaje de valles profundos con laderas de pendientes elevadas – hasta verticales - labradas sobre rocas volcánicas ácidas y depósitos piroclásticos.

La combinación de geoformas de alto relieve relativo, frecuentes pendientes mayores a los 45 grados, y la existencia de cobertura de depósitos de talud resultantes de la meteorización física y química de las rocas aflorantes, resultan en un paisaje local vulnerable a los procesos de erosión, retransporte de sedimentos y remoción en masa.

En el área de influencia directa de la construcción de obras y las actividades de movimiento de suelos y cambio de pendientes en la zona de la cortina se pueden modificar los patrones locales de drenaje de la escorrentía superficial, disparar y favorecer el desarrollo de procesos de erosión y retransporte de bloques y sedimentos ladera abajo, e iniciar procesos de remoción en masa en pequeña escala.

Se han identificado fenómenos descritos como caída de roca,<sup>22</sup> deslizamientos, y asentamientos. Las caídas de rocas pueden ser disparadas durante las obras constructivas desde afloramientos de rocas meteorizados físicamente, con estructura paralela a la pendiente o en pendientes negativas pronunciadas. Los deslizamientos pueden dispararse por cambios en la estabilidad de pendientes y saturación del contacto sedimento/roca. Cuando el volumen involucrado en un proceso de remoción en masa afecta el entorno local, puede incluso haber indicamiento de cursos de agua de primer o segundo orden y alteración de manantiales.

A su vez los deslizamientos y caídas de rocas pueden generar afectaciones graves a las obras, a los caminos y a la red de drenaje local, tales como obstrucción o bien, pueden depositarse sobre el camino mismo destruyendo una parte de éste. Los flujos de pequeña escala se pueden generar a partir de los depósitos de material excavado y redepositado cuando se saturan con posterioridad a precipitaciones intensas.

Los procesos de erosión y remoción en masa se registran de forma natural en el área de estudio, disparados eventualmente por sismos o tormentas excepcionales. Estos procesos producen modificaciones puntuales en el paisaje. Indirectamente se producen también alteraciones lineares por la generación de depósitos sedimentarios activos que se redepositan ladera abajo de las zonas de arranque. La migración de estos depósitos por gravedad y variable participación del agua, altera la estabilidad de la pendiente y tiene efectos negativos sobre la cobertura vegetal ladera abajo.

---

<sup>22</sup> el tipo caída de rocas por socavamiento basal se presenta en casos en que un material friable que soporta a un material más consolidado, se erosiona y la roca suprayacente pierde estabilidad

La construcción de obras y las actividades de movimiento de suelos y cambio de pendientes en la zona de la cortina propicia el desarrollo de zonas de arranque de procesos de tipo lineal y en red. Los impactos ambientales derivados son locales y con posibilidad de mitigarlos.<sup>23</sup> Los efectos de estas obras sobre el paisaje y los recursos visuales son negativos y relevantes de significancia baja y media; de muy largo plazo, intensos, permanentes y reversibles (a largo plazo).

**25 / s, v, aa. Dinamitado / Sismos inducidos. Erosión de sedimentos. Desprendimientos**

Los siguientes impactos negativos son de significancia baja. El dinamitado puede acelerar procesos de movimiento de masas inestables como son los desprendimientos de bloques. Dado las masas y los volúmenes de rocas no se prevé, un impacto significativo.

Para realizar excavaciones, cortes y desvío del cauce del río son actividades que en ocasiones requieren del uso de dinamita lo que implica la probabilidad de generar sismos inducidos y/o fracturamiento de roca o reactivación de una falla, cualquiera que sea el caso es posible acelerar el movimiento de masas (deslizamiento, desprendimiento, avalanchas de rocas). Con acumulación en los desprendimientos y deslizamientos y sinergia con las avalanchas de rocas.

La extracción de roca en los bancos de material la expone a los agentes erosivos, razón por lo cuál la roca puede sufrir cambios en su estado de esfuerzos y generar una inestabilidad en su estado de reposo generándose un movimiento de masas (desprendimiento, deslizamiento, etc.), pero sin impacto significativo.

**28 / s, t, v, aa. Levantamiento de la cortina / Sismos inducidos. Asentamientos. Erosión de sedimentos y rocas. Otros**

El movimiento de extracción de áridos implica la probabilidad de generar sismos inducidos y/o fracturamiento de roca, cualquiera que sea el caso es posible acelerar el movimiento de masas (deslizamiento, desprendimiento, avalanchas de rocas), pero sin impactos negativos significativos. Con acumulación en desprendimientos.

La extracción de roca en los bancos de material, implica dejar a la roca expuesta a los agentes erosivos, razón por lo cuál la roca puede sufrir cambios en su estado de esfuerzos y generar una inestabilidad en su estado de reposo generándose asentamientos, pero con un impacto insignificante.

La extracción de áridos, expone a la roca a los procesos erosivos, generando un desgaste y debilitamientos, en las fuerzas que la mantienen en un estado de reposo.

Los impactos antes mencionados son negativos con significancia baja.

**33 / u, v, x, n. Llenado del vaso / Deslaves. Erosión de sedimentos y roca. Interacción agua-roca. Flujos**

El llenado del vaso implica la ocurrencia de la interacción agua - roca. En las rocas suaves hay un movimiento gradual de material por la pendiente, y es más

<sup>23</sup> las medidas de mitigación son descritas en los capítulos siguientes de esta MIA.

rápido cuando el terreno está mojado, de ahí que se presenten corrientes de lodo que se desplazan a gran velocidad, generando un deslave, pero sin impacto significativo. Con acumulación en la interacción agua-roca y sinergia con flujos y deslizamientos.

El llenado del vaso puede generar erosión en las masas de roca de las laderas, provocando deslaves o desprendimientos si las masas de rocas no están estables. Sin impacto significativo sobre el proyecto. sinergia con flujos y deslizamientos

El llenado del vaso implica la interacción agua - roca, esto puede ocasionar desprendimientos, flujos o deslaves si la roca si se encuentra inestable. Considerado como un impacto significativo bajo para el proyecto. Acumulación en la erosión de sedimentos y roca y sinergia Desprendimientos, Flujos y deslizamientos.

Los impactos antes mencionados son negativos con significancia baja.

**2, 4, 6, 11, 14, 16, 21, 26, 27, 30, 33 / ac, ad, ae, af. Actividades en la etapa de construcción / Capacidad de suelos. Desertificación. Actividad biológica del suelo. Contaminación de suelo**

Otras de las actividades llevadas a cabo en esta etapa son impactos negativos de significancia baja, las cuales corren el riesgo de modificar la actividad biológica, la desertificación, la capacidad de los suelos y la contaminación de estos principalmente.

La construcción de campamentos implica riesgo de erosión y pérdida de la capacidad de los suelos, además del riesgo de contaminación por basuras domésticas y aguas residuales. Implica control de la erosión y un programa de mitigación para residuos sólidos y líquidos domésticos, con acumulación en la capacidad de los suelos y erosión y sinergia con los riesgos a la salud. Este impacto negativo es de significancia baja y media con el factor de contaminación de suelos.

Por otro lado los materiales dragados deberán tener un sitio de confinamiento y de ser necesario, un sistema de tratamiento para evitar contaminación del sitio de confinamiento y las áreas aledañas, esta actividad presenta acumulación con la erosión del suelo y la contaminación.

La expropiación de tierras conlleva al probable uso diferente al de las clases de potencialidad agrológica, por lo que se afecta directamente la capacidad de los suelos. Con respecto a la vegetación cercana al cauce y zona de inundación, el llenado del vaso eliminará a ésta; afectando la capacidad de los suelos y la actividad biológica de éstos.

Todos lo impactos mencionados anteriormente son negativos de significancia baja.

**1 - 5, 8, 14, 18, 26 / au, av. Actividades de la etapa de construcción / Calidad visual. Visibilidad**

Los cambios escénicos que generará el proyecto con relación a la calidad visual y a la visibilidad están asociados a los desmontes y despalmes, manejo, traslado y



disposición de material de desmonte, excavaciones, compactaciones y nivelaciones, cortes, construcción de campamentos, habilitación de caminos, pavimentación y excavaciones que se ejecutan durante la etapa de construcción de la presa y obras de generación, estos impactos negativos presentan un valor significancia baja, ya que el potencial de población que puede apreciar estos nuevos escenarios es mínima.

La única acción relevante que está fuera del área que se ha denominado como de afectación, es la habilitación de los caminos de acceso. Sin embargo, estas obras no tendrán repercusiones relevantes ya que se trata de la adecuación de vías ya existentes, por lo que no significará la modificación sustancial del paisaje. Simplemente en algunos se acentuará el contraste del suelo desnudo producto de las adecuaciones a los caminos para permitir el tránsito de vehículos pesados.

### ***Fase de operación***

#### **35 / c. Derivación de agua / Aumento de la evapotranspiración desde el embalse. Pérdidas acumulativas de agua en la cuenca hidrológica por evaporación y cambios en ecosistemas litorales**

La presencia de biomasa acuática sobre la superficie de cuerpos de agua lénticos tiende a aumentar significativamente las pérdidas por evapotranspiración en la unidad ambiental debido a la exposición solar de una mayor superficie de agua por unidad de área. La condición de evapotranspiración se ve favorecida por la presencia de malezas acuáticas como el lirio y también por las condiciones climatológicas, principalmente en las zonas donde el embalse tiene más área superficial. Esta evapotranspiración adicional hasta puede duplicar el valor de la evaporación.

La extensa cobertura esperada de algas cianofitas y algunas plantas macrofitas en la superficie del embalse seguramente elevarán el flujo de vapor de agua hacia el aire mediante el mecanismo de evapotranspiración. Esta pérdida de agua constituirá la principal salida del líquido del embalse, pues la cubierta rocosa limitará la exfiltración, y las descargas / extracciones programadas de la presa serán mínimas. Dado que la evapotranspiración permitirá la salida de líquido, pero no de nutrientes o demás contaminantes, y dado que el Río Santiago aporta grandes cantidades de nutrientes y contaminantes en forma continua, esta combinación de efectos traerán por resultado la acumulación sostenida de nutrientes, materia orgánica y otros contaminantes dentro del vaso de la presa. Las condiciones de eutroficación serán cada vez más propicias para incrementar la magnitud de este fenómeno.

De esta manera, la presencia del embalse favorecerá la evapotranspiración de agua durante el llenado del embalse y operación. Si bien el volumen estimado de pérdida de agua para el embalse del PH La Yesca no es relevante a nivel de regional de cuenca hidrológica del Río Grande de Santiago (CRGS), sería un impacto negativo de significancia baja y acumulativo por la presencia de otras presas.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Presas construidas y en planeación. Entre ellas el PH Aguamilpa, PH El Cajón, PH Santa Rosa y los proyectos de las presas de Arcediano y de Zapotillo

Esta pérdida acumulativa de volumen de agua en la cuenca puede ser considerada un impacto indirecto negativo relevante, con alto grado de incertidumbre. Se requiere desarrollar un estudio de impacto acumulativo de las presas 'en cascada' a nivel de cuenca para cuantificar el proceso y los potenciales impactos aguas abajo.

**34, 35, 41 / i, j, k, l, m, n, o, p, q. Presencia de la presa / Derivación de Agua. Trafico relacionado a la operación a la presa. PM10. gases de invernadero. CO, SOx, NOx, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles, PST**

Durante esta fase los únicos impactos determinados son negativos y de significancia baja, los cuales tienen que ver con el incremento del tráfico ocasionado por la operación de la presa, por lo tanto este impacto como se mencionó anteriormente es de carácter temporal y reversible (dejarán de emitirse gases y partículas una vez que concluya esta actividad).

**34 / j. Presencia de la presa / Disminución de la calidad del agua y generación de gases efecto invernadero - metano y dióxido de carbono - por aumento de la eutrofización**

Dada la profundidad esperada y el estado hipertrófico de la presa, así como la acumulación de sedimentos debido al cambio de sistema lótico a léntico en el embalse, y la cantidad de vegetación que quedará sumergida cuando se llene el vaso de la presa, es de esperar que el fondo de la presa se encuentre en condiciones anaeróbicas, propiciándose la generación de metano. Por otra parte, para la vegetación que se encuentre sumergida donde sí haya oxígeno disuelto en el agua (es decir, en la superficie), es de esperarse que la materia orgánica se oxide por la acción bacteriana hasta llegar a dióxido de carbono (suponiendo que la materia orgánica sea biodegradable). Este impacto es negativo de significancia baja.

Tanto el metano como el dióxido de carbono son considerados gases de invernadero<sup>25</sup>, es decir, gases que contribuyen al fenómeno del calentamiento global, o calentamiento de la atmósfera. Salvo su contribución al efecto invernadero, el dióxido de carbono se considera relativamente inocuo desde el punto de vista ambiental, e incluso favorece el desarrollo de vegetación dentro ciertos límites. No obstante, el metano, al ser un hidrocarburo, es un contaminante atmosférico y no asimilable fácilmente por la naturaleza tras su generación.

Por otra parte, la emisión de estos gases de invernadero hacia la atmósfera es un fenómeno de superficie potenciado en toda el área del espejo de agua de la presa. Para estimar la generación de metano, se realizó una estimación de la cantidad de biomasa vegetal que quedará sumergida en el embalse, así como los niveles de oxígeno disuelto en el embalse y hacer así un balance estequiométrico de la biomasa vegetal que será oxidada a dióxido de carbono y la que será reducida a metano.<sup>26</sup>

Los resultados de los cálculos realizados estiman que el factor de generación de metano puede alcanzar valores aproximados a 2 050 kg/ha por año y a casi 4 000 kg/ha por año en el caso de dióxido de carbono; aunque estos resultados no

<sup>25</sup> En teoría, cualquier gas con tres o más átomos en su molécula (como es el caso del metano y del dióxido de carbono), tienen potencial para contribuir al efecto invernadero.  
<sup>26</sup> Ver la información específica en el apartado *Generación de Gases de Invernadero: Metano y Dióxido de Carbono* como parte del diagnóstico ambiental

pueden interpretarse como un resultado definitivo, sino que constituyen únicamente una aproximación para el dimensionamiento del problema.<sup>27</sup>

Si bien el volumen de generación de gases de efecto invernadero para el embalse del PH La Yesca no es relevante a nivel de regional de cuenca hidrológica del Río Grande de Santiago (CRGS), sería significativo como impacto acumulativo por la presencia de otras presas que reciben caudales de similar calidad de agua y tienen grados variables de eutroficación.<sup>28</sup>

**34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 48, 49, 50 / ab, ac, ad, ae, af. Actividades de etapa de operación / Erosión. Capacidad de suelos. Desertificación. Actividad biológica del suelo. Contaminación de suelos. Inundaciones**

Todas las acciones y operaciones de esta etapa, presentan un riesgo de deterioro, por lo que se requiere de medidas de mitigación con cambios menores al proyecto como son: mantenimiento de obras por conservación del suelo y del agua, control de la contaminación por basuras, aguas residuales, etc. Los impactos que se presentan son negativos de significancia baja.

**47 / as. Consumo de agua / Nivel freático**

Considerando el aumento poblacional en la cabecera municipal de Hostotipaquillo al comenzar las obras de construcción del PH La Yesca, se pronostica una mayor competencia por los recursos hídricos. Este es un impacto negativo de significancia baja, presenta acumulación con una mayor disponibilidad de agua para consumo humano, calidad de agua subterránea y con la interacción agua roca no alterada.

**47 / as, at. Existencia de población flotante y en tránsito/ Aumento de demanda de agua para consumo humano. Competencia por recursos hídricos subterráneos en Hostotipaquillo**

La existencia de las obras de construcción en la zona de cortina y de campamentos y talleres en Mesa de Flores, generará una mayor demanda de servicios en la zona urbana más cercana, la cabecera municipal de Hostotipaquillo. Con el incremento de servicios y de población flotante en Hostotipaquillo al comenzar las obras de construcción del PH La Yesca, se pronostica una mayor competencia por los recursos hídricos al incrementarse la demanda de consumo de agua. El abastecimiento actual del agua en este municipio es limitado debido a que sólo se tienen como fuente de abastecimiento del recurso algunos manantiales aledaños<sup>29</sup>, sin embargo, esta población consume importantes volúmenes de agua en abrevaderos y en riego de sus sembradíos y no existe un sistema de medición de agua, misma que se distribuye en contenedores o por una red parcial y en mal estado. Así, el caudal actual de abastecimiento de agua en esta cabecera municipal (aproximadamente 8 l/s) resulta insuficiente. El aumento de la demanda puede generar un abastecimiento selectivo a determinados sectores de la población que más pueden pagar por el recurso o que tiene facilidades para su transporte. Este impacto es negativo y de significancia baja con relevancia media.

<sup>27</sup> Para simular confiablemente la generación de metano, es necesario plantear un modelo cinético incorporando el proceso de diagénesis de los sedimentos, por lo que a su vez es necesario desarrollar un modelo que contemple la acumulación de sedimentos debido a las condiciones hidráulicas del embalse, y la demanda de oxígeno de los sedimentos, siendo en su conjunto un tema avanzado en la modelación (Chapra, S.C., 1997).

<sup>28</sup> Presas construidas y en planeación. Entre ellas el PH Aguamilpa, PH El Cajón, y PH Santa Rosa.

<sup>29</sup> En la tabla IX del capítulo IV se muestran los resultados de los análisis y aproximaciones de flujo de los manantiales de la cabecera municipal de Hostotipaquillo.

Sin embargo, existe la posibilidad de mejorar el abastecimiento de agua a la cabecera municipal desde fuentes de agua subterránea locales. De acuerdo a la información de campo, existe un pozo ubicado en las cercanías de la cabecera de Hostotipaquillo, precisamente localizado al inicio de la desviación hacia este poblado en la carretera a Magdalena. Este pozo, identificado con el nombre de Tequesquite, actualmente no es aprovechado a su máxima capacidad (alrededor de 30 l/s) debido a la falta de infraestructura para conducir el agua hasta la cisterna de distribución urbana.

De esta forma, el pozo tiene un gasto suficiente y buena calidad para el abastecimiento de la población actual y futura temporal. Las medidas estructurales de mitigación se basan en el desarrollo de estudios hidrogeológicos para localizar nuevos abastecimientos, y la instalación de línea de conducción y bombeo y una cisterna de mayor capacidad. Los estudios y cualquier instalación de infraestructura sanitaria representarían un impacto positivo y relevante en el escenario actual y futuro de recurso y sociedad.

#### **48, 49 / au. Presencia de subestaciones e infraestructura de conexión eléctrica**

La presencia de subestaciones eléctricas y de estructura de conexiones eléctricas son impactos de significancia baja, debido a que las actividades son acumulativas y solo tendrán impacto negativo medio cuando pasen los visitantes y tengan observación directa hacia el área de la cortina, estas actividades no tienen medidas de mitigación y son permanentes con el funcionamiento del proyecto.

Paisajísticamente, el valor visual se deteriora por la presencia de estas estructuras e infraestructura, con efecto en turismo y potencial económico.

#### ***Medio Biótico***

##### ***Fase de construcción***

#### **2, 3, 4, 11, 13, 20 / az, ba, bb, bc. Manejo de materiales / Vegetación**

Las actividades de manejo y traslado de materiales; las excavaciones, compactaciones y nivelaciones; la desviación del río; el establecimiento y operación de talleres y el tendido de cables eléctricos; contra los factores: especies con estatus de conservación; especies con valor social y comercial y especies endémicas y restringidas; estos impactos negativos resultan de significancia baja porque no hay acumulación ni sinergia con actividades a realizar se afectaran solo por las siguientes acciones: en el sitio se distribuyen *Mastichodendron capiri* y *Tabebuia palmeri*, esta última muy escasa en el área de estudio; se encuentran especies silvestres con utilidad alimenticia como es el caso de los pitayos, ciruelos y guamúchiles; se localizan algunas especies restringidas la mayoría de la familia Leguminosae. Todas ellas presentan una distribución regional (Jalisco, Nayarit, Sur de Zacatecas); así como de las familias Julianaceae donde tenemos a *Amphypterygium molle*. Estos impactos son sinérgicos con: construcción de campamentos, habilitación de caminos, llenado del vaso.

Una de las consecuencias de la construcción y la inundación del área es la reducción de la superficie arbolada tanto de la Selva Baja Caducifolia y en algunas porciones de las cañadas que se encuentran por debajo de la cota de los 600 msnm, donde se presenta la Vegetación Riparia de *Enterolobium* y *Ficus spp.*

### **33 / bm. Llenado del embalse / especies con valor comercial**

El llenado del embalse puede favorecer a ciertas especies con valor social y/o comercial. Tal es el caso de los peces, entre ellos el bagre, la carpa, la tilapia y la lobina, las cuales se prevé incrementen sus poblaciones una vez llenado el vaso. Estas especies representan un fuente importante de alimento para pobladores en la zona. Así mismo, pobladores de localidades aledañas a la presa pueden verse también beneficiados en este mismo sentido. La presencia de estas especies en números más altos puede propiciar el establecimiento de una pesquería formal. Este impacto es positivo de significancia baja, no es acumulativo ni sinérgico con ninguna actividad.

### **1, 7, 12, 15, 16, 17, 22, 24, 32, 33 / be, bf, bg, bh, bi, bj, bk, bl. Llenado del embalse, presencia de campamentos y generación de residuos / Fauna**

Estos impactos negativos son de significancia baja, se reunieron por ser de la misma magnitud y deberse a las mismas actividades, los factores a afectar en este apartado son: Peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos, crustáceos y moluscos, especies con estatus de conservación y especies con valor social y comercial; los factores interactúan con las siguientes actividades, desmontes y despalmes; obstrucción de escurrimientos naturales; rellenos en cuerpos de agua y zonas inundables; generación de aguas residuales domésticas; generación y disposición de residuos; consumo de materiales peligrosos y el llenado del embalse; la evaluación de estos factores va de acuerdo a las siguientes observaciones; la incorporación de aguas residuales potencialmente contaminadas, puede conducir a la desaparición de peces en forma local. A esto se debe agregar el hecho de que el consumo de materiales peligrosos y su posible derrame por un mal manejo, puede ocasionar la contaminación de cuerpos de agua y su consecuente impacto en las poblaciones de fauna acuática; la presencia de campamentos y su consecuente generación de residuos y una mala disposición de los mismos ocasiona que ciertas aves se presenten en esos lugares, utilizándolos ocasionalmente como fuentes de subsidios de alimento. Se ha documentado la estrecha relación que se presente entre zopilotes, cuervos y otras aves y este tipo de condiciones.

### **4, 11, 14, 15, 18, 20 y 28 / az, ba, bb, bc. Extracción y Manejo de materiales, desviación del río, campamentos, caminos y tendido de cables eléctricos / Vegetación**

Estos impactos negativos son de significancia baja, fueron tomados en cuenta e incluyen los mismos factores anteriores especies con estatus de conservación; especies con valor social y comercial; etc. La afectación a estos factores ambientales se dará durante la etapa de construcción por las siguientes acciones: manejo, traslado y disposición de los materiales excavados, desviación del río, construcción y presencia de campamentos, habilitación de caminos, tendido de cables y la extracción de áridos, los impactos no tienen sinergias altas ni acumulaciones pero si se afectaran a especies silvestres con utilidad mayormente alimenticia como es el caso de los pitayos, ciruelos y guamúchiles, los cuales se verán afectados por el desarrollo del proyecto.

**1, 27 / bf, bg, bi, bj, bk, bl. Desmontes y despalmes y Levantamiento de la cortina / Fauna**

Estos impactos negativos son de significancia baja, afectaran a los factores: anfibios, reptiles, mamíferos, crustáceos y moluscos acuáticos, especies con estatus de conservación, endémicas y restringidas interactuados con las siguientes actividades, desmontes y despalmes y el levantamiento de la cortina. El levantamiento de la cortina puede conducir a la separación de poblaciones, y con ello al posible flujo genético entre poblaciones de peces, anfibios, mamíferos, así como de especies con estatus o endémicas presentes en el lugar. Ello puede ser compensado con el establecimiento de sitios que funciones como corredores biológicos, lo que permita interconectar el sitio aguas arriba y aguas abajo. La evaluación de estos factores nos arrojo valores bajos debido a que no tiene sinergias fuertes ni acumulaciones tan marcadas.

Se observó que en peces solamente dos especies están incluidas en la NOM-SEMARNAT-059-2001, ocho de reptiles, dos especies de aves y tres especies de mamíferos. Respecto a endemismos, no se registraron para peces, cinco especies de reptiles, cuatro especies de aves y cinco de mamíferos.

Selva Baja Caducifolia resultó ser el tipo de vegetación que mayor número de especies alberga, siendo éste también el tipo de vegetación que mayor extensión ocupa en el área de estudio, con cerca de un 80%. Finalmente, la zona de Inundación mostró un menor número de especies respecto a la zona de influencia, observándose que especies endémicas y/o con estatus de conservación se presentan en ambas zonas.

***Fase de Operación***

**34 / be, bf, bh, bi, bm. Presencia de la presa / Fauna**

Las interacciones son las siguientes: La presencia de la presa con los factores: peces, anfibios, aves, mamíferos y especies de valor social y comercial. El llenado de la presa puede favorecer a ciertas especies, por ejemplo en peces, se prevé que incrementen sus poblaciones una vez llenado el vaso, que representan una fuente importante de alimento para pobladores en la zona, además la presencia de estas especies en números más altos puede propiciar el establecimiento de pesquería formal; los hábitat que se generaran a través de la presencia del embalse, son regularmente utilizados por un número importante de aves acuáticas, entre ellas algunas del género Anas. Ciertas especies pueden utilizar estos sitios como puntos de paso o bien establecer poblaciones de forma residente.

De igual manera la presencia del embalse con una profundidad considerable, prevé el asentamiento de elementos contaminantes en el fondo del mismo, lo que eventualmente permitirá que la capa superficial de agua se mantenga en buenas condiciones, ello puede propiciar, en el mediano plazo, el establecimiento de especies como la nutria. Ejemplo de ello puede observarse en la presa de Aguamilpa. Este impacto negativo es de significancia baja.

**43, 44 y 46 / be, bf, bm. Generación y disposición de residuos / Fauna**

Este impacto negativo es de significancia baja. Los factores a afectar son Peces, anfibios y especies con valor social y comercial; con las siguientes actividades; generación de aguas residuales; y la generación y disposición de residuos; La

evaluación de estos factores va de acuerdo a las siguientes observaciones; la incorporación de aguas residuales potencialmente contaminadas, puede conducir a la desaparición de peces en forma local, su mal manejo, puede ocasionar la contaminación de cuerpos de agua y su consecuente impacto en las poblaciones de fauna acuática; la presencia de campamentos y su consecuente generación de residuos y una mala disposición de los mismos ocasiona que ciertas aves se presenten en esos lugares, utilizándolos ocasionalmente como fuentes de subsidios de alimento. Se ha documentado la estrecha relación que se presente entre zopilotes, cuervos y otras aves y este tipo de condiciones.

### **Medio Socioeconómico**

#### **Fase de construcción**

#### **18, 19 / ck, ci. Habilitación de caminos y pavimentación / Sistema urbano y vial**

Este impacto positivo de significancia baja, mejora el funcionamiento del mercado regional y las decisiones de ubicación de la población, estos impactos son acumulativos con el cambio de uso de suelo y el crecimiento demográfico y sinérgicos con: incremento en la actividad económica.

#### **13/ cw. Establecimiento y operación de talleres / Otros**

Es un impacto negativo de significancia baja, los riesgos que se presentan en este punto, van encaminados a la seguridad ambiental, dado que con la presencia de los talleres se generaran residuos que podrán afectar al subsuelo provocando daños al medio ambiente.

De acuerdo a la ley federal del trabajo las condiciones laborales deben estar determinadas por tiempo y obra por lo cual los trabajos a realizar dentro de este proyecto pueden estar sujetos en términos de ley a este tipo de contratos con lo cual los efectos son puntuales. La seguridad tienen relevancia importante en el seguimiento de la salud de los trabajadores. Por lo tanto debemos de mantener especial cuidado en el manejo, almacenamiento de sustancias especiales o consideradas peligrosas en los proyectos alternos, el manejo de los residuos peligrosos y todos aquellos proyectos asociados que conlleven a completar la operación de la construcción de dicha obra.

#### **16, 27 / br. Generación de aguas residuales y levantamiento de la cortina / Salud**

Estos impactos negativos son de significancia baja, la mitigación debe tomar en cuenta la cantidad de población, género, edades y condiciones de vida de la región; además que no es posible ampliar los servicios. Este impacto es acumulativo con el crecimiento de la población y el incremento de la población; y sinérgico con el riesgo de trabajo y la presión de servicios públicos.

#### **1 - 33 / bw. Actividades de la construcción / Costo de vida**

El costo de vida de la región incrementará debido a que la región tendrá que importar de otras regiones alimentos y servicios que requerirá la población de la región y la que vendrá a incorporarse al mercado de trabajo producto del proyecto, presentando sinergias con la demanda de vivienda, presión sobre servicios públicos, cambio de uso de suelo, este es un impacto asociado a todas las etapas de la construcción. Se deberá asegurar canales de distribución que

permitan abaratar los costos especialmente en los puntos de concentración de trabajadores, así como ofrecer oportunidades de empleo local a mujeres y personas mayores de 40 años. Este impacto es negativo de significancia baja.

#### **1 - 33 / cl, cm. Actividades de la construcción / sistema vial y propiedad de la tierra**

El sistema vial será utilizado intensamente durante la etapa de construcción y en menor proporción en la etapa de operación del proyecto. La construcción del proyecto impactará de manera sustancial la propiedad de la tierra, este impacto fue considerado como el más importante y clave para que no haya obstáculos sociales para la ejecución del proyecto; los posesionarios de los terrenos que se encuentran dentro del área de embalse tiene una fuerte preocupación por saber como se indemnizará y quien esta sujeto a esta acción además de poca disposición a aceptar indemnizaciones bajas<sup>30</sup>. Es acumulativo con el cambio de uso de suelo, nuevas actividades económicas y conflictos sociales y sinérgico con, nuevas actividades económicas. Aunado a este impacto anterior se identificaron dos impactos más que están relacionados y son los conflictos sociales y ambientales que pueden cambiar dependiendo de estrategias de manejo y comunicación con la comunidad. Este impacto es negativo de significancia baja.

#### **14 - 33 / cp, cr. Actividades de la construcción / Conflictos sociales y cambios en aspectos religiosos**

Otros impactos negativos de significancia baja es el sistema vial y propiedad de la tierra, el sistema vial es de bajo nivel regional pero puede generar problemas severos en puntos específicos, como Paso La Yesca, San Pedro Analco y el ingreso a la cabecera municipal de La Yesca, Nay., puede cambiar dependiendo de estrategias de manejo y comunicación con la comunidad; se debe informar oportunamente a la población sobre decisiones relacionadas con indemnización y otras oportunidades disponibles; además de partir de la suposición de que todas las actividades que implican migración y crecimiento demográfico abren oportunidades de cambio de religión y tensión social. Estos impactos son acumulativos con el crecimiento de la población, riesgos a la salud y desintegración social y sinérgicos con el cambio en relaciones sociales, incremento de segregación.

#### **1, 11, 25 / ct. Desmontes y despalmes, Desviación del río y dinamitado. Sistema auditivo**

El impacto negativo de significancia media y baja, es causado por la maquinaria utilizada para los desmontes y despalmes, por lo cual se recomienda utilizar el equipo de protección personal, así como respetar los límites permisibles en la normatividad; los riesgos en esta etapa son provocados por el uso de los explosivos para realizar los túneles de desvío y la detonación de los explosivos causara un nivel alto de ruido generando riesgos al sistema auditivo del personal, estos impactos son acumulativos con el sistema respiratorio y la integridad física.

---

<sup>30</sup> Dichos resultados fueron los mas relevantes realizados en los talleres de participación ciudadana, los cuales se llevaron a cabo en Hostotipaquillo y Tequila, esto se puede observar a mayor detalle en el anexo correspondiente del capítulo ocho.



**1, 11, 25, 26 / cu. Desmontes y despalmes, Desviación del río, dinamitado y Excavaciones / Sistema respiratorio**

El impacto negativo de significancia media y baja, es causado por la maquinaria utilizada para los desmontes y despalmes, se verá reflejado en problemas respiratorios para el personal que laborará en esta acción dado que los polvos generados serán muy finos, siendo superiores a 10 micras, por lo cual se recomienda utilizar el equipo de protección personal; los riesgos en esta etapa son provocados por el uso de los explosivos, esto dado que con la detonación se levantarán polvos los cuales pueden acarrear enfermedades al sistema respiratorio de los trabajadores, estos impactos son acumulativos con el sistema respiratorio y la integridad física.

**2, 4, 5, 11, 20, 22, 23, 25, 26, 28 / cv. Manejo de materiales, Desviación del río, Tendido de cables eléctricos, Generación, transporte y disposición de residuos, dinamitado y extracción de áridos / Seguridad e integridad física**

Este impacto es negativo de significancia baja, Los riesgos que se pueden presentar, se relacionan con el traslado y carga del transporte; los riesgos que se presentan en los cortes, puede ser la caída de rocas o material geológico que pueden provocar algún daño a la integridad física de los trabajadores y a otros elementos ambientales como a la fauna del sitio y vegetación; para el alto riesgo de peligrosidad que tiene el tendido de cables eléctricos, se pretende tener especial cuidado tanto en el uso del equipo de protección personal para trabajadores, así como los procedimientos para la protección de fauna silvestre; debido al uso de combustibles, aceites y demás en los talleres y a la presencia de mas de 5 000 personas en la etapa de la construcción, se generarán residuos que podrán ser peligrosos y No peligrosos por lo cual se debe de tener un programa para su recolección y confinamiento final; el transporte de los residuos se tendrá que realizar conforme a las normas: NOM-002-SCT/2003 "Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados."

**Fase de operación**

**34 / bt. Presencia de la presa en operación / Empleo**

Este impacto beneficia el corredor ubicado entre el sitio y la cabecera municipal de Hostotipaquillo, es acumulativo con la rehabilitación de caminos y sinérgico con la operación de nuevos negocios. Por lo tanto es un impacto positivo de significancia baja.

**34 - 37,41-42, 50 / bv. Presencia de la presa, uso recreativo, navegación, acciones de mantenimiento y el trafico y presencia del personal operativo / Ingresos de los trabajadores**

Estos impactos positivos de significancia baja mejoraran la calidad de vida de las personas, relacionadas con los ingresos de los trabajadores, este impacto beneficia el corredor ubicado entre el sitio y la cabecera municipal de Hostotipaquillo. El efecto coyuntural se puede aprovechar para diversificar y crear fuerza de trabajo calificada.

### **34 - 50 / bx. Presencia de la presa / Inversión**

Una vez en funcionamiento el proyecto generará ingresos, este impacto beneficia el corredor ubicado entre el sitio y la cabecera municipal de Hostotipaquillo. El efecto coyuntural se puede aprovechar para diversificar y crear fuerza de trabajo calificada. Es importante señalar que se tendrá opciones para nuevos negocios, presentando relación con la inversión. Este impacto es positivo de significancia baja.

### **35 - 37 / cl. Uso recreativo, Navegación, y Regulación del caudal / Sistema vial**

Este impacto considerando que sea factible la navegación en las aguas de la presa, y así habrá comunidades que cortaran el tiempo de traslado y comunicación entre ellas. Este impacto es acumulativo con la mejora de vías de comunicación.

Las actividades en el factor de turismo pueden tener impactos positivos de significancia baja, presenta acumulación en las vías de comunicación, y sinergias con la presencia del embalse, sin embargo es importante señalar que se tendrá opciones para nuevos negocios, presentando relación con la inversión.

### **34 - 36, 40 - 41, 49 - 50 / by. Presencia de la presa / Turismo y Pesca**

Estos son impactos positivos de significancia baja. La generación de un cuerpo de agua léntico de gran volumen y área superficial aumentará la posibilidad de transporte fluvial, principalmente para habitantes de comunidades rurales cercanas a las márgenes del embalse en el fondo del valle del Río Santiago (e.g., Sayulimita, Mesa de Flores). En la actualidad, el caudal contaminado del Río Santiago presenta una gran variación diaria y hasta horaria – por depender de las descargas de la presa de Santa Rosa- limitando el desarrollo de la vida acuática y generando un elevado riesgo para la salud y la vida de pobladores locales que interaccionan con el Río.<sup>31</sup>

En un escenario en el que el nivel del agua alcance una mayor profundidad y estabilidad en el embalse, amortiguando las variaciones diarias y haciéndolas estacionales, la proximidad a dichas poblaciones favorecerá la movilidad y la actual actividad de pesca para comunidades en marginación geográfica y escasas fuentes de ingreso.

En general los impactos positivos identificados impulsarán una sustancial mejora en la calidad de vida de la región.

La gran mayoría de los impactos positivos de significancia baja se localizan en la etapa de operación y están relacionados con los ingresos de los trabajadores y con inversiones, ya que una vez en funcionamiento generarán ingresos, este impacto beneficia el corredor ubicado entre el sitio y la cabecera municipal de Hostotipaquillo. El efecto coyuntural se puede aprovechar para diversificar y crear fuerza de trabajo calificada. Las actividades en el rango de turismo pueden tener impactos positivos y negativos, presenta acumulación en las vías de comunicación, y sinergias con la presencia del embalse, sin embargo es importante señalar que se tendrá opciones para nuevos negocios, presentando relación con la inversión.

<sup>31</sup> Pobladores de comunidades vecinas reportan accidentes mortales por crecidas inesperadas y las dificultades de cruce y navegación en estiaje por las variaciones horarias de caudal.

**36 / bx, by. Aumento en la navegabilidad y pesca / Inversión. Turismo**

La generación de un cuerpo de agua léntico de gran volumen y área superficial aumentará la posibilidad de transporte fluvial, principalmente para habitantes de comunidades rurales cercanas a las márgenes del embalse en el fondo del valle del Río Santiago (e.g., Sayulimita, Mesa de Flores). Las posibilidades de pesca y apreciación del paisaje desde medios de transporte fluvial, propiciará nuevas actividades turísticas locales. Este impacto es relevante y positivo de significancia baja.

## **V.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS AFECTACIONES A LA ESTRUCTURA Y FUNCIONES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.**

### **V.5.1 CONSTRUCCIÓN DEL ESCENARIO MODIFICADO POR EL PROYECTO.**

A partir de la información que ha sido recabada y los resultados obtenidos a través de su análisis, interpretación y estudio se han podido obtener diversos escenarios y panoramas futuros los cuales se ven generados a partir de la presencia del proyecto dentro de la zona. La modificación de todas las variables que actúan sobre los factores ambientales por la presencia del proyecto es significativa, no solo por la inundación del vaso, sino por los eventos relacionados con este que alterarán la zona de manera definitiva y permitirán establecer la línea que defina un proyecto acompañado de un desarrollo armónico y sustentable.

Como ya se mencionó los escenarios futuros han sido divididos en lapsos de tiempos durante los cuales se prevé se harán patentes los impactos o las modificaciones a la variables ambientales detectadas en los diversos apartados de este estudio. En el caso de tener el proyecto presente los lapsos siguen siendo los mismos, corto (de 1 a 5 años), mediano (de 6 a 10 años) y largo plazo (de 11 años en adelante).

Para una mayor agilidad en cuanto a la exposición de los escenarios se dividieron estos en los medios a los que pertenecen, siendo estos: medio físico, biótico y socioeconómico. Además es importante recordar la interrelación que existe entre los factores pertenecientes a un mismo medio, lo cual hace doblemente útil esta separación que mostrará las evaluaciones de los escenarios a futuro con la presencia del proyecto.

#### **Medio físico**

##### **Hidrología**

Para la construcción de los escenarios futuros con proyecto, se utilizaron los datos recopilados en los estudios de línea de base, resultados del modelado en SIG de la posición del embalse, de la simulación de su eutroficación y la variación de los índices de calidad ambiental según las funciones de transformación definidos en capítulos anteriores.

En el caso del escenario modificado por el proyecto los principales procesos que alterarán al sistema ambiental serán:

- la modificación de los patrones de drenaje y erosión / depositación en la zona de obras principales de ingeniería civil durante la fase de construcción
  - a) remoción de la cobertura vegetal, modificaciones de pendientes, aumento potencial de la erosión y transporte de sedimentos y potencial carcavamiento puntual
  - b) modificación de depósitos sedimentarios del cauce, desvío de flujo y alteración de los patrones de transporte y migración

- el cambio de régimen lótico a léntico de los cuerpos de agua superficial (por la presencia previa del embalse del PH de El Cajón y la formación del embalse del PH La Yesca),
  - c) reducción de las variaciones diarias de caudal y disminución del riesgo de cruce y pesca en el Río Santiago
  - d) aumento de la accesibilidad a los sectores del territorio en la margen norte del Río
  - e) cambios en la ecología del paisaje
- el descenso inicial en la calidad del agua y el proceso de eutroficación del cuerpo léntico <sup>32</sup>
  - f) aumento en la evapotranspiración, anoxia, y opacidad del agua (menor calidad de aspecto)
  - g) aumento localizado en la generación de gases de efecto invernadero (GEI)
- mejora e implementación de transporte fluvial, recreativo y de pesca;
  - h) con potencial riesgo a la salud por efectos crónicos o agudos por ingesta de pescado con sustancias bioacumulativas <sup>33</sup>
- del mediano a largo plazo, inicio del proceso de atrapamiento de carbono y biomasa en el material sedimentario depositado en el fondo y en la cola del embalse (incluyendo residuos orgánicos de flora, fauna, plancton, y carga orgánica transportada por los ríos)

En la fase de construcción, los procesos descritos se concentrarán en la zona del territorio localizado entre Mesa de Flores y el área elegida para la construcción de la cortina (ver Plano Superficies para Obras e Infraestructura). Estos procesos se desarrollarán en un sistema hídrico modificado antrópicamente a partir de fines del 2006 por la presencia del embalse del PH El Cajón. La figura 2 ilustra la posición que tendría el embalse del PH El Cajón en su nivel de operación a partir de fines del año 2006 <sup>34</sup>.

<sup>32</sup> Por la coincidencia temporal y su influencia como factor externo, también se considera la entrada en funcionamiento de las plantas de tratamiento del agua residual (PTARs) de la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG), su impacto en la calidad del agua en el Río Santiago y en el sector bajo del Bolaños a inundarse

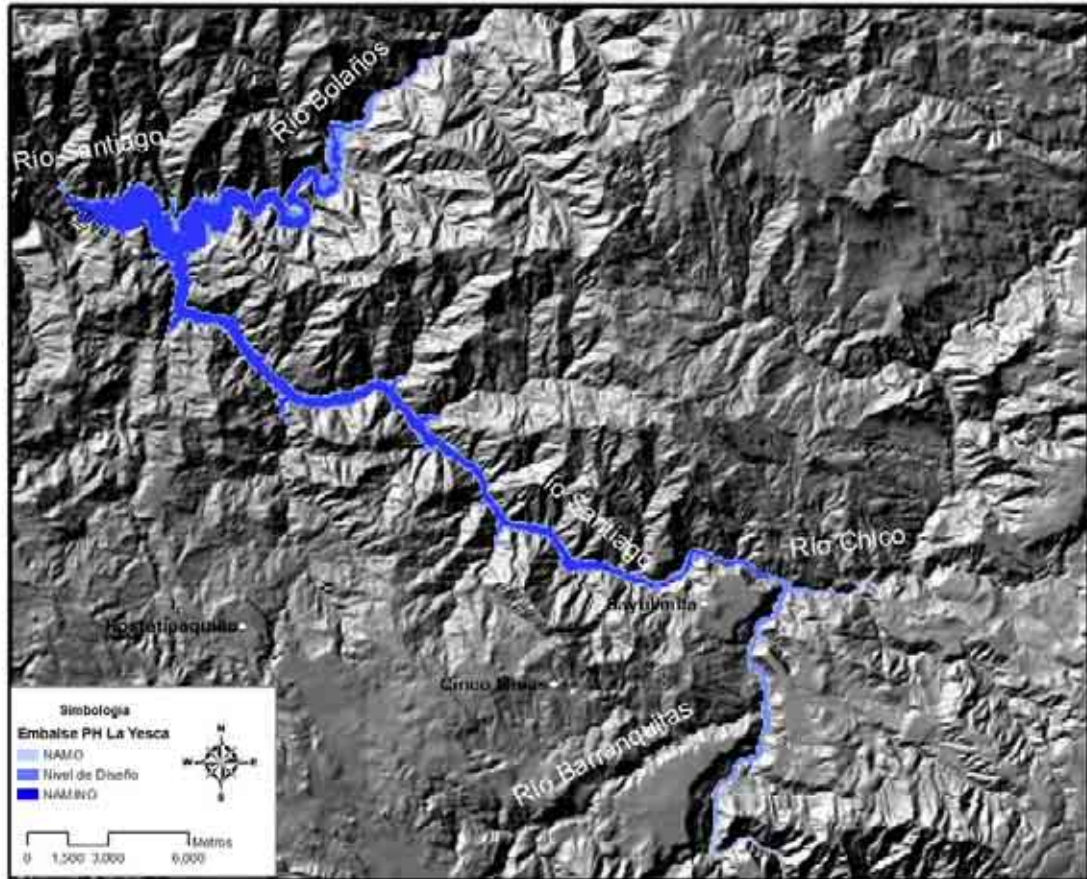
<sup>33</sup> Las muestras de agua obtenidas para este estudio no registraron presencia relevante de sustancias bioacumulativas, aunque no fueron específicamente obtenidas y analizadas para caracterizar el transporte y destino de estas sustancias de interés.

<sup>34</sup> Según el Programa de Obras de Inversión del Sector Eléctrico, en Octubre del 2005 el embalse del PH El Cajón alcanzará – al menos – su nivel mínimo de operación.



Figura 2. Posiciones relativas del embalse de El Cajón y cortina del PH La Yesca.

Las figuras siguientes indican la posición del embalse del PH La Yesca, que inundaría parcialmente la base de valle de los Ríos Santiago y Bolaños.



Generado a partir del Sistema de Información Geográfica de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional del P.H. La Yesca. CFE-UDG.

**Figura 3. Posición del embalse sobre el fondo de los valles de los ríos Bolaños, Santiago y Chico.**

Para caracterizar cuantitativamente los posibles cambios en la calidad del agua por la modificación de régimen lótico a régimen léntico en el fondo de los valles que se inundarían (figuras 2 a la 5), se desarrolló la simulación del cambio en la eutrofización del nuevo embalse. Los resultados indicaron que en el estado actual de descarga de aguas residuales las probabilidades de eutrofización del embalse artificial son muy altas, con profundidades de disponibilidad de oxígeno disuelto efectivo que no superan los dos metros.<sup>35</sup>

Este proceso de eutrofización sería atenuado con la entrada en funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs) planeadas para la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG) aunque existen incertidumbres sobre la calidad de las descargas de esas plantas en cuanto al contenido de nutrientes<sup>36</sup>.

<sup>35</sup> Los resultados de esta simulación, de todas maneras, tienen un margen de error elevado por la calidad de la información disponible y la ausencia de datos históricos (ver Modelado de Eutrofización en Capítulo VIII).

<sup>36</sup> Según los planes de gestión y construcción de la Comisión Estatal de Aguas de Jalisco (CEASJ), las principales PTARs tratarían más de 10,000 litros / seg y según la planeación del 2005 estarían en funcionamiento en el año 2008. Estas PTARs cumplirían con los parámetros de la norma NOM 001



Generado a partir del Sistema de Información Geográfica de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional del PH. La Yesca. CFE-UDG

Figura 4. Modelo de pendientes con embalse.

Las variables manejadas en la simulación son de mayor pertinencia para escenarios actuales y hasta escenarios futuros a 5 y 10 años. Los datos utilizados para la simulación representan el estado actual de la calidad del agua en el Río Santiago, incluyendo las descargas sin tratamiento de las aguas residuales de la ZCG. Como se describió anteriormente, los índices de calidad del agua tenderán a mejorar desde la entrada en operación de las PTARs de la ZCG.

Los resultados de la modelación se utilizaron también para retroalimentar el ingreso de datos para el desarrollo de los índices de calidad. Los resultados de los valores de los índices alimentados con parámetros resultantes de simulación y de la extrapolación de tendencias permiten comparar tendencias de cambio bajo las presiones y modificaciones *con proyecto* en los procesos de cambio actual. Los índices permiten visualizar e identificar de manera semicuantitativa la intensidad de dichos cambios.

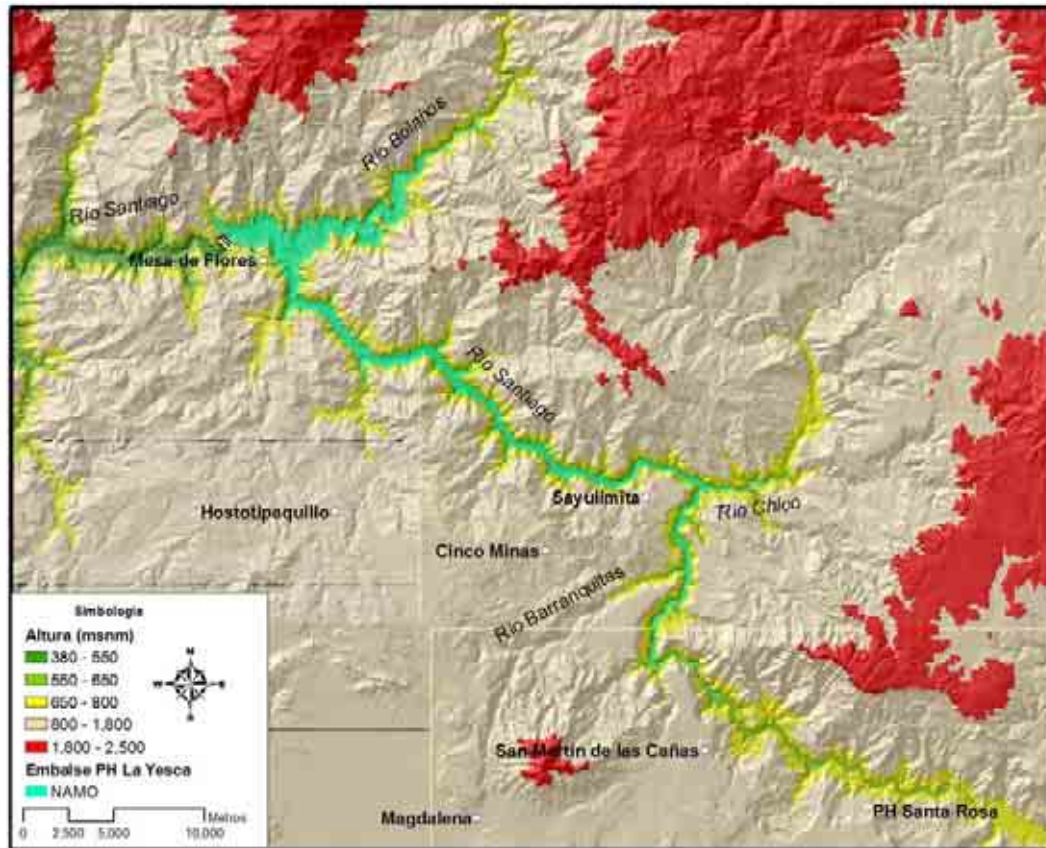
A continuación, y con base en los valores paramétricos incluidos para desarrollar

---

ECOL 1996 y no se propone la remoción general de nutrientes.



los índices, se describen los distintos escenarios esperados a futuro.



Generado a partir del Sistema de Información Geográfica de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional del PH La Yesca. CFE- UDG

Figura 5. Energía de relieve y posición estimada del embalse.

### Índices de Hidrología Superficial: Escenarios futuros con proyecto

En la determinación de los índices de calidad ambiental se han estimado parámetros de alimentación de las funciones de transformación, sobre el supuesto de que se establecerían estas condiciones más probables:

- Los efectos del funcionamiento integral del sistema de plantas de tratamiento de aguas residuales planeadas para la ZCG, será posterior al llenado del embalse del El Cajón (en el año 2006) y no tendrá un anticipo notable al llenado del embalse del PH La Yesca, por lo que se asumen pocos cambios en la calidad del flujo influente, en particular en el contenido de nutrientes,
- la calidad del agua disminuirá inicialmente en el embalse por el cambio de régimen lóxico a léntico, debido a la presencia del embalse de la presa. El proceso de eutroficación será importante, pudiendo el embalse artificial alcanzar grado de hipertrófico si no fueran efectivos los cambios en el contenido de nutrientes del Río Santiago (anexos capítulo V, modelado de eutroficación en el capítulo VIII).

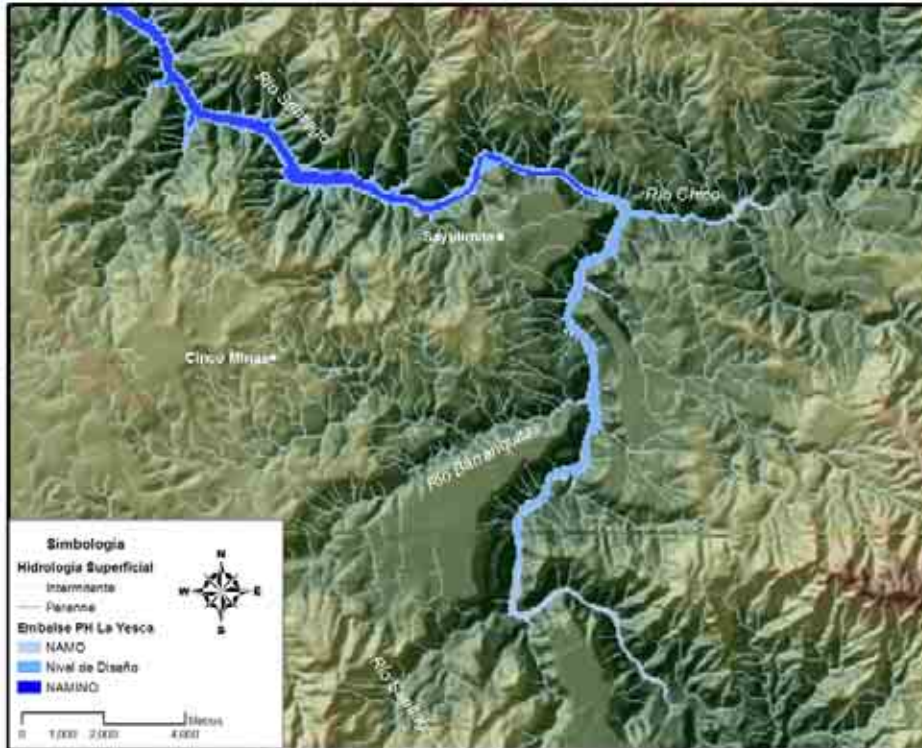


Figura 6. Variaciones de posición del embalse en el fondo del valle del Santiago.

### V.5.2 DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS PREVISTOS A DISTINTOS PLAZOS

- En el corto plazo (5 años), serán intensivos los procesos de cambio ambiental en la zona de la cortina por la presencia del embalse de El Cajón y la construcción de la obra civil, sin que el resto de las subunidades hidrológicas tengan una variación distinta a la proyectada sin la construcción de la presa. La hidrología del área de cortina sufrirá cambios significativos locales relacionados con la presencia de ataguías, la formación de cuerpos lénticos en temporadas de lluvias, túneles de desvío, y controles de velocidad de flujo. El resto de las zonas no variará respecto al escenario sin proyecto.
- En el mediano plazo (10 años), se asume lleno el embalse con un flujo influente de calidad mejorada por el funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de la ZCG, pero conteniendo nutrientes. La calidad del agua en el embalse disminuirá como resultado del proceso de eutrofización, y el grado de eutrofización dependerá de la efectividad en la remoción de nutrientes de los sistemas de PTARs en la cuenca propia del Santiago. En caso que el sistema de tratamiento sea poco efectivo en la remoción de nutrientes, podría llegar a alcanzarse un estado hipertrófico (anexo capítulo V , modelado de eutrofización en el capítulo VIII).
  - i) La disminución de calidad es más notoria en las subunidades hidrológicas que tienen un alto ICA sin proyecto, como son las cuencas bajas de los ríos Bolaños y Chico.
  - j) También iniciará una disminución del índice de hidrología superficial por la pérdida de agua por evaporación y evapotranspiración

- k) En las primeras etapas de la operación del embalse, se provocarán importantes procesos de generación de gases de efecto invernadero (GEI) relacionados con la eutroficación del embalse. En el mediano a largo plazo, inicia el proceso de entrapamiento de carbono y biomasa en el material sedimentario depositado en el fondo y en la cola del embalse (incluyendo residuos orgánicos de flora, fauna, plancton, y carga orgánica transportada por los ríos).

Este proceso de entrapamiento sería más relevante en la base del valle del Río Bolaños por el volumen de carga sedimentaria aportada al embalse, en contraste con el Río Santiago, donde la presa de Santa Rosa retiene gran parte de la carga sedimentaria.

- l) Las fluctuaciones en el nivel del embalse generarán una franja estéril en los laterales del embalse. En la cola del embalse en el Río Santiago la superficie de esta franja será mayor (ver figura HG 5) en áreas cubiertas por depósitos sedimentarios con potenciales contaminantes.
- m) La pesca y el transporte fluvial serán facilitados y potenciados, minimizándose los riesgos actuales que generan las fluctuaciones horarias de caudal en el Río Santiago.

Se asume que la mejora de la calidad del agua del río por la entrada en funcionamiento de PTARs efectivas en la cuenca del Santiago, podría minimizar el riesgo a la salud por ingesta de pescado con sustancias bioacumulativas.

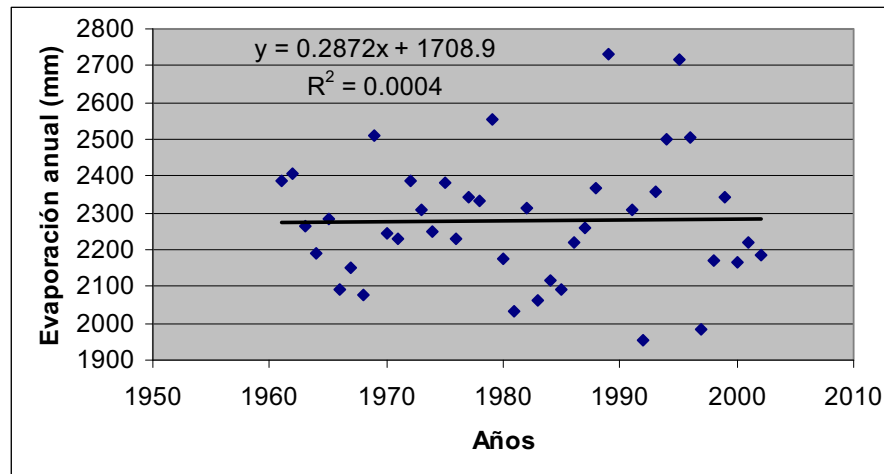
- En el largo plazo (15 años) considerando la posible existencia de la presa Arcediano, el flujo del agua del Río Santiago estaría regulado en la región de la ZCG por esta presa. Las pérdidas en el proceso de abastecimiento de agua para la ZCG de agua extraída del embalse de Arcediano se estiman en 20%, con un flujo ecológico mínimo y el principal aporte efectivo a la cuenca aguas abajo en la descarga del sistema de colección de aguas residuales y la PTAR de Agua Prieta.
- El proceso de eutroficación en el embalse del PH La Yesca será reducido por la mejora en la calidad del agua de las descargas de Guadalajara y la renovación de agua de baja calidad en el embalse de Santa Rosa. En temporada de lluvias, el proceso de sedimentación en la cola del embalse en el Río Santiago se acentuaría por mayores aportes de sedimentos desde esta presa.
  - n) Se espera la presencia de PTAR's en la región de Tequila, con la consiguiente mejora de la calidad del agua del Río Tequila.
  - o) Otros afluentes del Santiago, presentarían menor calidad relativa por descargas agroindustriales y urbanas y la ausencia de esquemas de reúso y tratamiento puntual; aunque este deterioro no impactaría de manera significativa la calidad del agua en el embalse.

Grupo de parámetros	ICA CON PROYECTO														
	SUA 1 (Zona de la cortina)			SUA 2 (Cuenca baja del Río Bolaños)			SUA 3 (Cuenca del río Santiago desde el río Chico al Bolaños)			SUA 4 (Cuenca baja del río Chico)			SUA 5 (Cuenca del Río Santiago desde el PH Santa Rosa hasta río Chico)		
	5 años	10 años	15 años	5 años	10 años	15 años	5 años	10 años	15 años	5 años	10 años	15 años	5 años	10 años	15 años
Calidad del Agua	0.72	0.75	0.79	0.95	0.80	0.87	0.72	0.70	0.77	0.97	0.78	0.81	0.73	0.75	0.80
Hidrología Superficial	0.92	0.88	0.87	0.97	0.96	0.96	0.95	0.90	0.89	1.00	0.95	0.90	0.88	0.89	0.88

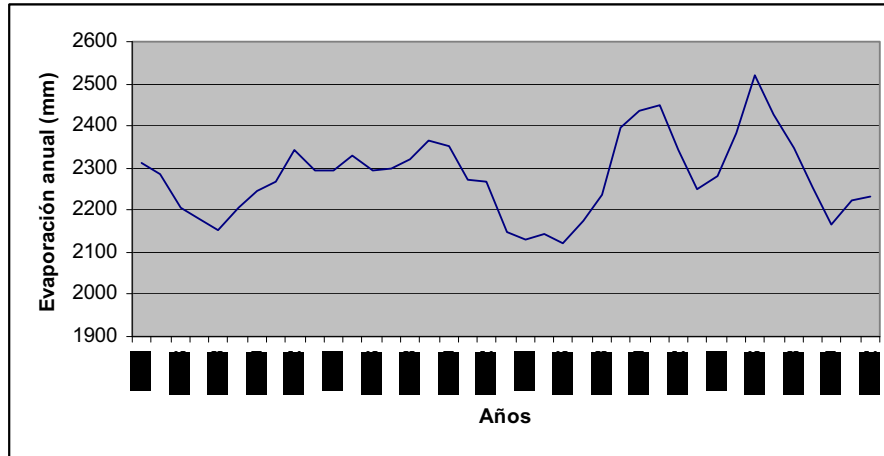
Nota: Las SUA se refieren a las Subunidades Ambientales de hidrología superficial definidas en el capítulo 4 de esta MIA

## Clima

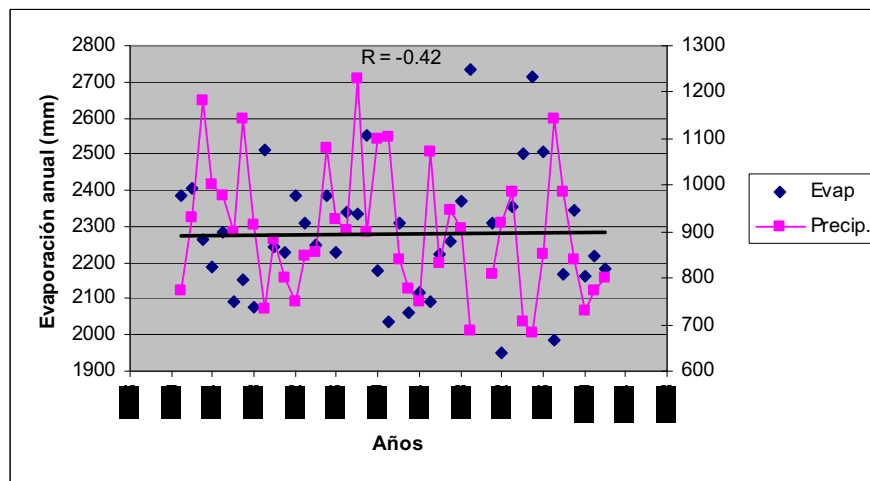
Para la elaboración de los escenarios climáticos futuros se procedió a identificar inicialmente tendencias en los patrones climáticos regionales. Con este fin se utilizaron datos de estaciones climatológicas cercanas al área de influencia del proyecto, sobre todo la estación de Santa Rosa, la cual está ubicada precisamente en las cercanías del vaso de la Presa de mismo nombre construida y operada por CFE. Primeramente se buscó identificar tendencias en una variable que se asume presentaría uno de los mayores impactos al establecer una presa (o cuerpo de agua), el cual es la evaporación. En la gráfica 1 se aprecia la relación entre tiempo y evaporación. Como puede observarse no existe aparentemente una relación entre el paso de los años y el valor de evaporación anual. Sin embargo al graficar medias móviles de evaporación para períodos de 4 años (gráfica 2), se pueden apreciar ciertas tendencias de esta variable en Santa Rosa. A su vez en la gráfica 2 existen aproximadamente dos períodos: uno que va e 1965 a 1980 y otro que va de 1981 a 1996, donde la evaporación anual muestra una tendencia a la alza; antes y después de estos períodos se presenta la tendencia opuesta, esto es una tendencia a la baja. Es de llamar la atención que el primer período de tendencia a la alta se inicia en 1965, justamente el primer año después del llenado del vaso, lo cual ocurrió en Septiembre de 1964. Esto podría señalar una posible influencia de la presa en el incremento de la evaporación en el área. Sin embargo, al parecer la evaporación no sólo está en función de la presencia de la presa, sino que depende también de otras variables, tal es el caso de la precipitación. En la gráfica 3 se aprecia la relación que guardan la evaporación anual y la precipitación anual en esta localidad. Como se ve existe un coeficiente de correlación de -0.42 el cual es significativo a un alfa de 0.05. Esto significa que la evaporación tiende a tener un mayor valor cuando la precipitación disminuye y viceversa.



Gráfica1. Relación entre la evaporación anual y tiempo (años) en la estación de Santa Rosa

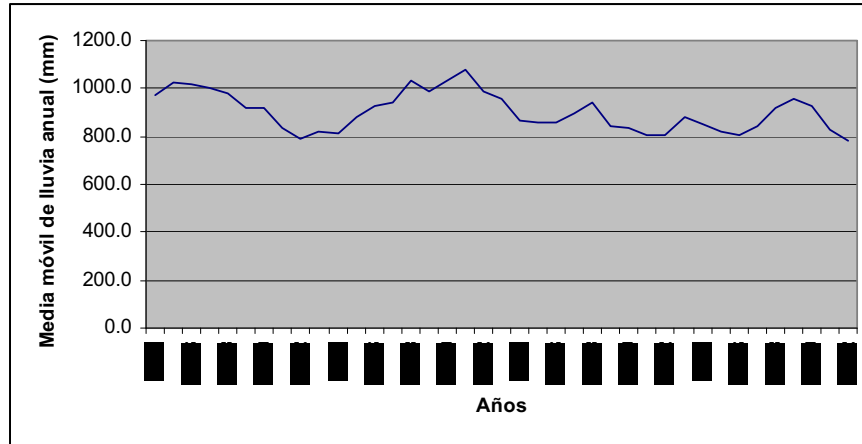


Gráfica 2. Media móvil (período de 4 años) de evaporación acumulada promedio anual para la localidad de Santa Rosa.



Gráfica 3. Relación entre la evaporación anual y precipitación anual en la estación de Santa Rosa.

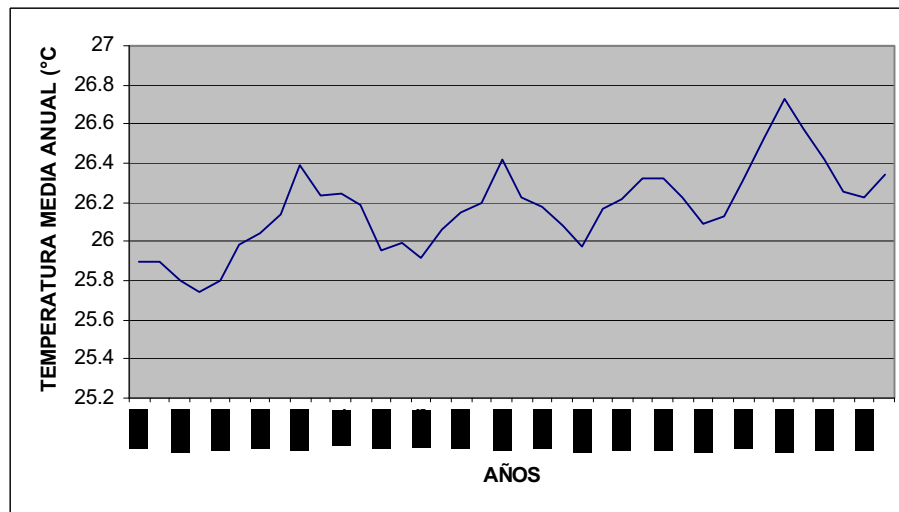
En la gráfica 4 se presentan las medias móviles de precipitación anual en Santa Rosa. Ahí se puede notar que los períodos de incremento de la evaporación (gráfica 2) coinciden también de manera aproximada con períodos a la baja en cuanto a precipitación (gráfica 4), por lo que no puede afirmarse de manera contundente que el incremento de la evaporación en su periodo inicial se debió sólo al llenado del vaso de la presa. No es posible separar los efectos que tiene la presencia de la presa sobre la evaporación, de los efectos que tienen sobre esta misma variable los patrones de circulación atmosférica y patrones climáticos regionales.



**Gráfica 4. Media móvil (período de 4 años) de precipitación acumulada promedio anual para la localidad de Santa Rosa.**

En la misma Figura 4, se aprecia una tendencia más o menos bien definida a la baja de la precipitación anual en Santa Rosa, lo cual seguramente ha afectado el cociente de precipitación anual/temperatura anual en la zona. Este índice es un indicador importante de la disponibilidad de agua para la producción de biomasa, y ha sido seleccionado también como índice de calidad ambiental en el estudio climatológico del proyecto.

En la Gráfica 5, se presentan las medias móviles de temperatura media anual en Santa Rosa. Como se puede ver, existen ciclos de alza y descenso de la temperatura, pero estos ciclos mantienen una tendencia general hacia la alza. Este patrón de comportamiento de la temperatura, al combinarse con las tendencias de precipitación da como resultado un cociente P/T que va a la baja, lo cual habla de una pérdida de calidad ambiental en este sentido.



**Gráfica 5. Media móvil (período de 4 años) de temperatura media anual para la localidad de Santa Rosa.**

Con estos antecedentes se concluyó lo siguiente:

- Que la presencia de una presa tiene influencia sobre un incremento de la evaporación y por ende de la humedad relativa, pero que este efecto no se puede separar de los efectos que tienen los patrones climáticos regionales y el sistema de circulación atmosférica sobre las variaciones interanuales de la evaporación.
- Un incremento en la evaporación y humedad relativa trae como consecuencia una regulación más eficiente de la temperatura, sobre todo de las temperaturas extremas. Esto es posible que contrarreste la tendencia natural de incremento de la temperatura que existe en la zona desde principios de los años 1980's.
- De aquí que los escenarios futuros que se plantean a continuación se han generado con un porcentaje de incertidumbre debido a la falta de valores e información que pueda ser considerada como conclusiva.

A continuación se presentan los escenarios futuros generados con proyecto para los cuatro índices de calidad ambiental en las tres unidades ambientales.

Escenarios futuros del albedo e índice de calidad ambiental en las unidades ambientales.

<b>Albedo/ICA</b>			
<b>Unidad</b>	<b>Con proyecto</b>		
<b>ambiental</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>15 años</b>
<b>Aw<sub>0</sub></b>	<b>0.148*/0.99</b>	<b>0.148*/0.99</b>	<b>0.148*/0.99</b>
<b>BS<sub>1</sub></b>	<b>0.20/1.0</b>	<b>0.20/1.0</b>	<b>0.20/1.0</b>
<b>(A)C(w<sub>0</sub>)</b>	<b>0.12/1.0</b>	<b>0.12/1.0</b>	<b>0.12/1.0</b>
<b>Área de embalse</b>	<b>0.09**/0.4</b>	<b>0.09**/0.4</b>	<b>0.09**/0.4</b>

\* resultado de ponderar por superficie afectada, dentro de la unidad ambiental Aw<sub>0</sub>.

\*\* puede variar dependiendo de la cantidad y contaminación del agua del vaso, así como de la presencia de lirio acuático. El valor de 0.09 es promedio para cuerpos de agua, varía durante el día según el ángulo de incidencia de los rayos solares.



Escenarios futuros de humedad relativa e índice de calidad ambiental en las unidades ambientales.

<b>Humedad relativa/ICA</b>			
<b>Unidad</b>	<b>Con proyecto</b>		
<b>ambiental</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>15 años</b>
<b>Aw<sub>0</sub> (ES)*</b>	<b>41/0.8</b>	<b>41/0.8</b>	<b>41/0.8</b>
<b>Aw<sub>0</sub> (EH)*</b>	<b>62**/1.0</b>	<b>62**/1.0</b>	<b>62**/1.0</b>
<b>BS<sub>1</sub>(ES)</b>	<b>37/0.69</b>	<b>37/0.69</b>	<b>37/0.69</b>
<b>BS<sub>1</sub>(EH)</b>	<b>57**/1.0</b>	<b>57**/1.0</b>	<b>57**/1.0</b>
<b>(A)C(w<sub>0</sub>) (ES)</b>	<b>47/0.93</b>	<b>47/0.93</b>	<b>47/0.93</b>
<b>(A)C(w<sub>0</sub>) (EH)</b>	<b>72**/0.97</b>	<b>72**/0.97</b>	<b>72**/0.97</b>

\* ES = época seca; EH = época húmeda (lluvias).

\*\* No se considera que el valor de humedad relativa y de ICA varíe significativamente por la presencia de la presa en época de lluvias, debido a que la acción de las lluvias tiende a uniformizar las condiciones climatológicas y a que la dirección dominante del viento en esa época es de este a oeste, y la presa estará ubicada en el extremo oeste.

Escenarios futuros de temperatura diurna en el mes de Mayo e índice de calidad ambiental en las unidades ambientales.

<b>Temperatura diurna media en Mayo/ICA</b>			
<b>Unidad</b>	<b>Con proyecto</b>		
<b>ambiental</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>15 años</b>
<b>Aw<sub>0</sub></b>	<b>33.05°C/0.62</b>	<b>33.1°C/0.61</b>	<b>33.15/0.61</b>
<b>BS<sub>1</sub></b>	<b>36.05°C/0.38</b>	<b>36.1°C/0.37</b>	<b>36.15/0.37</b>
<b>(A)C(w<sub>0</sub>)</b>	<b>31.05°C/0.75</b>	<b>31.1°C/0.74</b>	<b>31.15/0.74</b>
<b>Área de embalse</b>	<b>32*/0.69</b>	<b>32*/0.69</b>	<b>32*/0.69</b>
	<b>Valor actual de temperatura diurna media en Mayo e ICA</b>		
<b>Aw<sub>0</sub></b>	<b>33.0°C/0.62</b>		
<b>BS<sub>1</sub></b>	<b>36.0°C/0.38</b>		
<b>(A)C(w<sub>0</sub>)</b>	<b>31.0°C/0.75</b>		

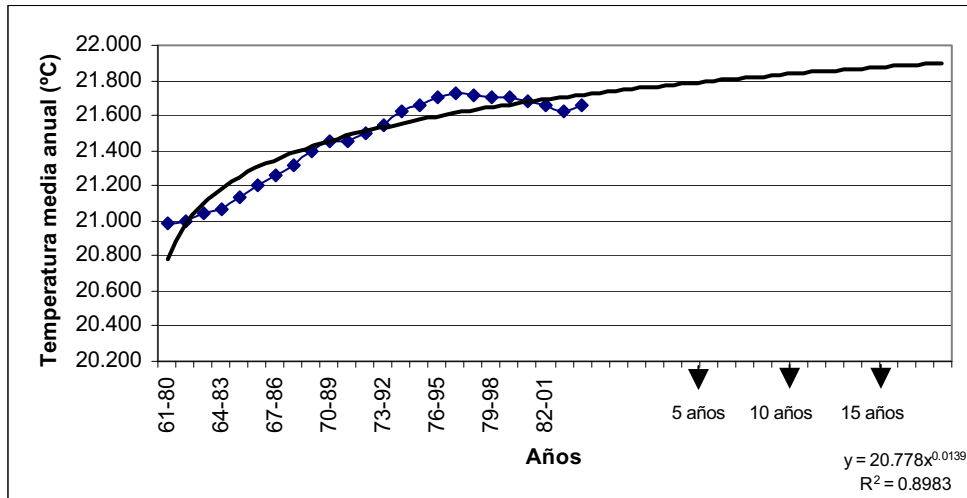
\* Se considera que el incremento de la termorregulación por presencia de la presa será más significativo en el área de construcción de la presa e insignificante en el resto del área como para modificar la tendencia regional de incremento de la temperatura.

Escenarios futuros de cociente P/T e índice de calidad ambiental en las unidades ambientales.

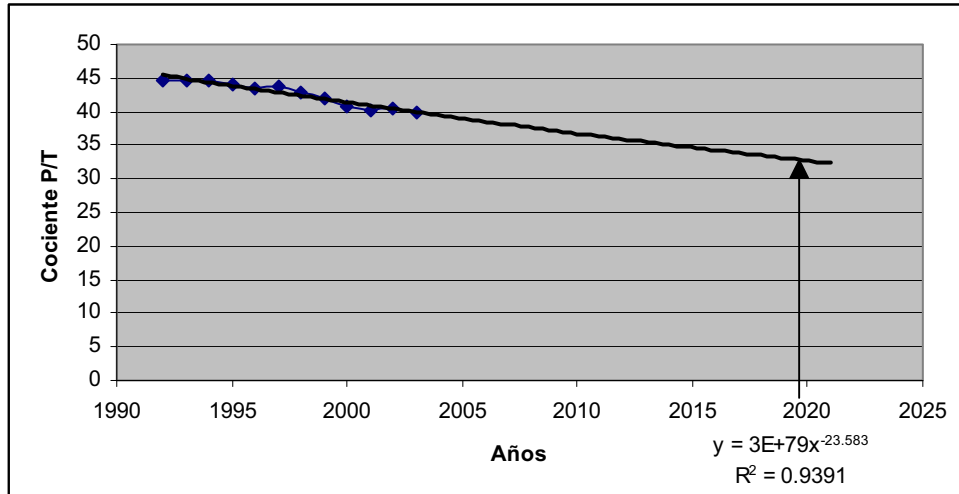
<b>Cociente P/T/ICA</b>			
<b>Unidad</b>	<b>Con proyecto</b>		
<b>ambiental</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>15 años</b>
<b>Aw<sub>0</sub></b>	<b>32.5/0.58</b>	<b>31.5/0.55</b>	<b>30.5/0.53</b>
<b>BS<sub>1</sub></b>	<b>26.2/0.46</b>	<b>25.5/0.44</b>	<b>25.0/0.42</b>

<b>(A)C(w<sub>0</sub>)</b>	37/0.67	35/0.62	33/0.58
	<b>Valor actual de P/T</b>		
<b>Aw<sub>0</sub></b>	35/0.62		
<b>BS<sub>1</sub></b>	29/0.50		
<b>(A)C(w<sub>0</sub>)</b>	39/0.69		

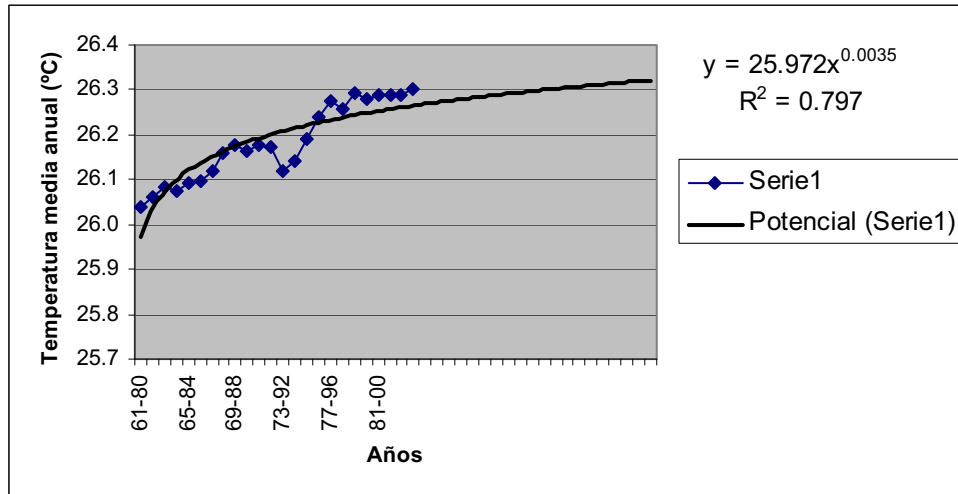
Pronóstico de la temperatura media anual en la Unidad Ambiental (A)C(w<sub>0</sub>)



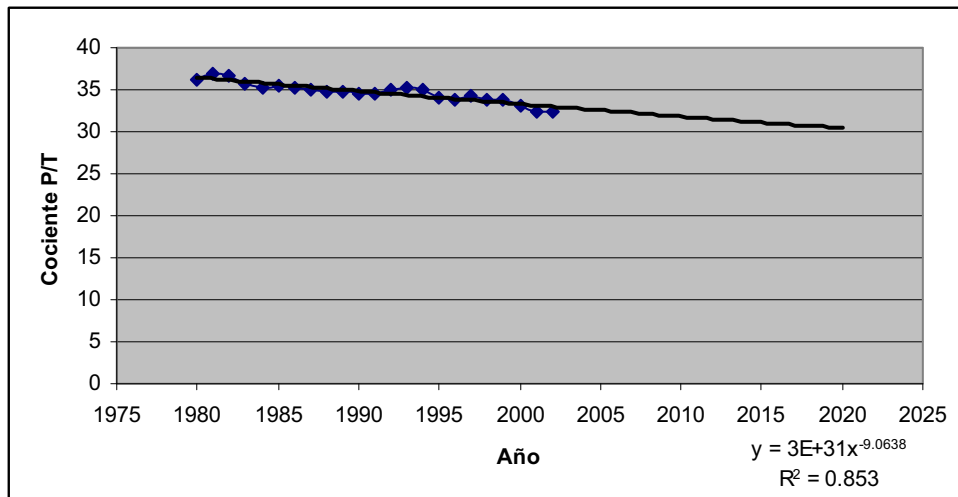
Pronóstico del cociente Precipitación anual/Temperatura anual en la Unidad Ambiental (A)C(w<sub>0</sub>)



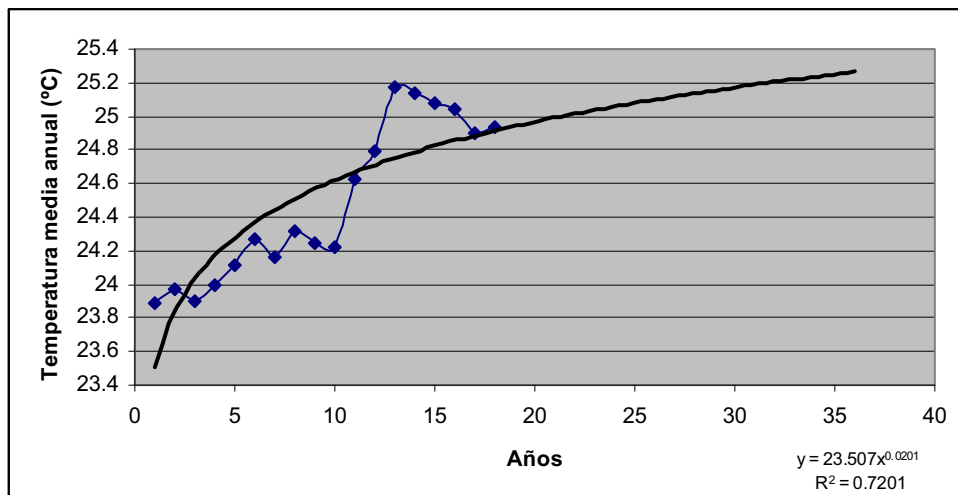
Pronóstico de la temperatura media anual en la Unidad Ambiental (A)w<sub>0</sub>



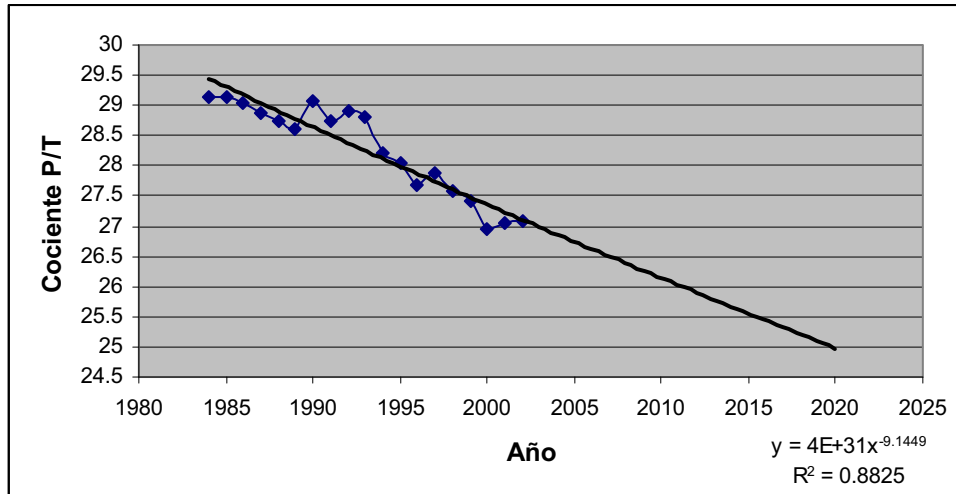
Pronóstico del cociente P/T en la Unidad Ambiental (A)w0



Pronóstico de la temperatura media anual en la Unidad Ambiental BS1



Pronóstico del cociente P/T en la Unidad Ambiental BS1



Ahora, los proyectos hidroeléctricos se consideran de bajo impacto a la calidad del aire si se los compara con otras fuentes de energía, como es el caso de las termoeléctricas. Si como alternativa se planteara la instalación de una termoeléctrica para generar la energía eléctrica proyectada por el P.H. La Yesca, se emitirían contaminantes como resultado del consumo de combustibles, arrojando a la atmósfera alrededor de 659 toneladas de  $SO_2$ , 1 034 000 toneladas de  $CO_2$ , 1 760 toneladas de  $NO_x$  y 555 toneladas de partículas suspendidas anuales.

El impacto en la calidad del aire como se ha demostrado se presentará durante la etapa de construcción de la presa, dado que las fuentes de emisión de contaminantes son móviles y puntuales, principalmente maquinaria y vehículos que circulan por las terracerías; así como los movimientos de tierra, la explotación de bancos de material, el dinamitado, el consumo y almacenamiento de combustibles, la trituración de roca y la fabricación de concreto.

Una vez terminada la construcción de la presa e inicie la operación de la misma se considera que los niveles de contaminación en el aire volverá a ser buena, esto debido a que los caminos ya no serán terracerías sino pavimentados, de la misma manera el tráfico de vehículos se reducirá a un mínimo controlado. A su vez, no existe un plan para desarrollar la zona, por lo que también se prevé que las actividades antropogénicas serán relativamente mínimas.

## Hidrología Subterránea

Los resultados de las evaluaciones para los parámetros del aprovechamiento de agua subterránea (AAS) obtenidas con proyecto en cada microunidad ambiental definida en el estudio se muestra en la tabla siguiente:

<b>AAS CON PROYECTO</b>				
<b>PARÁMETRO/ MUA <sup>37</sup></b>	<b>Micro Unidad Ambiental 1</b>	<b>Micro Unidad Ambiental 2</b>	<b>Micro Unidad Ambiental 3</b>	<b>Micro Unidad Ambiental 4</b>
<b>Calidad</b>	0	0.15	0.15	0.1
<b>Accesibilidad</b>	0.05	0.05	0.05	0.1
<b>Competencia por el recurso</b>	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Uso actual</b>	0.15	0.15	0	0.1
<b>Uso potencial</b>	0.15	0.2	0.2	0.2
<b>Transmisibilidad relativa</b>	0.15	0.15	0.15	0.1
<b>Relación hidráulica con cuerpos superficiales</b>	0.05	0	0.05	0.02
<b>Función Ecosistémica de la descarga</b>	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Σi</b>	<b>0.7</b>	<b>0.85</b>	<b>0.75</b>	<b>0.77</b>

El resultado de las evaluaciones ponderadas del aprovechamiento de agua subterránea (AAS) es el siguiente:

La MUA 1, área ubicada en Mesa de Flores, refleja en la evaluación con proyecto que habría una mayor competencia por el recurso y por tanto un mayor uso de manantiales que incluso no han sido aprovechados.

La MUA2, zona ubicada en Hostotipaquillo, muestra en la evaluación con proyecto un aumento en la competencia y uso potencial del agua y por ende en la transmisibilidad relativa considerando un mayor aprovechamiento del pozo actual existente.

La MUA 3, el área de acuíferos de la zona del Arroyo El Vejete, muestra en la evaluación con proyecto que en caso de comenzar a aprovechar los acuíferos al haber una competencia por el recurso, se tendría una transmisibilidad relativa que antes no existía, un aporte de agua subterránea a cuerpos de agua superficial y habría un inicio en la función ecosistémica de descarga.

La MUA 4, el área de Sayulimita, refleja en la evaluación con proyecto que al haber una mayor accesibilidad a los cuerpos de agua subterránea la función ecosistémica podría verse afectada (aunque no considerablemente) al aumentar el uso y la competencia por el recurso.

Los resultados de las variaciones entre las microunidades ambientales con

<sup>37</sup> Las microunidades de hidrología subterránea se describen y presentan gráficamente en el capítulo IV

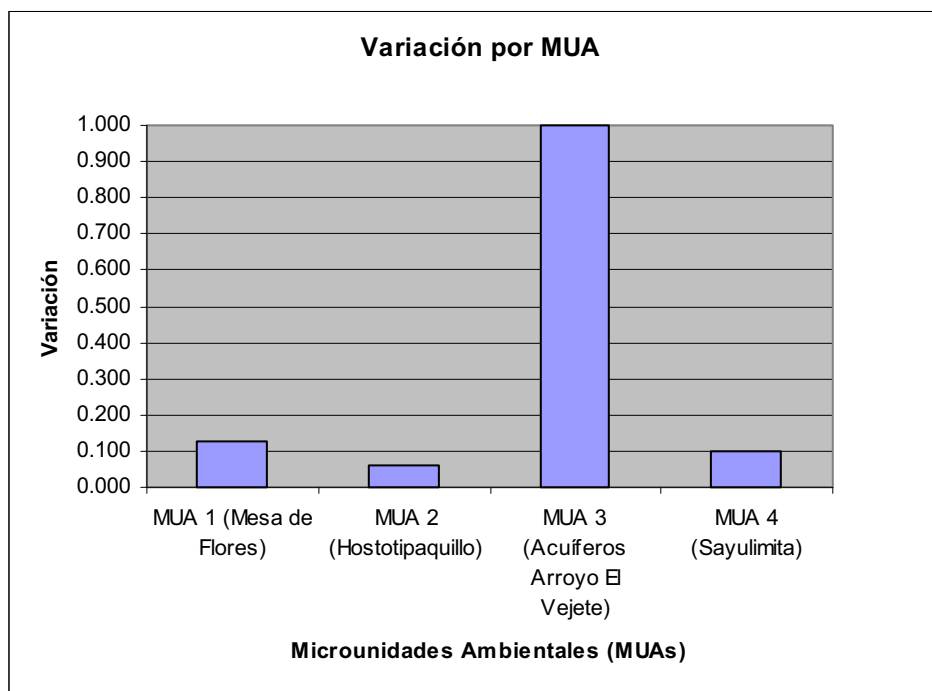
proyecto y el resultado de la evaluación del AAS de cada microunidad sin proyecto se muestran a continuación:

MUAs	AAS S/P	VARIACIÓN (AAS C/P - AAS S/P)/ AAS S/P
<b>MUA 1 (Mesa de Flores)</b>	0.62	0.129
<b>MUA 2 (Hostotipaquillo)</b>	0.8	0.062
<b>MUA 3 (Acuíferos Arroyo El Vejete)</b>	0.22	1.0*
<b>MUA 4 (Sayulimita)</b>	0.7	0.1

Resultados de la variación

\*La variación se traduce en el aumento del aprovechamiento de cuerpos de agua subterránea o bien en el inicio de su aprovechamiento. Cabe señalar que en el caso de los acuíferos esto no necesariamente significaría una afectación negativa. En este caso el valor de la variación de 1.0 indica que se está empezando a aprovechar un recurso que antes no había sido utilizado y que beneficiaría a la población actual y futura.

**Gráfica 6. Variaciones encontradas en cada unidad ambiental.**



**Geomorfología.** Los índices de riesgo geomorfológico de cada microunidad ambiental fueron calculados para obtener los índices de calidad ambiental geomorfológicos para cada microunidad en cada escenario.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del índice de riesgo para las microunidades ambientales geomorfológicas definidas:

Índice de riesgo para cada microunidad ambiental.

MICROUNIDAD AMBIENTAL	CON PROYECTO		
	CONSTRUCCIÓN	LLENADO DEL EMBALSE	OPERACIÓN
	R <sub>Construcción</sub>	R <sub>Llenado embalse</sub>	R <sub>Operación</sub>
<i>Micro Unidad Ambiental 1</i>	0.33	0.32	0.36
<i>Micro Unidad Ambiental 2</i>	0.34	0.34	0.36
<i>Micro Unidad Ambiental 3</i>	0.24	0.25	0.30
<i>Micro Unidad Ambiental 4</i>	0.22	0.22	0.24
<i>Micro Unidad Ambiental 5</i>	0.22	0.23	0.25
<i>Micro Unidad Ambiental 6</i>	0.27	0.27	0.30
<i>Micro Unidad Ambiental 7</i>	0.20	0.20	0.22
<i>Micro Unidad Ambiental 8</i>	0.21	0.21	0.21

Las evaluaciones de los índices de riesgo con proyecto son relativamente bajas en las ocho microunidades ambientales geomorfológicas definidas. Sin embargo, los índices más altos se muestran en la etapa de operación, esto se debe principalmente a que el riesgo de remoción en masa aumenta con las fluctuaciones en el embalse una vez que se lleva a cabo el proyecto.

Los resultados de las variaciones en los índices de riesgo de cada microunidad ambiental geomorfológica y los cálculos para el ICA se presentan en la siguiente tabla.

Índice de calidad ambiental para cada microunidad ambiental.

MU Ambiental	CONSTRUCCIÓN		LLENADO DEL VASO		OPERACIÓN	
	Variación	ICA	Variación	ICA	Variación	ICA
<i>Micro Unidad Ambiental 1</i>	0.10	0.80	0.05	0.90	0.21	0.63
<i>Micro Unidad Ambiental 2</i>	0.05	0.91	0.05	0.90	0.10	0.82
<i>Micro Unidad Ambiental 3</i>	0.00	1.00	0.05	0.90	0.26	0.54
<i>Micro Unidad Ambiental 4</i>	0.03	0.94	0.06	0.88	0.15	0.72
<i>Micro Unidad Ambiental 5</i>	0.00	1.00	0.03	0.94	0.14	0.74
<i>Micro Unidad Ambiental 6</i>	0.00	1.00	0.00	1.00	0.11	0.78
<i>Micro Unidad Ambiental 7</i>	0.00	1.00	0.00	1.00	0.10	0.80
<i>Micro Unidad Ambiental 8</i>	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00

Los resultados de los índices de calidad ambiental arrojaron que las microunidades ambientales más susceptibles a sufrir una redepositación de materiales son la microunidad ambiental 1 y la microunidad ambiental 3, ambas en la etapa de operación.

## Geología

De la hidrología subterránea pasamos a la geología. La definición de los escenarios geológicos se basa en los patrones evolutivos observados para los diferentes componentes ambientales considerados como son la sismicidad histórica regional como fenómeno natural (sin proyecto), la sismicidad inducida provocada por la presencia de la obra (con proyecto) y el movimiento de masas.

Cuando el sitio La Yesca se analiza con la instalación del proyecto hidroeléctrico los procesos que el área de geología identificó como potencialmente peligrosos, particularmente durante la etapa de construcción y operación, fundamentalmente en el llenado del embalse con la presencia de sismicidad inducida, y probabilidades de generar movimiento de masas, con inestabilidades en las laderas de acuerdo al grado de los eventos sísmicos presentes (estas áreas se pueden consultar en plano de riesgos).

Los cortes y excavaciones pueden inducir movimientos sísmicos de baja intensidad que eventualmente ocasionan deslizamientos (desprendimientos con rodados de rocas). Estos procesos son mitigables si el área de geotecnia diseña los cortes de tal manera que los taludes permanezcan estables.

Para excavar los túneles normalmente se usa dinamita lo que implica la posibilidad de generar movimientos inducidos, ello puede fracturar la roca, reactivar una falla o acelerar el movimiento de masas. Sin embargo, con el tratamiento que debe darse a la roca para el desarrollo de la obra la inestabilidad del terreno se reduce. Dependiendo del método de excavación, puede variar la significancia del impacto.

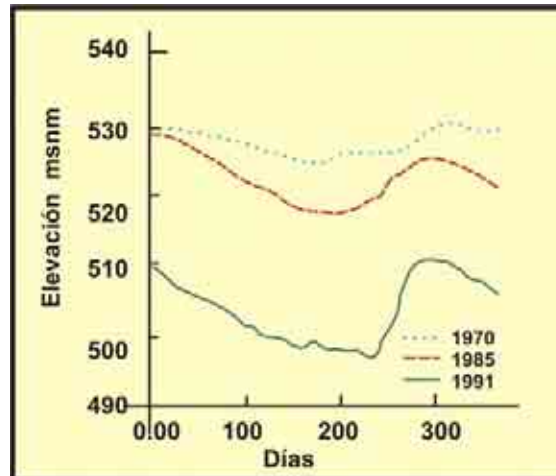
Uno de los mayores efectos en la construcción de una presa hidrogeneradora es provocada por el llenado del embalse. La sismicidad inducida en embalses representa, cualquier cambio originado en el comportamiento sísmico de una región. Este tipo de sismicidad depende directamente de la velocidad del llenado y condiciones geológicas del área (por ejemplo el grado de fracturamiento de la roca).

La frecuencia y magnitud de la sismicidad inducida en el área de influencia de la presa están relacionadas con los cambios cíclicos del nivel del embalse. Los ciclos de aumento y descenso en el nivel de una presa, en temporadas de lluvia y estiaje, provocan que el estado de esfuerzos, y por lo tanto el régimen de sismicidad en el área de la cortina y embalse, se alteran en función del tiempo.

Las observaciones sismológicas continuas de una presa han mostrado que la ocurrencia de la sismicidad inducida tiene la tendencia a disminuir con el tiempo y las manifestaciones de brotes sísmicos son correlacionables con el aumento y disminución del nivel del embalse. En el caso de Aguamilpa hubo una excepción ya que se registraron temblores de hasta 5.0 grados (Mc), como ocurrió en el 28 de octubre de 1988.

La implicación de la sismicidad y su correlación con las estructuras geológicas regionales y locales, en centrales hidroeléctricas como Aguamilpa y Santa Rosa, donde el régimen de sismicidad local se modificó como resultado de la alteración en el estado de esfuerzos, por el llenado de sus embalses. Ambas centrales se localizan dentro del mismo marco tectónico que el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca ello no implica que el desarrollo y evolución de la sismicidad en ambas centrales sea similar a ésta. Si se toma en cuenta que ambas presas (Aguamilpa y Santa Rosa) tienen diferentes dimensiones y los cambios de la actividad sísmica debida al llenado no siguen un patrón simple. En la gráfica 7 se muestran las variaciones del nivel del embalse en una presa con respecto al tiempo. Como se observa en la gráfica 8 después de los 250 días el embalse alcanzó su elevación máxima en tres años diferentes.



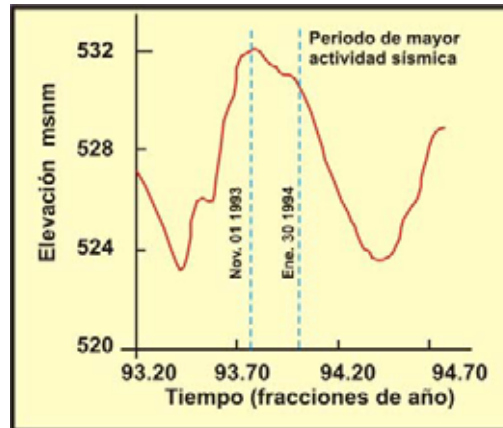


**Gráfica 7. Comportamiento creciente de los niveles del embalse Durante tres años en una hidroeléctrica.**

La sismicidad inducida se debe a que las actividades humanas cambian las condiciones de poros y grietas del terreno por medio de inyecciones de fluidos, excavaciones o bien por grandes embalses como en este caso. La sismicidad inducida originado por un embalse puede deberse a dos procesos: uno ligado a los esfuerzos originados por el peso de la masa de agua y otro relacionado al campo de esfuerzos de la zona. Los reportes de sismicidad inducida a nivel mundial causados por grandes embalses se encuentran en el intervalo entre 0 y 6.5 grados (Gough, 1980).

La cantidad de sismos inducidos puede variar desde unos cuantos hasta varias decenas. En el caso particular de Aguamilpa, Nayarit se registraron hasta 45 mil eventos, al menos uno de ellos alcanzó una magnitud de hasta 5.0 grados (Mc) . Para analizar el comportamiento de la sismicidad con los ciclos de aumento y descenso del nivel del embalse se deben construir histogramas de frecuencia de sismos cada 5 días contra el tiempo y el número de sismos en el mismo intervalo contra tiempo en periodos de un año.

Por otra parte, el nivel del embalse (gráfica 8), se ha incrementado a través del tiempo (Bravo et al., 1994); en efecto, durante el año de 1979 los niveles máximos no sobrepasaron los 510 metros sobre el nivel del mar (msnm). Para el año de 1985 estos niveles aumentaron a 528 msnm y para 1991 los niveles máximos registrados fueron de 530 msnm; de aquí se observa en veinte años de 1971 a 1991, se tienen diferencias del orden de 20 m; o sea el nivel del embalse ha aumentado en promedio un metro por año.



**Gráfica 8. Relación de la sismicidad con los niveles de agua durante el llenado del embalse en una presa.**

En 1993 se alcanzaron niveles históricos altos de 532 msnm (Gráfica 8), que concuerdan con el periodo de mayor actividad sísmica registrada en la presa; ya que en noviembre se registraron sismos con magnitud coda mayor de 2 grados, el último de éstos tiene la mayor magnitud registrada en el sitio.

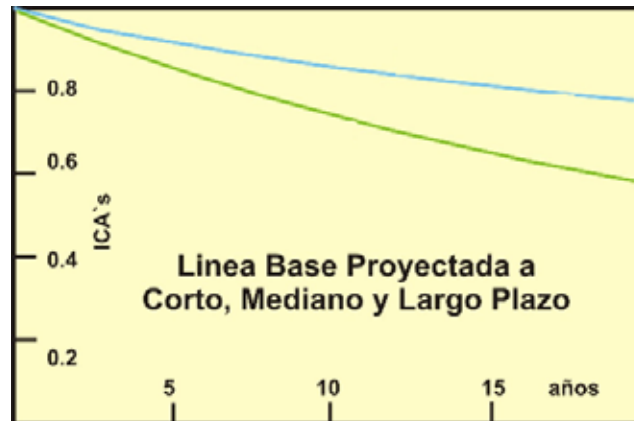
Por otra parte, en los meses de estiaje de marzo-mayo de 1994 se registraron dos sismos de magnitud de coda de 2.41 grados, cuando el nivel del embalse era mínimo (524).

Un caso muy claro en la presencia de sismicidad inducida es la C.H. Aguamilpa, que en 10 años de monitoreo sísmico, se observó un incremento de la sismicidad en función del aumento (hay fracturamiento de la roca). Del análisis de estos datos se observó que en época de estiaje el nivel del embalse desciende y la actividad sísmica disminuye progresivamente manteniendo esta tendencia. Una vez que se ha estabilizado la sismicidad inducida, se darán ocasionalmente a corto plazo enjambres o brotes sísmicos.

Lo anterior demuestra que la sismicidad inducida por el llenado del embalse, está en función de la geología del área, la velocidad del llenado y las variaciones constantes de los niveles del embalse máximos y mínimos, como se muestra en la gráfica 8.

Para el caso del P H La Yesca se tendrá niveles de aguas máximas de operación de 578 msnm y nivel de aguas mínimas de operación de 518 msnm, lo que implica elevar el nivel del embalse de mínimo a máximo de 20 m.

Las evidencias sismológicas de la presencia de sismicidad inducida, deben indicar: ruidos escuchados en superficie, eventos sísmicos de baja frecuencia, concentración de sismos en las márgenes del embalse, profundidades someras de los focos; relación de la sismicidad con el nivel del embalse en épocas de lluvias como de estiaje; comportamiento caótico de los sismos, sin ninguna aparente alineación, todas estas características indican que la sismicidad registrada es de tipo inducido.



Gráfica 9. Proyección de línea base a corto, mediano y largo plazo.

Además de la sismicidad, otro proceso geológico analizado está relacionado con deslizamientos (movimientos de masa) en el más amplio sentido del proceso. Este proceso tiende a desplazar un cierto volumen de material tanto a lo largo de planos de discontinuidades como encauzados en valles. Para generar un desplazamiento de masas, en el caso del estudio sin proyecto, es necesaria la ocurrencia de un sismo de magnitud considerable.



Figura 7. Bloques con probabilidades de deslizamiento, pero de poco Volumen.

Como se señaló en la sismicidad histórica, los eventos sísmicos tienen periodos de recurrencia demasiados grandes por lo que, de manera intuitiva, se puede aplicar para la ocurrencia de un movimiento de masas en el estudio sin proyecto. Las características que deben tener estos movimientos de masas para ser considerados como potencialmente peligrosos se relacionan principalmente con: su volumen, la velocidad del movimiento y el elemento susceptible de daño. Lo cual no es el caso en el P.H. LA Yesca

De acuerdo a las características físicas del macizo rocoso, en la zona del embalse, se estima que no se tendrán problemas importantes de estabilidad, excepto en zonas muy localizadas (que también ocurren a lo largo de la zona del embalse, ver plano de riesgos). Los de talud que por su posición de 45 grados de inclinación hacia el río y por las condiciones de humedad a las que estará sometida, es factible que ocurran deslizamientos. Sin embargo, por su lejanía a la

cortina y por su reducido volumen, no representa riesgo para la zona del vaso, aún cuando se presente un fuerte movimiento sísmico en corto, mediano o largo plazo. En la figura 7 se muestran dos casos donde las discontinuidades del macizo rocoso favorecen el deslizamiento de la masa rocosa.

Finalmente, y aunque en términos reales pudiese ser poco probable, existe riesgo secundario asociado a los volcanes Ceboruco, además de éstos, se encuentran los volcanes Tequila y la Caldera de la Primavera, asociados al graben Tepic-Zacoalco.

Dentro de la edafología, se ha expuesto que el suelo es el resultado de la acción conjunta del factor topográfico, clima, vegetación y la roca, adicionalmente se considera también la acción humana. De éstos la cobertura vegetal y la topografía orientarán de manera significativa la evolución del recurso.

En el caso de factor vegetación, además de su significancia en la formación del suelo, tiene especial importancia por su efecto protector al disminuir el efecto agresivo del agua de lluvia. La interpretación de las imágenes de satélite (Lansat) 1970, 1980, 1990 y 2000, indican un historial de disminución de la cubierta forestal de 1970 a 1990, a partir de la década de los 90,s la selva esta registrando un proceso de recuperación en gran parte debido a la disminución de la actividad productiva del campo y al decrecimiento de la población en los municipios involucrados, de seguir con esta tendencias la influencia benéfica de esta recuperación vegetal implicará un efecto positivo sobre los suelos por lo menos en la estabilidad de ellos y control de erosión.

Orientando los anteriores datos con las estimaciones de la erosión actual y el riesgo de erosión, nos reportan que 59 338,685 ha que representan el 91,30% de los suelos del área de estudio, quedan comprendidos dentro del nivel de erosión "Moderada"; 3 703,949 ha que representan el 5.69% de los suelos, con perdidas menores a 10 ton/ha /año con nivel de erosión "Ligera" y con una superficie de 1 957,366 ha con pérdida de suelos "Alta", para el 3,01% del área de estudio con pérdidas mayores a 50 ton/ha/año. La recuperación forestal manifestada influirá de manera positiva sobre la estabilización de la erosión de los suelos sin embargo no se pronostica una modificación espectacular en los índices de erosión por lo que se considera que este el proceso, continuaría de la misma forma al menos los próximos 50 años.

A corto plazo, la hidroeléctrica interceptará y contendrá los escurrimientos de las cuencas del Santiago, Bolaños y Chico, esta inundación (3 492 ha) afectará principalmente un lecho de los ríos, cañones y suelos incipientes poco productivos, el recurso edáfico se verá poco afectado ya que en el sentido estricto los lechos de ríos carecen de valor agropecuario sobretodo los taludes en los cañones en áreas anexas, estos taludes ausentes de suelo y tierras en pendiente donde la inundación representará poco en superficie considerando el total del área. Durante los dos primeros años, que corresponden a la etapa de construcción de la obra, se espera un drástico incremento en las pérdidas de suelos, debido a procesos erosivos que tendrán lugar en el sitio de la obra y las áreas colindantes de influencia (aproximadamente unas 60 ha). En este caso se esperan pérdidas de suelos hasta el nivel de erosión potencial, con un máximo de 215,67 ton/ha/año; esto hace que el sitio de la boquilla pudiera temporalmente estar en el nivel de erosión "Muy alta". Es en esta etapa del proyecto, cuando se

presentarán los mayores riesgos de deterioro ambiental del sitio, por lo que se deberán contemplar obras y acciones tendientes al control de los escurrimientos superficiales y por ende de la erosión de los suelos. El resto del área de estudio, prácticamente continuará con el mismo proceso descrito en la condición “sin ejecución de la obra”.

Es durante la etapa de construcción, especialmente al final de ésta, que se deberán implementar medidas de conservación del suelo y del agua; como terrazas, bancales, obras hidráulicas para el control de los excedentes pluviales y programas de reforestación e inducción de la cubierta vegetal, específicamente pastos y herbáceas nativos.

En el mediano plazo, de la presencia de la presa la mayor parte del área de estudio, fuera del área de embalse, no presentará cambios significativos y atribuibles a obra hidroeléctrica. En el caso del sitio de la boquilla, en este periodo deben estar completamente estabilizados los suelos colindantes con ésta; tanto aguas abajo como en las escarpas de ambas márgenes del río Grande de Santiago, una vez que se hayan realizado las obras y acciones relacionadas con la conservación del suelo. Las pérdidas de suelos estarán nuevamente en el nivel de erosión “Ligera”; esperando un valor menor a las 10 ton/ha/año.

Finalmente a largo plazo el comportamiento del área del sitio de la boquilla se espera sea el mismo que en los anteriores cinco años; mientras que el área por arriba del embalse continuará como se describe en el primer escenario (sin ejecución de obra). Por otra parte, es importante que se generen programas de control de erosión y uso de los suelos entre la población del área y visitantes, con el fin de evitar y de ser posible reducir los niveles actuales de erosión del suelo; lo que favorecería la vida útil de la obra, concretamente en la capacidad de almacenamiento de la presa, manteniendo bajos los niveles de azolve de la misma.

Finalmente dentro de las variables de análisis, la calidad escénica era una de las partes importantes del estudio, debido a su impacto en el aspecto social de la zona.

Con la presencia del proyecto, la forma de los ríos se vera modificada con el embalse al formarse formara un lago de 3 492 ha el cual tendrá una forma de V situada entre los cañones de los ríos Bolaños y Santiago.

El agua del lago será de un color verde claro gracias al programa de saneamiento de las aguas residuales de la zona metropolitana de Guadalajara que es el principal afluente de contaminación. Es probable que los procesos de eutricación desaparezcan para este tiempo y el agua por ende será mas clara que en la actualidad.

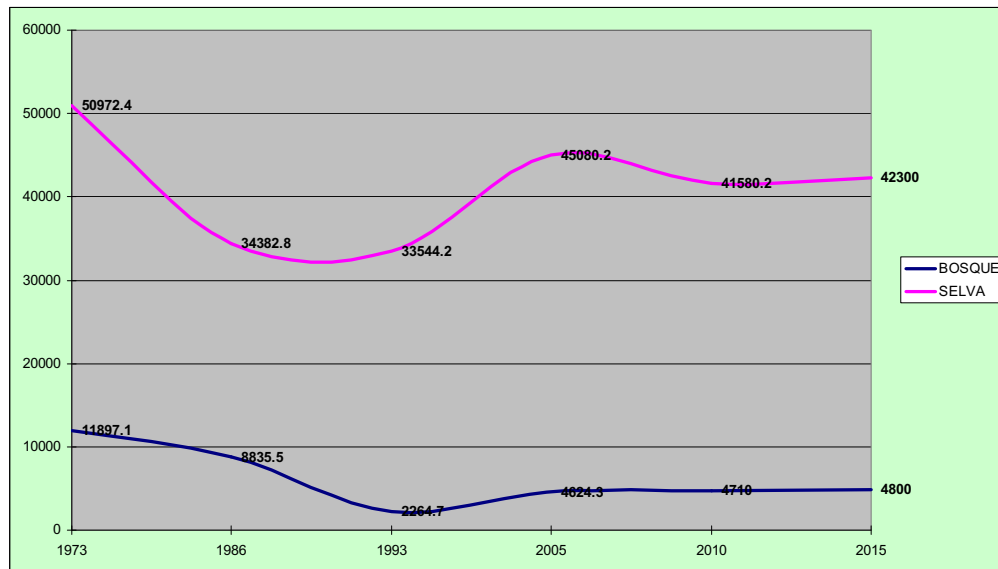
Por encima de la cota máxima del vaso de la presa la vegetación no presentará ninguna modificación ya que sus condiciones no se verán afectadas, las diferencias de color serán altamente contrastantes entre la temporada de secas y la temporada de lluvias tal como se caracteriza la Selva Baja en la actualidad; este tipo de vegetación conservará las mismas características forestales actuales, por lo tanto se conservara a lo largo del tiempo, e irá en crecimiento además de brindar vistas agradables para los espectadores, ver la tabla 1; por el

contrario el bosque no se vera afectado ya que este no entra en el área de estudio y se conservara aumentando un poco su tasa de deforestación.

**Tabla 1. Deforestación a través de los años en la zona de inundación.**

AÑO	BOSQUE	SELVA
1973	11 897,1	50 972,4
1986	8 835,5	34 382,8
1993	2 264,7	33 544,2
2005	4 624,3	45 080,2
2010	4 710	41 580,2
2015	4 800	4 2300

**Gráfica 10. Cobertura forestal en la zona de 65 000 ha tomando como base imágenes satelitales LANDSAT desde el año 1970.**



En el área de la cortina se podrían observar los bancos de material ya estabilizados (revegetados) que quedaron aguas abajo del vaso, así como las obras realizadas en las paredes de la roca para la construcción de la cortina, y todas las construcciones que se requieren para la operación de la hidroeléctrica (subestación, vertedores y líneas de transmisión).

Se podrá observar con claridad en tiempo de estiaje desde casi cualquier punto alto en ambos márgenes una ceja de 20 m (promedio) que se forma en el vaso por la variación que existe entre la cota máxima en temporada de lluvias y la cota mínima durante el estiaje, esta franja será muy marcada; además este impacto negativo no podrá ser mitigado, aunque se convierte en positivo en la época de lluvias la cual permitirá al espectador y turistas la capacidad para ingresar a lugares actualmente inaccesibles.

Se observará una mayor diversidad de especies de aves, algunas migratorias que por las condiciones del lago aprovechen sus orillas para anidar y otras que habiten de forma permanente en el lago dado la mayor disponibilidad de alimento y el microclima originado por el lago.

Con la formación del lago se podrá encontrar un mayor número de especies de peces y por consiguiente es muy factible que se establezcan cooperativas pesqueras en ambas orillas del embalse, además de establecimientos de clubes para pesca deportiva y por las condiciones de la zona se podrá establecer infraestructura turística como hoteles, cabañas, restaurantes, así como actividades ecoturísticas, aumentando la afluencia de turistas debido a estas actividades recreativas que existirán en la zona.

Con la presencia del embalse se podrán observar mayores rastros de fauna silvestre que utilizaran el lago como abrevadero, principalmente en la época de estiaje.

Para una mejor apreciación de dicho escenario se realizaron videos digitales donde se muestra el embalse. (Anexo 18 Metodología del paisaje y videos)

### **Medio Biótico**

La afectación de la vegetación y los índices de especies amenazadas, distribución de especies, endemismo e importancia social y comercial presentan un índice de calidad bajo, debido principalmente a que las especies presentes en cada categoría son escasas con respecto a la cantidad total de las especies encontradas en el área de estudio. Este tipo de impacto, con la presencia del proyecto, será percibido en la etapa de construcción y operación del proyecto. Cabe destacar que dichas especies presentan una distribución amplia en la zona y que trasciende más allá de la boquilla y del área de inundación.

El índice que presentará mayor afectación será el de la cobertura vegetal, la cual se encuentra conformada tanto por la Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia Espinosa, Selva Baja Perennifolia Espinosa y de la Vegetación Riparia debido a que gran parte del área que cubren estos tipos de vegetación se verá reducida por el efecto del llenado de la presa, lo cual inundará 3,492 ha. Este efecto se verá fuertemente reflejado a corto plazo, que es cuando comienza la operación del proyecto.

A mediano y largo plazo el área no se verá tan afectada debido a que se mantendrá con cambios muy pequeños en cuanto a uso forestal en la zona. La aparición del embalse menguará relativamente la cantidad de Selva y pastizal en la zona, lo cual detendrá la tasa de recuperación que se venía presentando, sin embargo, a partir de los 10 años se prevé que dicha tasa de recuperación reinicie su repunte de manera moderada, aunque no se espera una recuperación sobresaliente.

El impacto sobre especies amenazadas en los primeros 5 años será negativo, principalmente para *Tababuia palmeri*; sin embargo, en un plazo de 10 a 15 años dicho impacto se transformará en positivo debido al manejo que se implementará para su rescate, reproducción y reintroducción, además de la puesta en marcha de un Área Natural Protegida como medida compensatoria asegurando con ello la continuidad del corredor biológico.

En el caso de la fauna, las características topográficas de la zona de estudio, la presencia de actividades antropogénicas que conlleve un cambio de uso de suelo no son muy frecuentes. Sin embargo, con la construcción de la presa y dadas las condiciones de calidad del agua en la zona del embalse, y en tanto no se realicen obras que permitan el mejoramiento de dicha calidad, conducirá a empeorar el hábitat del río y con ello la modificación de los patrones de distribución de algunas especies de peces. Esto también en caso de seguirse consumiendo, podría conducir a probables problemas de salud pública por la bioacumulación de contaminantes.

Evidentemente la presencia de la obra vendría a cambiar el panorama del lugar. La construcción del PH La Yesca conduciría a una reducción en hábitat de las especies, sin embargo, vale la pena hacer notar que la mayor cantidad de especies registradas en el área están presentes tanto en el área de inundación como en el área de influencia. Este proceso de reducción en el hábitat se estaría dando durante los primeros cinco años, que es el periodo de construcción y llenado del vaso de la presa.

En el proceso de llenado de la presa, entrarían aguas contaminadas al cañón del río Bolaños, lo que se conduciría al movimiento aguas arriba de especies como la nutria, posiblemente en el mediano plazo, pero una vez estabilizado el sistema, es factible la probable recolonización de aguas que corresponden al vaso, una vez que el asentamiento de contaminantes se pueda dar. En este proceso, será también cuando la presencia en el vaso de especies como la lobina se pueda presentar, y con ello el establecimiento de una fuente potencial para una pesquería en la zona.

Una vez llenado el vaso de la presa, se prevé la presencia de especies para las que este tipo de hábitats son ideales para su establecimiento, tal es el caso de los patos, durante el desarrollo del diagnóstico se observó la presencia de *Anas strepera*, *Anas discors* y *Anas clypeata*, las cuales pueden establecer poblaciones importantes en el lugar.

Cabe hacer notar que establecido el vaso, y dado que en el mediano plazo se pretende la construcción de plantas potabilizadoras en la zona metropolitana de Guadalajara y la presa Arcediano, se permitirá el arrastre de una menor cantidad de contaminantes y su consecuente menor deposición en el sitio del PH La Yesca, favorecerá la presencia de especies en el lugar, sobre todo las acuáticas o que utilizan este hábitat, ya sea permanente o temporalmente.

### **Medio Socioeconómico**

Finalmente, en la región a impactar por el proyecto hidroeléctrico La Yesca, las proyecciones de población correspondientes al periodo entre 2000 al 2030 utilizaron los datos que se encuentran disponibles se utilizan las tasas de crecimiento de población de los últimos diez, es decir, 1990-2000, por lo que se ha tomado como población base para realizar las proyecciones de población la del año 2000.

Las hipótesis que son consideradas para explicar el cambio de la población en el período de proyección son las siguientes:



- El crecimiento de la población es instante a instante por tanto el cálculo de la tasa de crecimiento se trata como un proceso continuo.
- El crecimiento de la población no es constante, por lo que su tasa de crecimiento es considerada como decreciente. Para lo cual se ajusta la proyección de la región del Proyecto La Yesca con base en los valores de la tasa de crecimiento estimados para Jalisco

La metodología empleada para estimar la proyección de la población de esta región, es el método matemático, que comprende a su vez el método exponencial y el método logístico. La siguiente tabla muestra que Hostotipaquillo y La Yesca se reactivarían en su dinámica poblacional producto del impacto del proyecto PH La Yesca.

<b>Tabla 2. Proyecciones de la población de los municipios con base en su participación regional.</b>						
Año	Amatitán	Hostotipaquillo	Magdalena	Tequila	La Yesca	Región
1970	8,062	9,886	11,690	20,464	9,022	59,124
1980	8,771	7,760	14,181	26,718	11,142	68,572
1990	10,069	8,069	15,361	28,088	10,758	72,345
2000	12,509	8,659	18,177	35,502	12,940	87,787
2005	13,610	9,421	19,777	38,628	14,079	95,516
2010	14,447	10,001	20,994	41,004	14,945	101,391
2015	15,148	10,486	22,012	42,991	15,670	106,306
2020	15,752	10,904	22,889	44,706	16,295	110,546
2025	16,346	11,315	23,753	46,393	16,910	114,718

Nota: Esta estimación toma en cuenta la participación porcentual que tiene cada municipio con la región del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca para el año 2000, así mismo toma en cuenta la tasa de crecimiento de la región para los años 1990-2000.

## **Resumen General**

A partir de todos los modelos y escenarios previstos se obtuvieron ciertas constantes en cuanto al cambio previsto en la región con la aparición de la presa.

Climatológicamente podemos constatar que la presencia de la presa tiene una influencia sobre un incremento en la evaporación y por ende en la humedad relativa. Sin embargo este efecto no puede ser separado de las variables que actúan sobre la zona. Un incremento en la evaporación y la humedad relativa trae como consecuencia una regulación más eficiente de la temperatura, sobre todo de las temperaturas extremas. Esto posiblemente contrarrestaría la tendencia natural de incremento de la temperatura.

Un factor que si se verá impactado en corto plazo será la calidad del aire y esto debido a la presencia de altas concentraciones de partículas suspendidas totales y gases de combustión. Estos contaminantes surgirán a partir de las obras de construcción donde la maquinaria y el traslado de vehículos sobre caminos de terracería, la explotación de bancos de material y la operación de las plantas cementeras. Sin embargo, a mediano y largo plazo una vez en operación la hidroeléctrica estos impactos desaparecerán.

En cuanto a la hidrología se refiere el llenado del envase si generará una afectación que mostrará sus efectos desde un corto plazo, que es el llenado de la presa. El cambio de régimen del río así como la inundación del área hará que las aguas contaminadas del río Santiago penetren en el cañón del Bolaños que aporta agua de buena calidad. A mediano y largo plazo se espera que el nivel de contaminantes se reduzca mejorando en cierta manera la calidad del agua presente.

La construcción de la presa afectará la competencia sobre los manantiales en las cuatro zonas estudiadas. La aparición de campamentos y de mayor población aunque sea temporal en los municipios aledaños reflejará un impacto sobre el aprovechamiento de los manantiales de la zona. Manantiales de Sayulimita y del arroyo El Vegete comenzarán a ser explotados de manera más competitiva para poder dar el suministro necesario para la obra.

Geológicamente la instalación de la presa y el llenado del vaso generarían un impacto sísmico en la zona, sin embargo, se debe de aclarar que los resultados de los monitoreos en Aguamilpa y Santa Rosa han demostrado que el aumento de la actividad sísmica esta en función con la geología de la zona y en el caso de La Yesca no será un problema considerable a largo plazo.

Las actividades de construcción pueden generar otros impactos a corto plazo, como son los deslaves y derrumbes debido a los cortes en los taludes de roca. El uso de explosivos a su vez puede generar un riesgo de fracturas y reactivación de fallas lo cual sería un riesgo para el proyecto, sin embargo, la correcta planeación del proceso disminuirá el impacto.

Para la calidad de suelos imperante en la zona se contempla que las afectaciones solo se darán en un escenario a corto plazo, y solo en el sitio de construcción donde la remoción de coberturas vegetales generara procesos

erosivos de grado moderado y alto. Sin embargo en el resto de la zona de estudio, a corto, mediano y largo plazo no se esperan afectaciones, que no sean generadas por el llenado del vaso, donde se perderá suelo que no es considerado de utilización agropecuaria.

La calidad escénica se verá impactada por la aparición de un enorme lago en el área de la cortina y la inundación de los caños del Santiago por la cola de la presa. La mayor afectación a mediano y largo plazo es la franja muerta que deja el embalse cuando este disminuye y que no es invadido por la vegetación y el cual no puede ser mitigado. Sobre la superficie de las aguas el paisaje generado por la vegetación no se verá modificado pues sus actividades continuarán siendo las mismas de siempre.

El medio biótico, en especial la vegetación el impacto más negativo que se verá a corto y mediano plazo es la pérdida de las 3 492 ha del embalse y que poseen cobertura vegetal, esto detendrá el repunte que mostraba la zona hasta la fecha en cuanto a la regeneración de la Selva Baja Caducifolia, pero que en un largo plazo volverá a iniciar una recuperación moderada debido al manejo planeado por la Comisión Federal de Electricidad.

La fauna se verá afectada por el embalse que almacenará aguas contaminadas, además de la inundación del área. Sin embargo a mediano y largo plazo se dará una recolonización cuando los contaminantes se sedimenten en el área. También se prevé que se tenga que implementar un plan de rescate para las diversas especies que queden atrapadas en las islas que aparecerán cuando se inunde el área.

El medio socioeconómico será el más modificado por el proyecto, esto debido a la generación de trabajos y a la modificación de las dinámicas sociales, culturales y económicas del lugar. Las tasas de migración disminuirían y daría oportunidad a un desarrollo de la zona más armónico y equilibrado.

A fin de facilitar la comprensión de los impactos generados por las diferentes actividades del proyecto en cada una de las etapas, se realizó un diagrama de bloques para la descripción del funcionamiento del sistema ambiental, con las ligas más significativas de las actividades del proyecto, lo anterior dividido por fases y subsistemas.

En los siguientes diagramas de flujo se colocaron las diferentes etapas del proyecto con sus respectivas actividades, en los medios físico, biótico y social del sistema ambiental, obteniendo con esto la descripción general de las afectaciones que se generarán con el PH La Yesca.

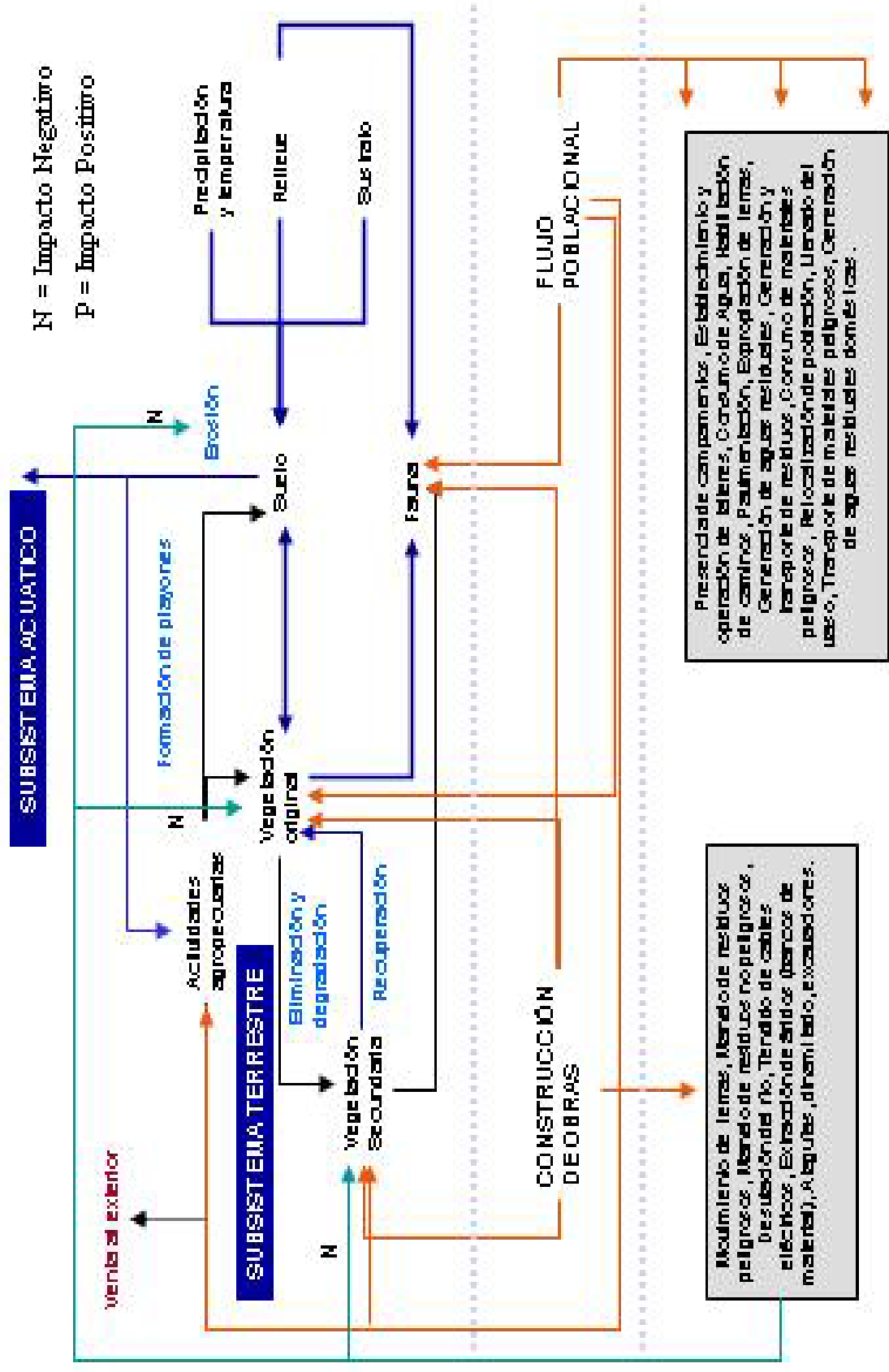


Figura 8. Fase de Construcción – Subsistema Terrestre.

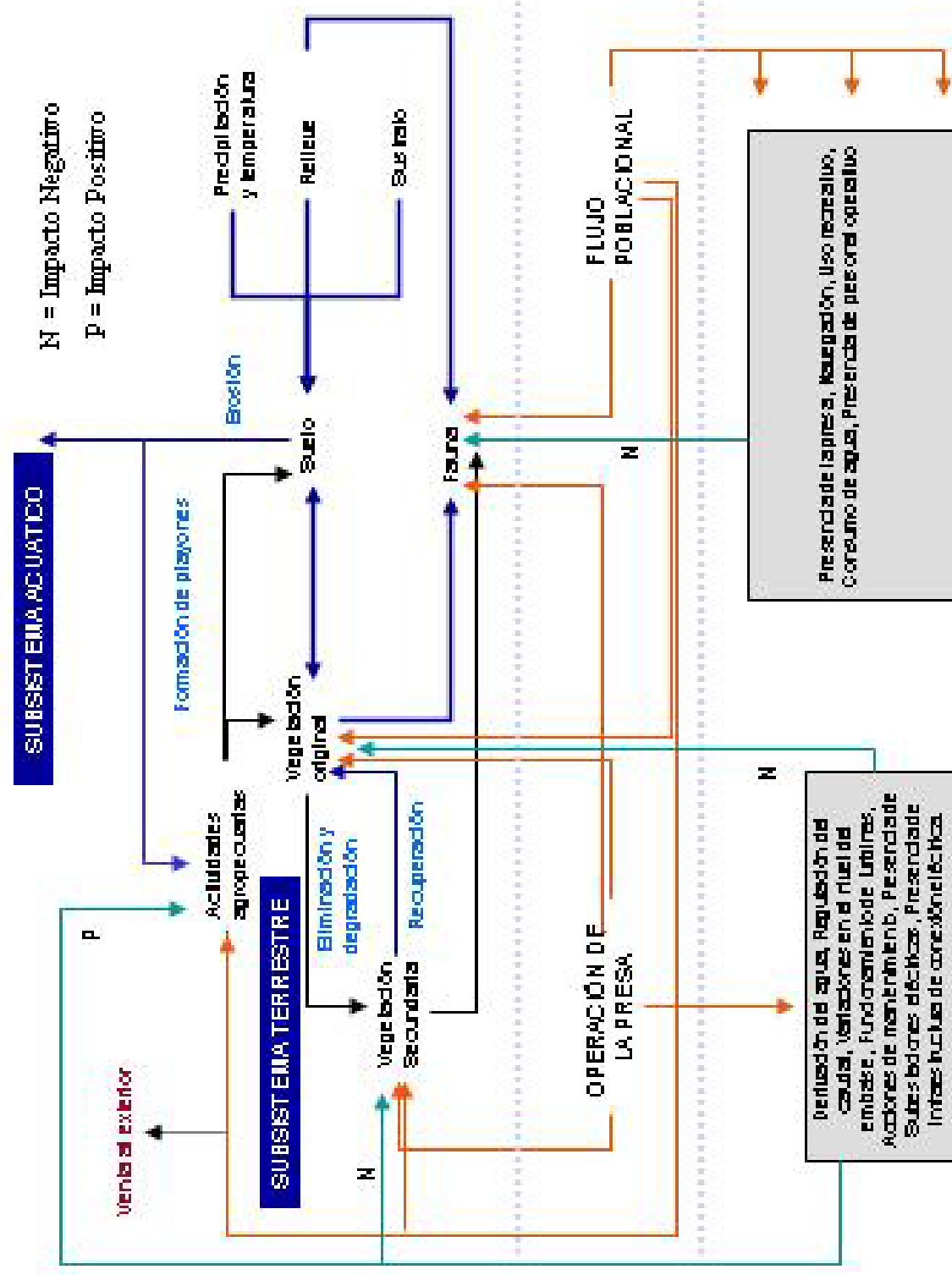


Figura 9. Fase de Operación – Subsistema Terrestre.

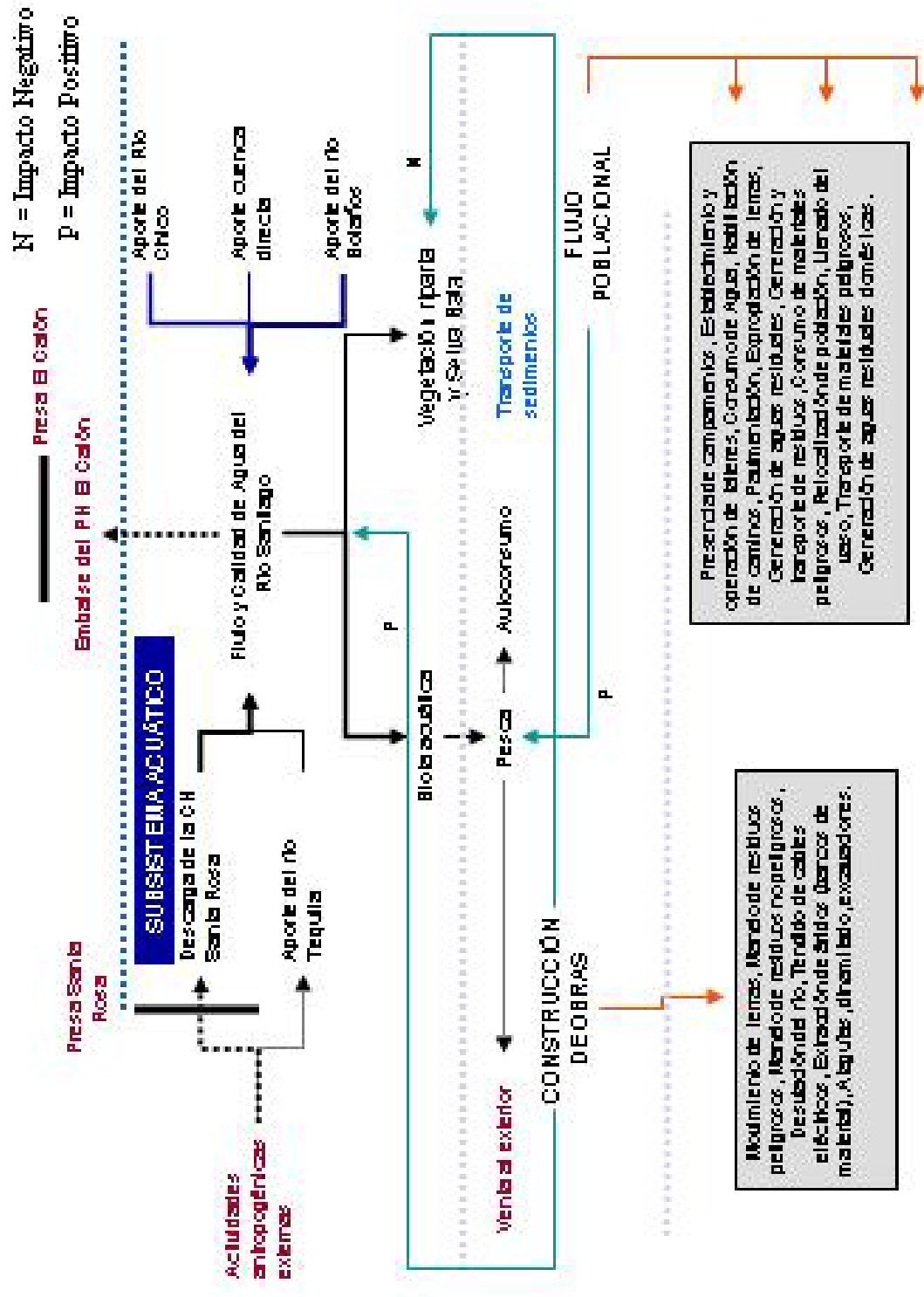


Figura 10. Fase de Construcción – Subsistema Acuático.

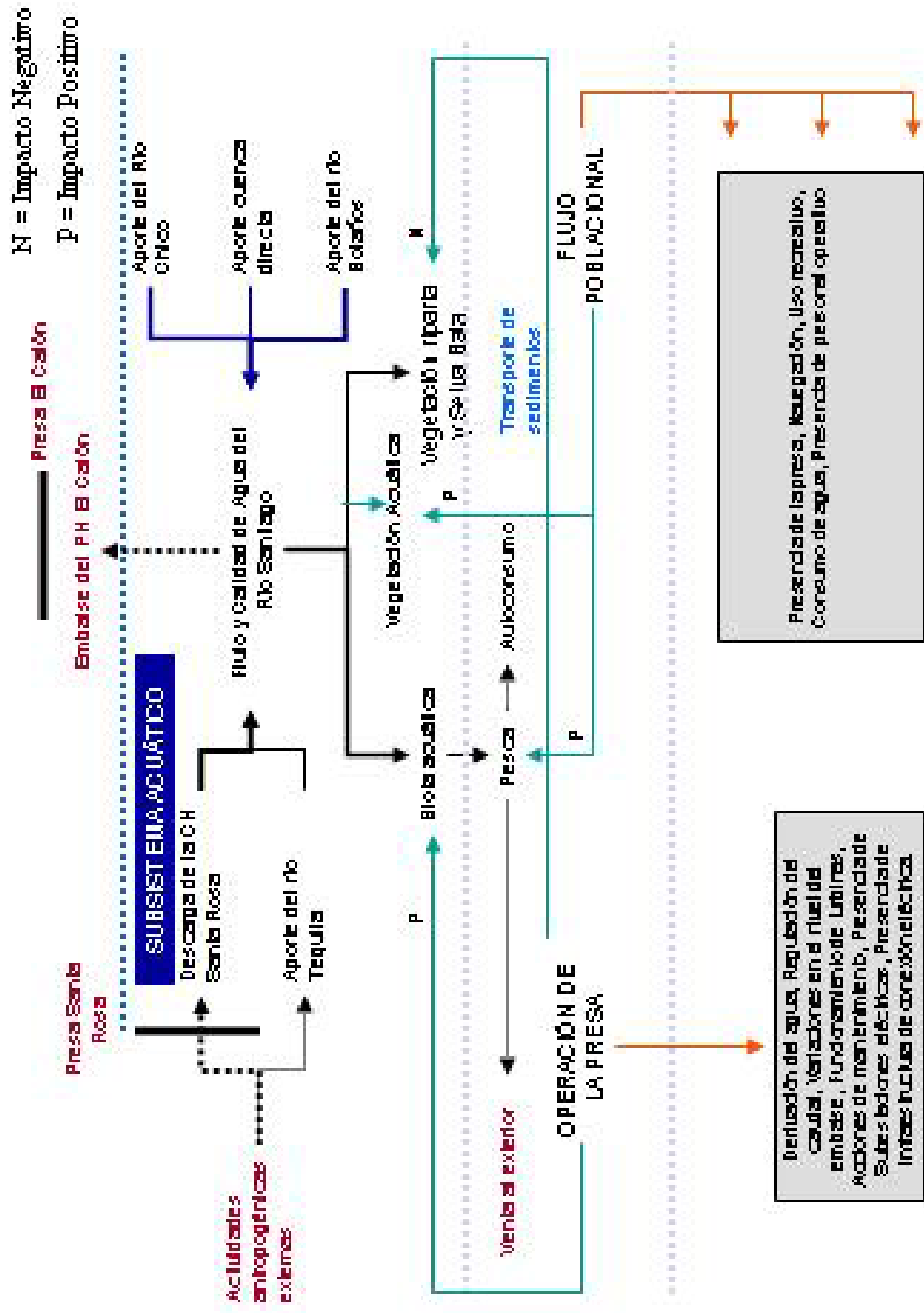


Figura 11. Fase de Operación – Subsistema Acuático.

#### Afectaciones al sistema ambiental en la etapa de Construcción.

Las actividades del proyecto tendrán una afectación puntual ya que ésta se realizará en un área específica, el mayor impacto se dará en el medio social ya que los requerimientos de mano de obra para la realización del proyecto serán significativas, y con esto el suministro de servicios para los trabajadores, lo que a su vez conllevará a la generación de residuos, principalmente los peligrosos ya que existirá un número importante de maquinaria. Por último y siendo la acción de mayor impacto del proyecto, se realizará el llenado del vaso, el cual afectará una superficie de 3 492,00 ha. figura 12 .

#### Afectaciones al sistema ambiental en la etapa de Operación.

En esta etapa los impactos por el proyecto serán mínimos ya que la mayor parte de los impactos que se generaron en la fase anterior ya estarán estabilizados, el personal de operación será mínimo, además durante esta fase se aplicarán los trabajos de monitoreo y seguimiento de las medidas de mitigación. figura 13.



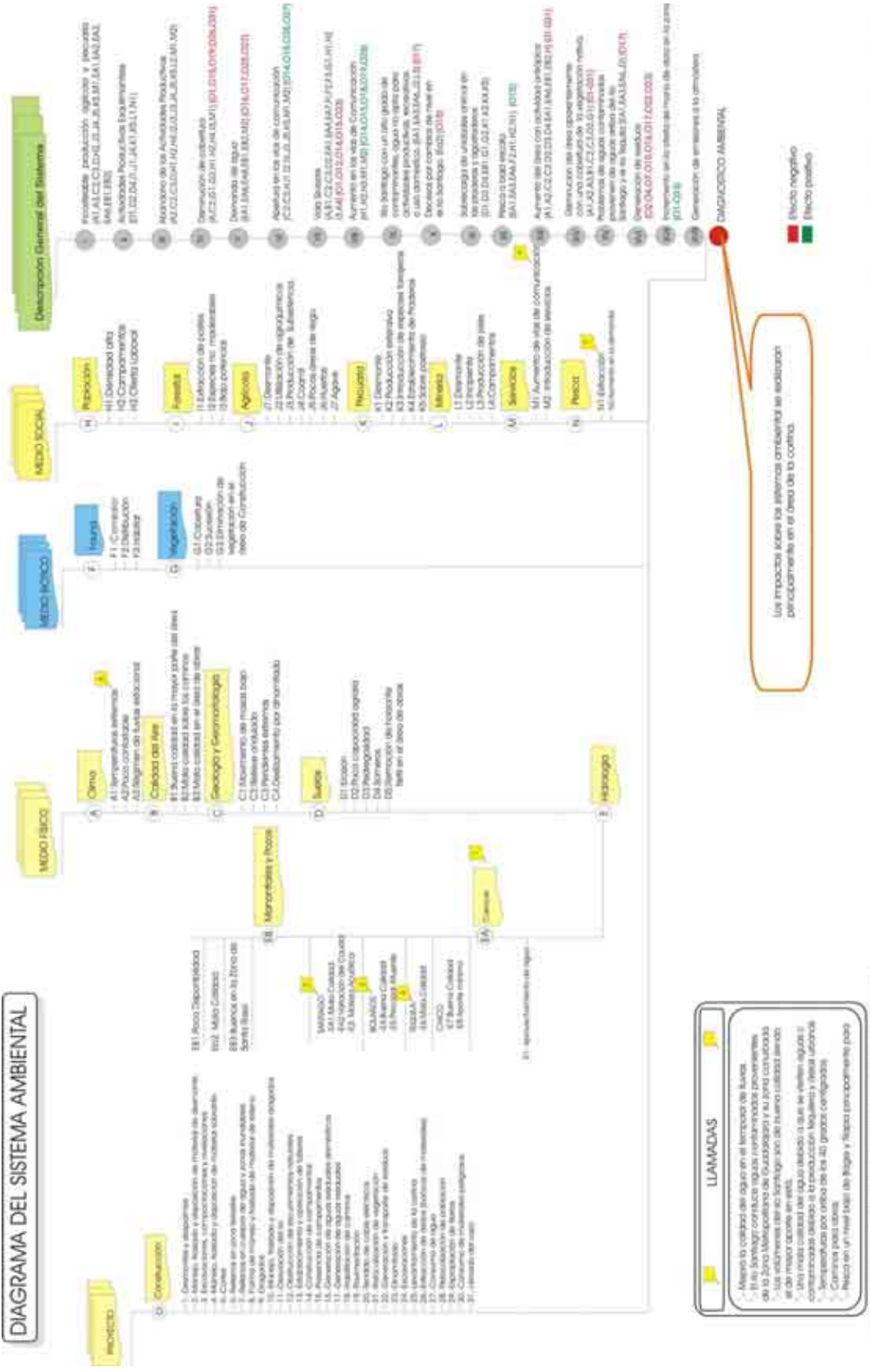


Figura 12. Diagrama del Sistema Ambiental – Fase de Construcción.

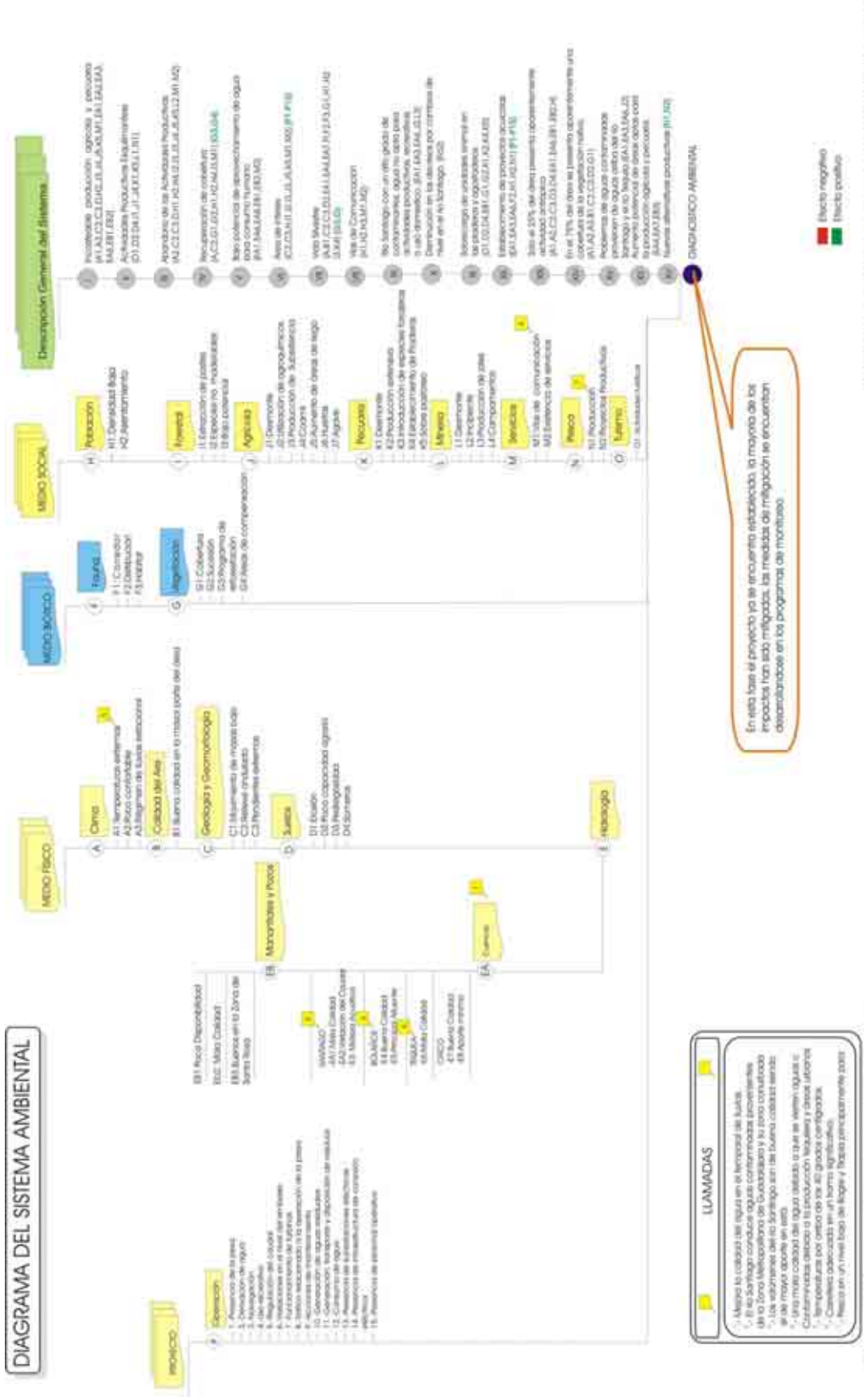


Figura 13.- Diagrama del Sistema Ambiental – Fase de Operación.

### **V.5.3 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE CAMBIO, PERTURBACIONES Y EFECTOS**

Con el objetivo de determinar e identificar las potenciales modificaciones al sistema ambiental causados por el desarrollo del PH La Yesca se realizaron una serie de redes de interacción las cuales se encuentran en el capítulo 8 (ver anexo capítulo V), de las cuales se obtuvieron las siguientes conclusiones.

#### **Construcción**

Con los rellenos se producirá erosión de sedimentos y rocas. Con las actividades de excavación, compactaciones, nivelaciones y el dinamitado se alterará la estabilidad de pendientes así como a los sistemas de flujos subterráneos (manantiales) y por consiguiente a las posibles fuentes de agua potable.

Con los cortes y dragados se eliminará la vegetación, lo que afectará a la flora terrestre. Los dragados harán que la carga sedimentaria aumente en el río lo que ocasionará redepósito de sedimentos.

Con la explotación de los bancos de material aumentará la erosión de suelo, rocas y sedimentos, aumentando el azolve de estos en el embalse de El Cajón. Con la desviación del río se cambiará el régimen del flujo, habrá variaciones en el cauce, lo que modificará los hábitat acuáticos, afectando de una manera directa a la flora y fauna acuática.

Con los desmontes y despalmes se tendrá un interperismo mecánico y una alteración a la roca, por lo cual se disminuirá la calidad de ésta, aumentando el sedimento suelto; por la remoción de vegetación se disminuirá la evapotranspiración, la humedad ambiental sufrirá modificaciones, así como el microclima, afectando a la flora y fauna.

El proceso de las ataguías y los túneles de desvío, variará el cauce del río lo que aumentará el depósito de sedimentos sobre el lecho del río y la disminución del depósito de sedimentos en los playones, modificando los hábitat acuáticos. Cabe mencionar que con este proceso se modificará la morfología del río aguas abajo con el NAMINO del embalse de El Cajón.

La construcción de caminos generará procesos erosivos, pero mejorará las vías de comunicación; disminuyendo el precio del abasto de mercancías y aumentando la disponibilidad de esto, lo que reflejará un aumento a la competitividad de la región y un aporte a la disminución de la marginación. Se generarán nuevos empleos, teniendo un crecimiento en la afluencia de trabajadores los cuáles se expondrán a las altas temperaturas, vibraciones, vehículos en movimiento, contaminantes y demás riesgos a la salud e integridad física de los trabajadores y la población.

Por el transporte de personal y materiales se generarán contaminantes atmosféricos y residuos peligrosos los cuales ocasionan un riesgo potencial a la salud e integridad física de los trabajadores. Con la generación y manejo de

residuos se corre el riesgo de afectar la calidad de las aguas superficiales y por lo tanto generar aguas residuales. Por la presencia de los campamentos se tendrá un crecimiento demográfico y un aumento en el consumo de agua potable; con el crecimiento demográfico se correrán riesgos a la salud (enfermedades sociales) tales como alcoholismo, drogadicción y enfermedades venéreas; aumentará las demandas de servicios, así como la mejora de los ya existentes.

La expropiación de la tierra cambiará el uso del suelo y generará los conflictos sociales potenciales. En la etapa de la operación habrá presencia permanente de los trabajadores, con lo cual los servicios públicos locales se tendrán que mantener y sufrir mejoras.

### **Bloqueo del Flujo del Río**

El bloqueo del flujo del río provocará la desaceleración del flujo de agua entrante por lo que se depositarán sedimentos suspendidos en el embalse y se depositarán a la entrada de éste causando aguas pantanosas e inundaciones aguas arriba, modificando los hábitat acuáticos en el embalse teniendo efectos sobre la flora y fauna acuática, como inundaciones de la cobertura vegetal, flora riparia y en galerías aguas arriba, ocasionando pérdida de hábitat y modificación en el paisaje. Los sedimentos suspendidos en el embalse reducirán la turbidez del agua, acumulando nutrientes, azolvando y rellenando el fondo del embalse disminuyendo el volumen útil de la presa. Se modificará la fisicoquímica del agua en el embalse, teniendo efectos sobre la producción de plancton y algas en el embalse, proliferando las malezas acuáticas. La modificación fisicoquímica del agua comenzará con el proceso de eutroficación, modificando el paisaje y generando pérdida de hábitat.

La reducción en el contenido de los sedimentos en las aguas de salida, reducirá la sedimentación sobre el lecho del río aguas abajo, modificando la morfología del río aguas abajo con el embalse de El Cajón en niveles bajos, teniendo efectos sobre la flora y fauna acuática, por lo que variarán los niveles del embalse de El Cajón, generando una franja estéril en los laterales del embalse de El Cajón y fragmentando la pérdida del paisaje natural. La reducción del depósito de sedimentos en las planicies de inundación aguas abajo modificará la morfología y el nivel de nutrientes en las planicies de inundación entre la cortina de La Yesca y el embalse de El Cajón, por lo cual se tendrán efectos acumulativos sobre la flora y fauna litoral por lo cual se modificará la diversidad de flora y fauna en ecosistemas litorales aguas abajo. Con la retención del contenido de sedimentos en suspensión y nutrientes aguas abajo se reducirá el depósito de sedimentos en El Cajón y en las lagunas litorales aguas abajo, teniendo efectos acumulativos sobre la flora y fauna litoral, modificando a su vez la diversidad de flora y fauna en ecosistemas litorales aguas abajo; se disminuirá el asolvamiento en El Cajón y aumentará su vida útil.

La obstrucción del movimiento en especies migratorias provocará efectos sobre especies de fauna acuática. El cambio en el nivel del Río Bolaños causará la sedimentación y cambio de calidad fisicoquímica en la nueva desembocadura del Bolaños y área de fluctuación del nivel del embalse, teniendo pérdida de hábitat, afectando a las especies de fauna acuática en el Río Bolaños.

## **Regulación del Flujo**

### **Llenado del Embalse**

El flujo del Río Santiago sufrirá cambios significativos por la presencia de la presa, lo cual generará a su vez cambios en el paisaje y que tendrán como consecuencia, una atracción turística para diversas actividades recreativas, lo que supone un crecimiento poblacional, en la zona, con lo que se generaran empleos y habrá un crecimiento económico en ésta, por lo que incrementará la plusvalía de los terrenos.

Aumentará el transporte fluvial (navegación), esto repercutirá en la diversificación de la actividad económica, incrementará la actividad pesquera en la zona del embalse. Con la alteración de la duración y los tiempos de llegada de los flujos máximos se alteraran las señales de navegación, así como la movilización de poblaciones de peces en el embalse.

Con el vertido de aguas para la generación eléctrica de una sección de toma profunda se reducirá el oxígeno disuelto aguas abajo de la presa, variará el cauce del río y generará una franja estéril en los laterales del embalse de El Cajón. Como se describen semicuantitativamente las variaciones en el flujo del río y el nivel del embalse de El Cajón por la actividad del PH La Yesca harán que la calidad del agua en el embalse de El Cajón – que se prospecta eutroficado - puedan regularse mejor y esto beneficie a las especies de flora y fauna en las orillas del embalse.

El llenado del embalse dará un aumento de presión del fluido sobre la roca, incrementando la inestabilidad de laderas y aumentando la frecuencia de eventos sísmicos. Con el aporte a la pérdida de tierras inundadas, se prevén pérdidas de posibles recursos mineros. Se inundarán manantiales, cambiando la posición del afloramiento de agua subterránea, formando un nuevo microhábitat; además afectará las fuentes de agua potable potenciales, dando posibles pérdidas de fuentes de agua y posibles riesgos a la salud y aumentando los costos de dotación de agua. Cuando se aumente el nivel de descarga a aguas subterráneas (cortina arriba), aumentará los niveles freáticos. Con la disminución de recarga del subálveo (cortina abajo), descenderán los niveles freáticos en el subálveo.

Con la alteración en la dinámica de los sedimentos, éstos se depositarán en el embalse causando asolvamiento del vaso, aportando retención de sedimentos en la cuenca y disminuyendo la vida útil de la presa; con la retención de los sedimentos en la cuenca se disminuirá la depositación sedimentaria en la zona litoral, cambiando en ecosistemas costeros. La reubicación de asentamientos, aumentará la demanda de suelo urbano, aumentando el valor de éste. La posibilidad de transporte fluvial mejorará la comunicación y disminuirá el precio del abasto, aportando el aumento de la competitividad de la región y la disminución de la marginación.

La construcción y mantenimiento de caminos y puentes se hará de la siguiente manera:

- Mantenimiento de caminos a PH La Yesca
- Construcción de camino a La Yesca por encima de la cortina
- Mantenimiento de camino a La Yesca

- Construcción de nuevo puente a Analco
- Mantenimiento de caminos a Analco

Con estas acciones se mejorará la comunicación y aumentará la competitividad en la región, disminuyendo la marginación.

Con la entrada de aguas contaminadas del río Santiago al cañón del río Bolaños se tendrán efectos sobre la fauna acuática del río Bolaños, provocando el cambio de biodiversidad debido al embalse, fragmentando la pérdida del paisaje natural.

Con el llenado del embalse se aumentará los niveles freáticos, cambiará la posición del afloramiento de aguas subterráneas y tendrán cambios en la vegetación debido al embalse; por lo tanto cambiará la biodiversidad debido al embalse y se tendrá un aumento de la productividad primaria. La inundación de tierras en el área del embalse provocará pérdida de hábitat en el área que ocupará el embalse, cambiando las poblaciones de fauna dependientes de las riberas y laderas. La inundación de tierras aumentará el área de aguas someras, creando nuevos hábitat, aumentando vectores de insectos transmisores de enfermedades, provocando riesgos a la salud humana.

Los cambios en las condiciones de río a condiciones de lago crearán un nuevo hábitat y a su vez la descomposición de la materia orgánica sumergida, proliferando las malezas acuáticas, lo cual traerá consigo la pérdida del paisaje, impedimento a la navegación y el aumento de la evapotranspiración, lo que aportará a la pérdida de agua en la cuenca.

El aporte de nutrientes desde el Río Santiago hará que proliferen las algas y se descompongan. Con la descomposición de las algas aumentará el consumo del oxígeno, desarrollando condiciones anóxicas en el embalse, teniendo efectos sobre las poblaciones de flora y fauna en el embalse. Estas condiciones anóxicas producirán Metano de mercurio tóxico, H<sub>2</sub>S (Hidróxido de Azufre) y Metano, generando olores molestos y contaminación del aire aumentando la producción de gases invernadero.

El aumento de aguas someras, genera la descomposición de materia orgánica sumergida y ayuda a la proliferación de plancton y algas en el embalse, generando la eutroficación, la cual tiene efectos sobre las poblaciones de flora y fauna en el embalse, produciendo un cambio en la biodiversidad acuática aguas abajo.

### **Almacenamiento del Flujo del Río**

Este almacenamiento provocará radiación de calor de la superficie del embalse, aumentando la humedad del aire y cambiando el clima local, lo cual tendrá efectos sobre la flora y fauna, modificando la diversidad debido al embalse. Con la disminución del albedo superficial aumentará la evaporación provocando pérdidas por la misma y aumentando la humedad y niebla localmente lo cual cambiara el confort climático para humanos y animales, creando un microhábitat favorable para insectos vectores de enfermedades por lo cual se corre el riesgo de la proliferación de insectos ocasionando riesgos a la salud por lo cual se incrementaran los costos de salud.

Los contaminantes de afluentes modificarán la fisicoquímica en el embalse (nutrientes, temperatura y oxígeno), generando la proliferación de algas y malezas acuáticas, afectando a la calidad visual. La estratificación térmica en el embalse afectará a las descargas del epilimnion (lámina de agua situada en la parte superior en una masa de agua estratificada) del embalse y las descargas del hipolimnion (lámina de agua situada en la parte inferior en una masa de agua estratificada); estas dos modificarán la constitución fisicoquímica del agua (aguas abajo), teniendo efectos sobre la producción de plancton aguas abajo y en la flora y fauna en el canal del río y parte alta del embalse de El Cajón. La disminución del flujo anual promedio aguas abajo aumentará el acumulativo de salinidad, lo cual generará un conflicto sobre los derechos de uso; pérdida acumulativa de agua por evapotranspiración, cambiando los patrones y densidad de la vegetación, modificando la diversidad de flora y fauna en los embalses y lagunas litorales aguas abajo.

El vertido de aguas excedentes reducirá el oxígeno disuelto aguas abajo de la presa, variará el cauce del río y generará una franja estéril en los laterales del embalse de El Cajón, por lo que se modificará la morfología del río aguas abajo con el embalse de El Cajón y afectará el paisaje provocando erosión y socavamiento basal y la pérdida del atractivo turístico. También la reducción de oxígeno disuelto aguas abajo de la presa limitará el hábitat de peces.

### **Regulación del flujo**

Las fluctuaciones en el nivel del embalse cambiarán la evaporación y la humedad ambiental, provocando variaciones en el microclima y los efectos sobre la flora y fauna, modificando la diversidad de la flora alrededor del embalse. Las fluctuaciones también provocarán erosión en las riberas del embalse y modificarán las coberturas, por lo cual se generará una franja estéril en los laterales de El Cajón, alterando la calidad visual y el paisaje. El depósito de material de carga sedimentaria en la cola del embalse y creación de planicies aluviales sedimentarios variarán la posición de aguas someras en la cola del embalse aumentando los nutrientes en el embalse, afectando la actividad pesquera y descomposición de la maleza acuática, por lo cual aumentará la eutricación, modificando la diversidad de las especies acuáticas en el embalse. Los efectos sobre hábitat acuáticos en el embalse se verán reflejados sobre la flora y fauna acuática en el embalse.

## **V.6 ESTIMACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LOS CAMBIOS GENERADOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

A continuación se describen las acciones que generarán los cambios al sistema ambiental regional, que serán de forma temporal o definitiva, de acuerdo con las actividades previstas en el desarrollo del PH La Yesca.

La estimación cualitativa y/o cuantitativa estará determinada mediante la función de transformación definida para cada componente ambiental, la cual reflejará el Índice de Calidad Ambiental (ICA) con proyecto.

Este ICA se comparará con el ICA sin proyecto, a fin de obtener el Impacto neto.

### **V.6.1 MEDIO FÍSICO**

#### **Clima**

Inicialmente se identificaron como las actividades del proyecto que pudieran impactar de manera significativa al clima, las siguientes:

En la etapa de construcción, desmontes y despalmes, así como pavimentación y llenado del vaso. En la etapa de operación, la presencia de la presa, y en la etapa de abandono la presencia a largo plazo de infraestructura remanente (Ver matriz original de relaciones causa-efecto).

Al aplicar las fichas de identificación de impactos para valorar de manera cuantitativa la significancia del posible impacto climático de las actividades descritas, se concluyó que ninguno de los impactos causados por estas actividades es de significancia alta, sino que más bien representan impactos de significancia media. Por lo anterior se revaloraron tales actividades del proyecto en la matriz de relaciones causa-efecto, descendíéndolas de significancia alta a significancia media (Ver matriz actualizada de relaciones causa-efecto).

De acuerdo con estos resultados, no procedía la elaboración y aplicación de índices de calidad ambiental y funciones de transformación para valorar de manera racional y cuantitativa los posibles impactos climáticos de las actividades mencionadas.

#### **Calidad del Aire**

Los proyectos hidroeléctricos se consideran de bajo impacto a la calidad del aire si se los compara con otras fuentes de energía, como es el caso de las termoeléctricas. Si como alternativa se planteará la instalación de una termoeléctrica para generar la energía eléctrica proyectada por el PH La Yesca, se emitirían contaminantes como resultado del consumo de combustibles, arrojando a la atmósfera alrededor de 659 toneladas de SO<sub>2</sub>; 1 034 000 toneladas de CO<sub>2</sub>; 1 760 toneladas de NO<sub>x</sub> y 555 toneladas de partículas suspendidas anuales.



El impacto en la calidad del aire se presentará durante la etapa de construcción. Las fuentes de emisión de contaminantes son móviles y puntuales, principalmente maquinaria, vehículos que circulan por terracerías, movimientos de tierra, la explotación de bancos de material, el dinamitado, el consumo y almacenamiento de combustibles, la trituración de roca y la fabricación de concreto.

Los contaminantes emitidos a la atmósfera son principalmente las partículas como resultado del movimiento de tierras y actividades de construcción, las cuales representan un peligro para la salud de los trabajadores y la reducción de la visibilidad, incrementando los riesgos de accidentabilidad, por lo que se proponen medidas de mitigación para reducir los niveles de emisión partículas.

La zona de estudio se encuentra en una zona encañonada, ya que en una superficie de poco más de 70 000 ha que cubre el área de influencia del proyecto se tiene un diferencial de elevación de poco más de 1 700 m entre el punto más bajo y el más alto. La dispersión de los contaminantes se ve influida por esta condición topográfica, especialmente para los parámetros de dirección y velocidad del viento, ya que los contaminantes emitidos durante la etapa de construcción en la zona más baja del proyecto se dispersarán con mayor dificultad.

Para la identificación de impactos en la calidad del aire se realizó una estimación de las emisiones que se generan en el área del proyecto durante la etapa de construcción, delimitada en un radio de 750 m de la cortina, con una superficie total de 176 ha. Las fuentes consideradas en esta estimación son las relacionadas con las actividades de construcción. También se han estimado las emisiones de los bancos de préstamo, que se encuentran en una superficie mayor, a distancias de hasta 7 km de la cortina. Se estima que las emisiones de partículas en el área de construcción será de 2 708 ton/año, para el monóxido de carbono de 95 ton/año, 89 ton anuales de hidrocarburos, 288 ton anuales de óxidos de nitrógeno y 42 ton/año de óxidos de azufre. Otra fuente significativa de partículas son los bancos de material, localizados en un radio de 7 km de la cortina. Se estima que los bancos de préstamo pueden llegar a emitir 5 300 ton/año de partículas. Considerando las emisiones actuales de partículas en el área del proyecto y las que se originarán durante la etapa de construcción, se determina que el cambio es significativo, aunque temporal.

En las fichas de identificación de impactos ambientales se establece que la intensidad para las partículas es muy alta, aunque en ninguno de los casos se identificaron impactos con significancia alta para el aire, ya que las emisiones son temporales y dejarán de generarse una vez que hayan concluido las obras y actividades del proyecto correspondientes a la etapa de construcción.

## **Geología.**

Cuando el sitio La Yesca se analiza con la instalación del proyecto hidroeléctrico los procesos que el área de geociencias identificó como potencialmente peligrosos, particularmente durante la etapa de construcción y operación, fundamentalmente en el llenado del embalse con la presencia de sismicidad inducida y probabilidades de generar movimiento de masas, con inestabilidades en las laderas de acuerdo al grado de los eventos sísmicos presentes (estas áreas se pueden consultar en plano de riesgos).

Los cortes y excavaciones pueden inducir movimientos sísmicos de baja intensidad que eventualmente ocasionan deslizamientos (desprendimientos con rodados de rocas). Estos procesos son mitigables si el área de geotecnia diseña los cortes de tal manera que los taludes permanezcan estables.

Para excavar los túneles normalmente se usa dinamita lo que implica la posibilidad de generar movimientos inducidos, ello puede fracturar la roca, reactivar una falla o acelerar el movimiento de masas. Sin embargo, con el tratamiento que debe darse a la roca para el desarrollo de la obra, la inestabilidad del terreno se reduce. Dependiendo del método de excavación, puede variar la significancia del impacto.

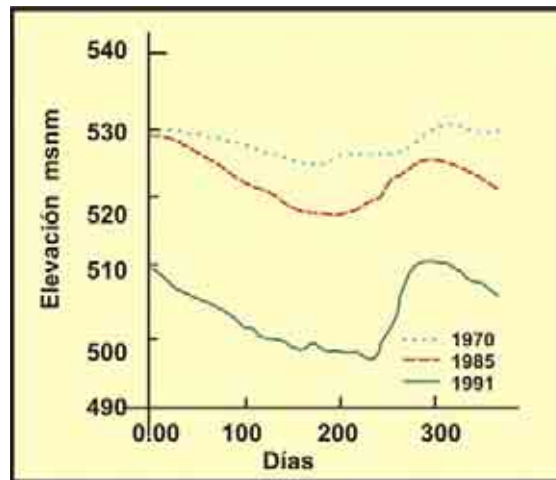
Uno de los mayores efectos en la construcción de una presa hidrogeneradora es provocada por el llenado del embalse. La sismicidad inducida en embalses representa, cualquier cambio originado en el comportamiento sísmico de una región. Este tipo de sismicidad depende directamente de la velocidad del llenado y condiciones geológicas del área (por ejemplo el grado de fracturamiento de la roca).

La frecuencia y magnitud de la sismicidad inducida en el área de influencia de la presa están relacionadas con los cambios cíclicos del nivel del embalse. Los ciclos de aumento y descenso en el nivel de una presa, en temporadas de lluvia y estiaje, provocan que el estado de esfuerzos, y por lo tanto el régimen de sismicidad en el área de la cortina y embalse, se alteran en función del tiempo.

Las observaciones sismológicas continuas de una presa han mostrado que la ocurrencia de la sismicidad inducida tiene la tendencia a disminuir con el tiempo y las manifestaciones de brotes sísmicos son correlacionables con el aumento y disminución del nivel del embalse. En el caso de Aguamilpa hubo una excepción, ya que se registraron temblores de hasta 5.0 grados (Mc), como ocurrió en el 28 de octubre de 1988.

La implicación de la sismicidad y su correlación con las estructuras geológicas regionales y locales, en centrales hidroeléctricas como Aguamilpa y Santa Rosa, donde el régimen de sismicidad local se modificó como resultado de la alteración en el estado de esfuerzos, por el llenado de sus embalses. Ambas centrales se localizan dentro del mismo marco tectónico que el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca ello no implica que el desarrollo y evolución de la sismicidad en ambas centrales sea similar a ésta. Si se toma en cuenta que ambas presas (Aguamilpa y Santa Rosa), tienen diferentes dimensiones y los cambios de la actividad sísmica debida al llenado no siguen un patrón simple. En la Gráfica 11 se muestran las variaciones del nivel del embalse en una presa con respecto al

tiempo. Como se observa en la gráfica 11 después de los 250 días el embalse alcanzó su elevación máxima en tres años diferentes.

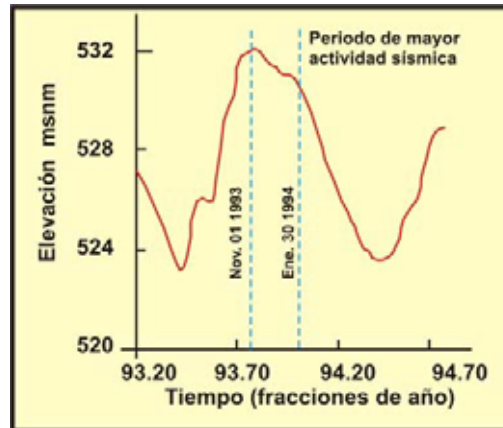


**Gráfica 11. Comportamiento creciente de los niveles del embalse Durante tres años en una hidroeléctrica**

La sismicidad inducida se debe a que las actividades humanas cambian las condiciones de poros y grietas del terreno por medio de inyecciones de fluidos, excavaciones o bien por grandes embalses como en este caso. La sismicidad inducida originado por un embalse puede deberse a dos procesos: uno ligado a los esfuerzos originados por el peso de la masa de agua y otro relacionado al campo de esfuerzos de la zona. Los reportes de sismicidad inducida a nivel mundial causados por grandes embalses se encuentran en el intervalo entre 0 y 6.5 grados (Gough, 1980).

La cantidad de sismos inducidos puede variar desde unos cuantos hasta varias decenas. En el caso particular de Aguamilpa, Nayarit se registraron hasta 45 mil eventos, al menos uno de ellos alcanzó una magnitud de hasta 5.0 grados (Mc) . Para analizar el comportamiento de la sismicidad con los ciclos de aumento y descenso del nivel del embalse se deben construir histogramas de frecuencia de sismos cada 5 días contra el tiempo y el número de sismos en el mismo intervalo contra tiempo en periodos de un año.

Por otra parte, el nivel del embalse (gráfica 12), se ha incrementado a través del tiempo (Bravo et al., 1994); en efecto, durante el año de 1979 los niveles máximos no sobrepasaron los 510 metros sobre el nivel del mar (msnm). Para el año de 1985 estos niveles aumentaron a 528 msnm y para 1991 los niveles máximos registrados fueron de 530 msnm; de aquí se observa en veinte años de 1971 a 1991, se tienen diferencias del orden de 20 m; o sea el nivel del embalse ha aumentado en promedio un metro por año.



**Gráfica12. Relación de la sismicidad con los niveles de agua durante el llenado del embalse en una presa.**

En 1993 se alcanzaron niveles históricos altos de 532 msnm (Figura 12), que concuerdan con el periodo de mayor actividad sísmica registrada en la presa; ya que en noviembre se registraron sismos con magnitud coda mayor de 2 grados, el último de éstos tiene la mayor magnitud registrada en el sitio.

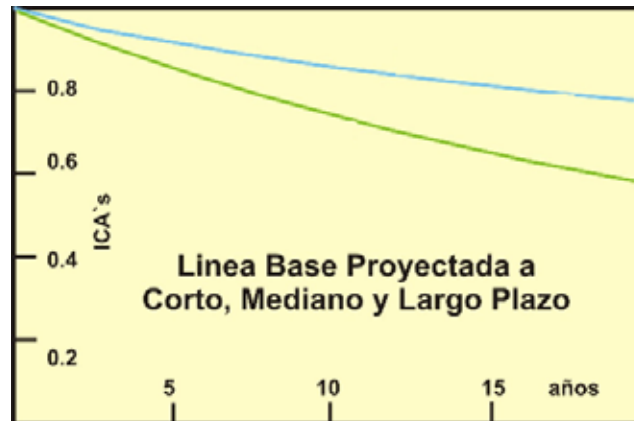
Por otra parte, en los meses de estiaje de marzo-mayo de 1994 se registraron dos sismos de magnitud de coda de 2.41 grados, cuando el nivel del embalse era mínimo (524).

Un caso muy claro en la presencia de sismicidad inducida es la C.H. Aguamilpa, que en 10 años de monitoreo sísmico, se observó un incremento de la sismicidad en función del aumento (hay fracturamiento de la roca). Del análisis de estos datos se observó que en época de estiaje el nivel del embalse desciende y la actividad sísmica disminuye progresivamente manteniendo esta tendencia. Una vez que se ha estabilizado la sismicidad inducida, se darán ocasionalmente a corto plazo enjambres o brotes sísmicos.

Lo anterior demuestra que la sismicidad inducida por el llenado del embalse, está en función de la geología del área, la velocidad del llenado y las variaciones constantes de los niveles del embalse máximos y mínimos, como se muestra en la gráfica 12.

Para el caso del P. H. La Yesca se tendrán niveles de aguas máximas de operación de 578 msnm y nivel de aguas mínimas de operación de 518 msnm, lo que implica elevar el nivel del embalse de mínimo a máximo de 20 m.

Las evidencias sismológicas de la presencia de sismicidad inducida, deben indicar: ruidos escuchados en superficie, eventos sísmicos de baja frecuencia, concentración de sismos en las márgenes del embalse, profundidades someras de los focos; relación de la sismicidad con el nivel del embalse en épocas de lluvias como de estiaje; comportamiento caótico de los sismos, sin ninguna aparente alineación, todas estas características indican que la sismicidad registrada es de tipo inducido.



Gráfica 13. Proyección de línea base a corto, mediano y largo plazo.

En la gráfica 13 se presenta el impacto generado por un evento sísmico considerando un sismo de magnitud 8 o mayor, sin embargo un sismo de estas características, dada la historia sísmica de la región difícilmente puede ocurrir.

Además de la sismicidad, otro proceso geológico analizado está relacionado con deslizamientos (movimientos de masa) en el más amplio sentido del proceso. Este proceso tiende a desplazar un cierto volumen de material tanto a lo largo de planos de discontinuidades como encauzados en valles. Para generar un desplazamiento de masas, en el caso del estudio sin proyecto, es necesaria la ocurrencia de un sismo de magnitud considerable.



Figura 14. Bloques con probabilidades de deslizamiento, pero de poco Volumen.

Como se señaló en la sismicidad histórica, los eventos sísmicos tienen periodos de recurrencia demasiados grandes por lo que, de manera intuitiva, se puede aplicar para la ocurrencia de un movimiento de masas en el estudio sin proyecto. Las características que deben tener estos movimientos de masas para ser considerados como potencialmente peligrosos se relacionan principalmente con: su volumen, la velocidad del movimiento y el elemento susceptible de daño. Lo cual no es el caso en el PH La Yesca.

De acuerdo a las características físicas del macizo rocoso, en la zona del embalse, se estima que no se tendrán problemas importantes de estabilidad, excepto en zonas muy localizadas (que también ocurren a lo largo de la zona del embalse, ver plano de riesgos). Los de talud que por su posición de 45 grados de inclinación hacia el río y por las condiciones de humedad a las que estará sometida, es factible que ocurran deslizamientos. Sin embargo, por su lejanía a la cortina y por su reducido volumen, no representa riesgo para la zona del vaso, aún cuando se presente un fuerte movimiento sísmico en corto, mediano o largo plazo. En la figura 14 se muestran dos casos donde las discontinuidades del macizo rocoso favorecen el deslizamiento de la masa rocosa.

Finalmente, y aunque en términos reales pudiese ser poco probable, existe riesgo secundario asociado al volcán Ceboruco, además de éstos, se encuentran los volcanes Tequila y la Caldera de la Primavera, asociados al graben Tepic-Zacoalco.

### Funciones de transformación

En geología una de las variables utilizadas fue el concepto de magnitud de un sismo, introducido para proporcionar una medida instrumental del mismo, utilizando mediciones del movimiento de la tierra tomando en consideración la distancia y la profundidad focal. El desarrollo posterior condujo al uso de muchas fases sísmicas diferentes y a esfuerzos ya sea para “unificar” los resultados obtenidos por métodos diferentes en una medida común de la energía sísmica o de utilizar diferencias entre estimados individuales para un sismo dado para construir un cuadro del carácter de la fuente. Las estadísticas de las magnitudes han venido a proporcionar la base para el estudio y la comparación de la actividad sísmica de diferentes regiones de la tierra, o para estudiar la variación de actividad con el tiempo en una región dada.

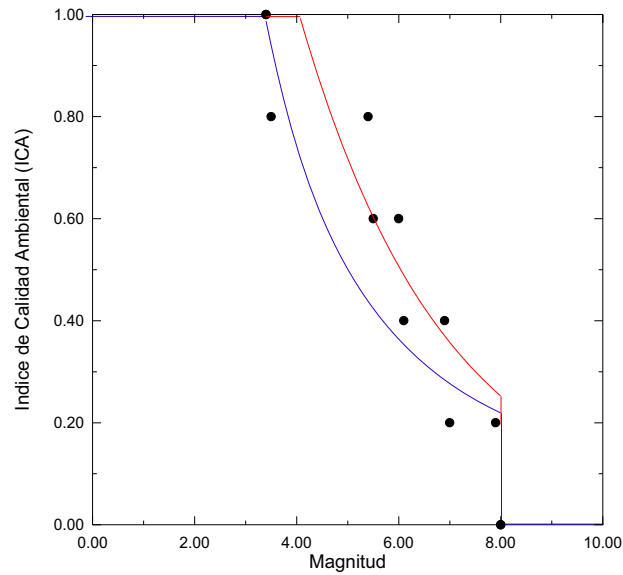
La energía liberada en el foco del terremoto se define en función de la amplitud máxima de la onda sísmica, cuya ecuación está dada de la siguiente forma:

$$M_{richter} = ML = \log A - \log A_0 ; \log A_0 = 6.37 - 3 \log A$$

La relación entre la magnitud sísmica y la calidad ambiental se muestra en la tabla 3 y gráfica 14.

**Tabla 3. Índice de Calidad Ambiental ICA 3.2:  
Aceleración Máxima del Terreno Variables que relaciona: V 3.2**

ICA	DESCRIPCIÓN	CALIDAD
0	Gran Terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas al epicentro (Magnitud 8 o mayor).	Degradación Total
0.2	Fuerte Terremoto. Causa graves daños (Magnitud 7.0-7.9)	Muy Baja Calidad
0.4	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente (Magnitud 6.1-6.9).	Baja Calidad
0.6	Ocasiona daños ligeros (Magnitud 5.5-6.0).	Calidad Moderada
0.8	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores (Magnitud 3.5-5.4)	Buena Calidad.
1.0	Generalmente no se siente, pero es registrado (< 3.5).	Calidad Óptima.



**Gráfica 14. Relación magnitud-ica donde se establece la relación entre los valores máximo (línea roja) y mínimo (línea azul) de la magnitud y los ICA. Nótese que para un mismo ICA (e.g. 0.40) se tiene un rango más amplio para la magnitud. Los puntos indican el rango teórico mostrado en la tabla 3.**

Con el fin de determinar el potencial sísmico de las estructuras que pudieran representar mayor peligro para el PH La Yesca, es necesario realizar la estimación de la aceleración teórica máxima creíble debido al movimiento de una estructura geológica.

Para realizar la estimación de la aceleración teórica máxima que los sismos históricos pudieron originar en el PH La Yesca, se utilizó la relación de Bufaliza (1984) quien propuso las leyes de atenuación basadas exclusivamente en temblores mexicanos. La relación utilizada se basa, en la dependencia de la magnitud y la distancia epicentral cuya ecuación se da en la siguiente relación matemática.

$$\text{Log } a = 0.349 + 0.307 M - 0.211 \log R - 0.0027 R$$

Donde: a = Aceleración Teórica Máxima  
M = Magnitud del sismo  
R = Distancia epicentral del sismo al sitio de estudio

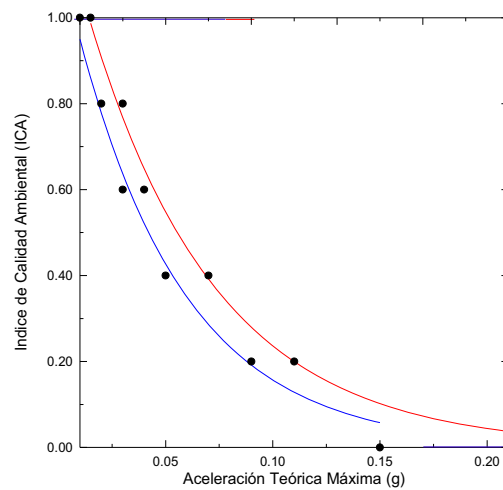
El índice de la calidad ambiental (ICA) y su relación con la aceleración teórica máxima se muestra en la tabla 4 y gráfica 15.

**Tabla 4. Índice de calidad ambiental.**

ICA	DISTANCIA (Km)	MAGNITUD (Ms)	ACELERACIÓN (g)
0	20	7.0 - 7.5	0.15 - 0.21 (o mayor)
0.2	40	6.6 - 6.9	0.09 - 0.11
0.4	60	6.0 - 6.5	0.05 - 0.07
0.6	80	5.0 - 5.9	0.03 - 0.04
0.8	90	5.0 - 5.5	0.02 - 0.03
1.0	100	4.5 - 4.9	0.01 - 0.015

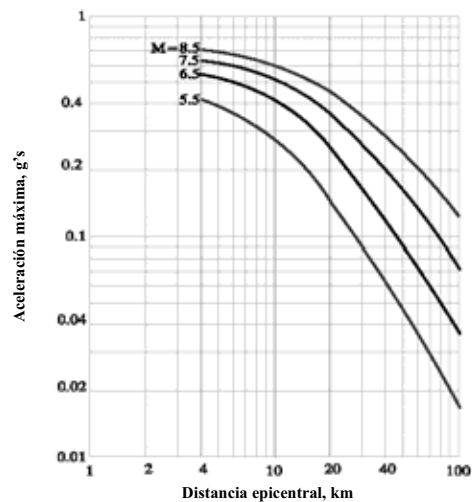
El índice de calidad ambiental para la aceleración teórica máxima se manejará solamente como de mala calidad si el valor sobrepasa de 0.2 g. El resto de valores obtenidos para diferentes distancias y magnitudes se puede considerar aceptable.

Para referencia, los sismos de campo lejano como los eventos de 1900 y 1932 ocurridos en las costas de Jalisco a 200 Km ( $M = 8.0^\circ$ ) y 181 km ( $M=8.4^\circ$ ), respectivamente, generarían aceleraciones en el sitio de estudio de 0.06 g y 0.09 g, que corresponderían a eventos de campo cercano con magnitudes de  $6.0^\circ$  a  $6.9^\circ$  y a una distancia epicentral entre 40 y 60 km, razón por la que no se consideran de importancia para el cálculo de aceleraciones máximas teóricas en este estudio, dado que ya se tomaron en cuenta estos intervalos.



**Gráfica 15. Curva Aceleración teórica máxima-ICA donde se establece la relación entre los valores máximo (línea roja) y mínimo (línea azul) de la aceleración y los ICA. Nótese que para un mismo ICA (e.g. 0.20) se tiene un rango más amplio para la aceleración. Los puntos indican el rango teórico mostrado en la tabla 4.**





**Gráfica 16.** Esta grafica permite estimar la aceleración máxima del terreno en función de la magnitud y la distancia del epicentro a la zona de estudio

## Suelos

### Riesgo de erosión

En el estudio de riesgo de erosión, se estimaron las pérdidas de suelos, considerando la erosión potencial, la erosión actual y el riesgo de erosión de los suelos del área de estudio que comprende 65 000,00 ha. Los resultados obtenidos, muestran pérdidas de suelos que varían de moderadas a ligeras, por lo que la calidad ambiental de los suelos se estima en un valor promedio de 0,82 (ver figura del riesgo de erosión); este valor relativamente alto, se debe principalmente a la importancia que manifiesta el uso del suelo, dominando la selva baja caducifolia.

A pesar de las condiciones topográficas, con relieve de muy ondulado a escarpado, la cubierta vegetal juega un papel muy importante en la protección del suelo al impacto de la lluvia y al efecto de las tormentas; es por ello que en la gráfica, las clases de erosión actual de los suelos muestreados, resultan en pérdidas menores a 25 ton/ha/año. En el caso del sitio de la boquilla, durante la etapa de construcción, presentará una clase de riesgo de erosión “Muy alta”, conforme al Cuadro de referencia para pérdidas de suelos, presentado en el capítulo de riesgo de erosión.

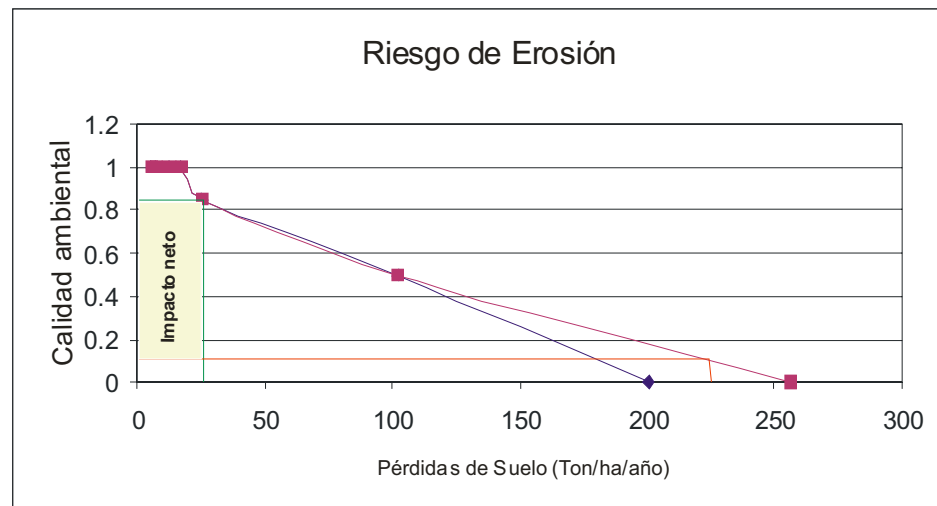
La clase de erosión corresponde a una pérdida de suelos de 215,67 ton/ha/año, para los suelos del sitio de la boquilla; este nivel se refiere a la erosión potencial que probablemente se presentará, en los sitios donde se desmonte, despalme y se remueve el material geológico, durante el proceso de construcción de la cortina y proyectos asociados.

En el siguiente cuadro se presentan las clases de erosión actual del área de proyecto y su relación con los niveles de los índices de calidad ambiental ya señalados.

**Tabla 5. Resultados de Erosión Actual.**

<b>Clases de Erosión</b>	<b>Calidad Ambiental</b>
0-5	1
6-10	1
11-15	1
16-20	1
20-50	0,85
51-100	0,5
100-200	0
215 boquilla	0

Para la construcción de la función de transformación (Gómez, 1999), se emplearon los resultados de las pérdidas de suelos del área de estudio, señaladas en las clases de erosión del cuadro anterior y se determinó una Media Ponderada de pérdida de suelo de 22,57 ton/ha/año, con el fin de estimar la calidad ambiental del área.



Gráfica 17. Riesgo de erosión.

En la función de transformación se encuentra la línea azul que corresponde a la tendencia de las pérdidas de suelo actuales (sin proyecto) y la línea roja corresponde a la etapa de construcción del proyecto, en el que la pérdida de suelos máxima sería de 215,67 ton/ha/año. Una vez que se termine la obra y se inicie el llenado del vaso, se habrán concluido también las obras de restauración y rehabilitación del área colindante; quedando nuevamente, el riesgo de erosión, en un nivel de pérdida de suelos menor a las 10 ton/ha/año.

### Uso potencial.

Se estimaron las clases de uso potencial, de los suelos del área de estudio que comprende el manifiesto de impacto ambiental, con una superficie de 65 000,00 ha. Los resultados obtenidos, muestran las clases de suelos que varían de buenas a extremadamente pobres, por lo que la calidad ambiental de los suelos se estima en un valor promedio de 0,53; este valor medio ponderado se obtiene para determinar el nivel de calidad ambiental señalado.

Para los suelos del sitio de la boquilla, las clases de uso potencial son V, VI, VII y VIII; estas clases se refieren a un uso limitado de los terrenos y no apropiados para el cultivo. Las clases de tierras V a VII, pueden dedicarse a pastos y bosques; mientras que la clase VIII, por sus limitaciones severas, una de ellas o combinadas, restringen su uso exclusivamente a actividades silvícolas, recarga de acuíferos y recreación.

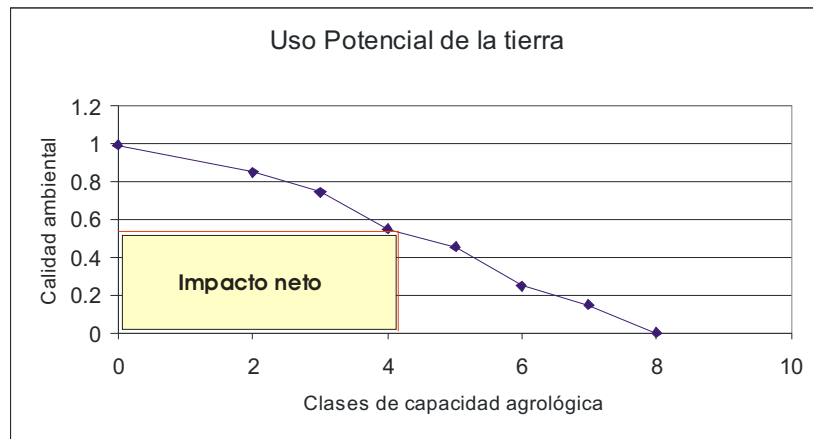
En el siguiente cuadro se presentan las clases de uso potencial del área de proyecto y su relación con los índices de calidad ambiental ya señalados.

**Tabla 6. Clases Uso Potencial y Calidad Ambiental.**

Clases de Uso potencial	Calidad Ambiental
II	0.85
III	0.75
IV	0.55
V	0.45
VI	0.25
VII	0.15
VIII	0

Para la construcción de la función de transformación, se emplearon los resultados de las clases de uso potencial, señaladas en las clases de uso del cuadro anterior y se determinó una Media Ponderada de clases de uso que es de IV, con el fin de estimar la calidad ambiental del área.

En la función de transformación se encuentra la línea azul que corresponde a la tendencia de las pérdidas de suelo actuales (sin proyecto); mientras que con el proyecto, el sitio de la boquilla alcanzará una clase VIII (o inferior si la hubiera), debido al desmonte, despalme y movimiento de tierras que se sucederán en la etapa de construcción. Una vez que se inicie la etapa de Operación, con las obras de restauración y rehabilitación de suelos, los suelos colindantes a la cortina de la presa, alcanzarán al menos el nivel de la clase IV ponderada.



**Gráfica 17. Uso potencial de la tierra.**

## Geomorfología

Los índices de riesgo de cada microunidad ambiental fueron calculados para obtener los índices de calidad ambiental geomorfológicos para cada microunidad en cada escenario.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del índice de riesgo para las microunidades ambientales geomorfológicas definidas:

**Tabla 7. Índice de riesgo para cada microunidad ambiental.**

MICROUNIDAD AMBIENTAL	SIN PROYECTO	CON PROYECTO		
		CONSTRUCCIÓN	LLENADO DEL EMBALSE	OPERACIÓN
	$R_{\text{Sin proyecto}}$	$R_{\text{Construcción}}$	$R_{\text{Llenado embalse}}$	$R_{\text{Operación}}$
<i>Micro Unidad Ambiental 1</i>	0.30	0.33	0.32	0.36
<i>Micro Unidad Ambiental 2</i>	0.33	0.34	0.34	0.36
<i>Micro Unidad Ambiental 3</i>	0.24	0.24	0.25	0.30
<i>Micro Unidad Ambiental 4</i>	0.21	0.22	0.22	0.24
<i>Micro Unidad Ambiental 5</i>	0.22	0.22	0.23	0.25
<i>Micro Unidad Ambiental 6</i>	0.27	0.27	0.27	0.30
<i>Micro Unidad Ambiental 7</i>	0.20	0.20	0.20	0.22
<i>Micro Unidad Ambiental 8</i>	0.21	0.21	0.21	0.21

En las ocho microunidades ambientales evaluadas se puede apreciar que el índice de riesgo sin proyecto se encuentra por debajo de la mitad del valor máximo de riesgo (0.75). Las microunidades que presentan la evaluación del índice de riesgo mayor son la 1 y la 2. Esto se debe principalmente a que estas zonas tienen altas pendientes, barrancos y una red de drenaje de alta densidad.

Las evaluaciones de los índices de riesgo con proyecto son relativamente bajas en las ocho microunidades ambientales geomorfológicas definidas. Sin embargo, los índices más altos se muestran en la etapa de operación, esto se debe principalmente a que el riesgo de remoción en masa aumenta con las fluctuaciones en el embalse una vez que se lleva a cabo el proyecto.

Los resultados de las variaciones en los índices de riesgo de cada microunidad ambiental geomorfológica y los cálculos para el ICA se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 8. Índice de calidad ambiental para cada microunidad ambiental.**

MU Ambiental <sup>38</sup>	CONSTRUCCIÓN		LLENADO DEL VASO		OPERACIÓN	
	Variación	ICA	Varia ción	ICA	Variación	ICA
<i>Micro Unidad Ambiental 1</i>	0.10	0.80	0.05	0.90	0.21	0.63
<i>Micro Unidad Ambiental 2</i>	0.05	0.91	0.05	0.90	0.10	0.82
<i>Micro Unidad Ambiental 3</i>	0.00	1.00	0.05	0.90	0.26	0.54
<i>Micro Unidad Ambiental 4</i>	0.03	0.94	0.06	0.88	0.15	0.72
<i>Micro Unidad Ambiental 5</i>	0.00	1.00	0.03	0.94	0.14	0.74
<i>Micro Unidad Ambiental 6</i>	0.00	1.00	0.00	1.00	0.11	0.78
<i>Micro Unidad Ambiental 7</i>	0.00	1.00	0.00	1.00	0.10	0.80
<i>Micro Unidad Ambiental 8</i>	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00

Los resultados de los índices de calidad ambiental arrojaron que las microunidades ambientales más susceptibles a sufrir una redepositación de materiales son la microunidad ambiental 1 y la microunidad ambiental 3, ambas en la etapa de operación.

### Hidrología.

En este capítulo se realiza un modelado de simulación para calidad de agua del futuro embalse del PH La Yesca, integrando información recopilada para caracterizar el sistema ambiental y sus funciones, incluyendo componentes de geomorfología e hidrología. Asimismo los resultados de la simulación se utilizan para desarrollar los índices de calidad de agua en términos de hidrología superficial y subterránea para creación de escenarios con proyecto.

### Modelado de Calidad de Agua del Embalse

#### Introducción

La eutroficación es un proceso natural de envejecimiento de cuerpos de agua (ya sea que se trate de cuerpos lóticos<sup>39</sup> o cuerpos lénticos<sup>40</sup>) en el cual aumenta la concentración de nutrientes orgánicos (nitrógeno y fósforo, siendo uno de éstos el nutriente limitante). El aumento en la concentración de nutrientes trae consigo el desarrollo de algas y demás plantas acuáticas, las cuales agotan el oxígeno disuelto del agua impidiendo así el desarrollo de la vida en el lago, y reduciendo paulatinamente la profundidad del vaso lacustre al incrementar la cantidad de sedimentos en el fondo (Metcalf & Eddy, Inc., 1991). Asimismo, la eutroficación trae consigo problemas de color, olor y sabor en el agua, cambios en el pH (acidificación debido a la sobreproducción de CO<sub>2</sub>) y el reemplazo de las especies biológicas nativas del lago por otras especies más resistentes al detrimento de la calidad del agua, como la Tilapia -Cichlidæ sp.- (Schnoor, J. L., 1996).

<sup>38</sup> Por su dimensión se delimitaron microunidades ambientales, que son descritas y presentadas en el capítulo IV

<sup>39</sup> Los cuerpos lóticos son aquellos cuerpos de agua en los cuales se presenta una dirección de flujo dominante debida a la advección, es decir, cuerpos tales como ríos o arroyos, mismos que suelen ser afluentes o efluentes de cuerpos lénticos.

<sup>40</sup> Los cuerpos lénticos son aquellos cuerpos de agua en los cuales sus dimensiones físicas permiten la acumulación de agua, dándose un mayor tiempo de residencia para el desarrollo de patrones de flujo secundario –corrientes- debidas a los fenómenos de dispersión y difusión. Los cuerpos lénticos por excelencia son los lagos, lagunas, presas, mares y océanos.

De acuerdo con Schnoor (1996), para modelar las condiciones de eutrofización en lagos, o presas se necesita considerar factores tales como:

- Temperatura.
- Intensidad de la luz
- Dimensiones del lago o presa.
- Tiempo.
- Constantes cinéticas (tales como velocidades de degradación y de desarrollo de plancton).
- Desde luego, es indispensable considerar la interacción de:
  - Nutrientes (fósforo P, nitrógeno N y en algunos casos, silicio Si).
  - Carga orgánica (carbono C orgánico).
  - Zooplancton (biomasa) y Fitoplancton (biomasa de algas y cianobacterias y clorofila a).
  - Peces (biomasa).

Finalmente, entre más avanzada sea la eutrofización de un lago, su estado trófico puede ser: oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, politrófico o hipertrófico. No existe una barrera definida para determinar el estado trófico de un lago, pues éste depende no sólo de la cantidad de nutrientes en sus aguas (principalmente fósforo), sino además de su carga superficial  $q_s$  (la cual equivale al cociente entre el flujo volumétrico de salida del lago  $Q_s$  y el área superficial del mismo) y de su tiempo de residencia  $\tau$  (Chapra, S. C., 1997). Normalmente, los criterios desarrollados hasta el momento para intentar determinar el estado trófico de un lago implican métodos gráficos en escala logarítmica involucrando cargas superficiales de nutrientes (fósforo), la profundidad media del lago y su tiempo de retención hidráulica, como es el caso del criterio de Vollenweider (Chapra, S. C., 1997), pero ninguno ha logrado definir fronteras inequívocas entre los estados tróficos posibles en un lago o presa.

Para el caso de un sistema hidrológico como el de La Yesca, cuya presa aún no ha sido construida, el planteamiento de los sistemas ambientales propios del proyecto deberá identificar y explicar las interrelaciones de los diferentes factores de orden físico, químico y biológico en torno a su impacto sobre la calidad del agua. Mediante el empleo de herramientas de cómputo y la expresión matemática de los procesos de degradación, transporte y destino de contaminantes en la hidrología de La Yesca, es posible integrarlos dentro un sistema capaz de simular la eutrofización potencial de la Presa de La Yesca bajo distintos escenarios de modelación. No obstante, un sistema de información capaz de tal nivel de simulación, supone la disponibilidad de información y datos de distintos órdenes, tales como: bioquímico, meteorológico, cinético, topográfico, batimétrico, hidrológico, microbiológico y de calidad del agua de primer nivel para el sistema hídrico afluentes-presa<sup>41</sup> en cuestión en el área de influencia (definida dada la localización de las siete estaciones de monitoreo contempladas para el proyecto<sup>42</sup>).

<sup>41</sup> Para el proyecto en cuestión, los afluentes identificados son el Río Bolaños y el Río Santiago. Por presa, se sobreentiende la Presa de La Yesca.

<sup>42</sup> A saber, las siete estaciones de monitoreo para el proyecto son:

E1 CH Santa Rosa (en el embalse Santa Rosa).

E2 Río Santiago antes de su confluencia con el arroyo Tequila.

E3 Arroyo Tequila antes de su confluencia con el río Santiago.

E4 Río Santiago antes y cercana a su confluencia con el río Bolaños.

E5 Río Bolaños (próxima a su confluencia con el río Santiago).

E6 Río Santiago en el sitio de la cortina.

## **Objetivos**

El proyecto referido en este escrito busca cumplir con un objetivo general y varios objetivos particulares, todos ellos descritos a continuación:

### **Objetivo General**

Desarrollar un modelo hidrológico de calidad del agua para la Presa de La Yesca (con énfasis en el proceso de eutroficación del sistema hídrico), el cual sirva de apoyo para la evaluación de impactos, la construcción de escenarios y la selección de medidas de mitigación correspondientes al Proyecto evaluado.

### **Objetivos Particulares**

- Crear una herramienta útil para la determinación de Índices de Calidad Ambiental generales para el PHLY.
- Obtener valores confiables de parámetros de calidad del agua a partir de monitoreos de muestras de agua del sistema hidrológico La Yesca en puntos geo-referenciados.
- Analizar estadísticamente los resultados de los muestreos de calidad del agua a fin de encontrar posibles correlaciones entre diversos parámetros para el sistema hídrico afluentes-presa.
- Desarrollar un modelo morfométrico y un balance volumétrico para la presa
- Utilizar un Sistema de Información Geográfica [SIG] del área de influencia del sistema hidrológico La Yesca, para hacer el análisis de la distribución espacial de la calidad del agua de la presa.
- Adaptar y resolver un modelo matemático de calidad del agua asociado al proceso de eutroficación de la presa. Asimismo, realizar la simulación computarizada y análisis tridimensional de los sistemas de calidad del agua de la Presa de La Yesca bajo distintos escenarios de modelación.
- Identificar zonas anóxicas potenciales y tendencias espaciales de anoxia dentro de la presa.

### **Desarrollo del modelado**

La información metodológica del desarrollo del modelo se incluye en el capítulo VII 2 J “Explicación de los modelos matemáticos”, con el título de Modelado de Eutroficación.

En los apartados siguientes se destacarán los principales resultado del modelo. Se citan las fórmulas y tablas del documento completo incorporado en el anexo 28 (Modelo de Eutroficación) para mantener la lógica del desarrollo de la interpretación de datos, formulación del modelo y obtención de resultados.

### **Caracterización Morfológica del Sistema Afluentes-Presa del PH La Yesca**

La morfología de un cuerpo de agua es de vital importancia para la calidad del modelado de eutroficación del mismo, pues la dinámica de los contaminantes dentro de un cuerpo lótico o léntico depende en gran medida de su hidráulica, la cual está a su vez determinada por la forma física del cuerpo, así como de sus áreas superficial y transversal.



Esta sección muestra la caracterización y parametrización que hizo en torno a la Presa de La Yesca, a fin de expresar sus dimensiones físicas en lenguaje matemático útil para incorporar en la programación del modelo de calidad del agua y eutroficación de dicho cuerpo.

### Curvas Paramétricas de Volumen y Área Superficial en Función de la Cota Superficial de la Presa

El primer paso para describir la morfometría de la Presa de La Yesca, fue analizar los datos de área superficial en función de la cota superficial para las diez secciones horizontales que pudo generar el SIG del proyecto. Las secciones horizontales están dadas cada 20 m de profundidad. A partir de tales datos, se calculó el volumen medio almacenado entre cada sección horizontal, multiplicando el área superficial promedio entre dos secciones horizontales por la distancia vertical entre ellas (20 m). Los resultados se resumen en la Tabla 9.

**Tabla 9. Dimensiones Físicas de la Presa de La Yesca.**

Altitud de la Cota (msnm)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen de la sección horizontal (m <sup>3</sup> )	Volumen almacenado total (m <sup>3</sup> )	Profundidad máxima (m)	Profundidad media (m)
580	37,266,346	674,137,961	2,693,949,663	180	72.29
560	30,147,450	540,009,747	2,019,811,701	160	67.00
540	23,853,524	426,498,144	1,479,801,954	140	62.04
520	18,796,290	335,522,616	1,053,303,810	120	56.04
500	14,755,971	260,462,465	717,781,194	100	48.64
480	11,290,275	193,780,939	457,318,730	80	40.51
460	8,087,819	133,503,917	263,537,790	60	32.58
440	5,262,573	81,321,730	130,033,874	40	24.71
420	2,869,600	35,368,049	48,712,144	20	16.98
400	667,205	13,344,095	13,344,095	0	---

En la Tabla 3 anterior, la columna de volumen almacenado total indica el volumen de líquido contenido en la presa hasta la cota correspondiente.

Por su parte, la profundidad máxima (H) se definió como la profundidad tal de la presa cuando el nivel del agua alcanzase la altitud de la cota correspondiente, y que por tanto equivale a la diferencia entre la altitud de la cota dada la superficie de la presa  $h_s$  y la cota correspondiente a su nivel mínimo  $h_0$ , es decir:

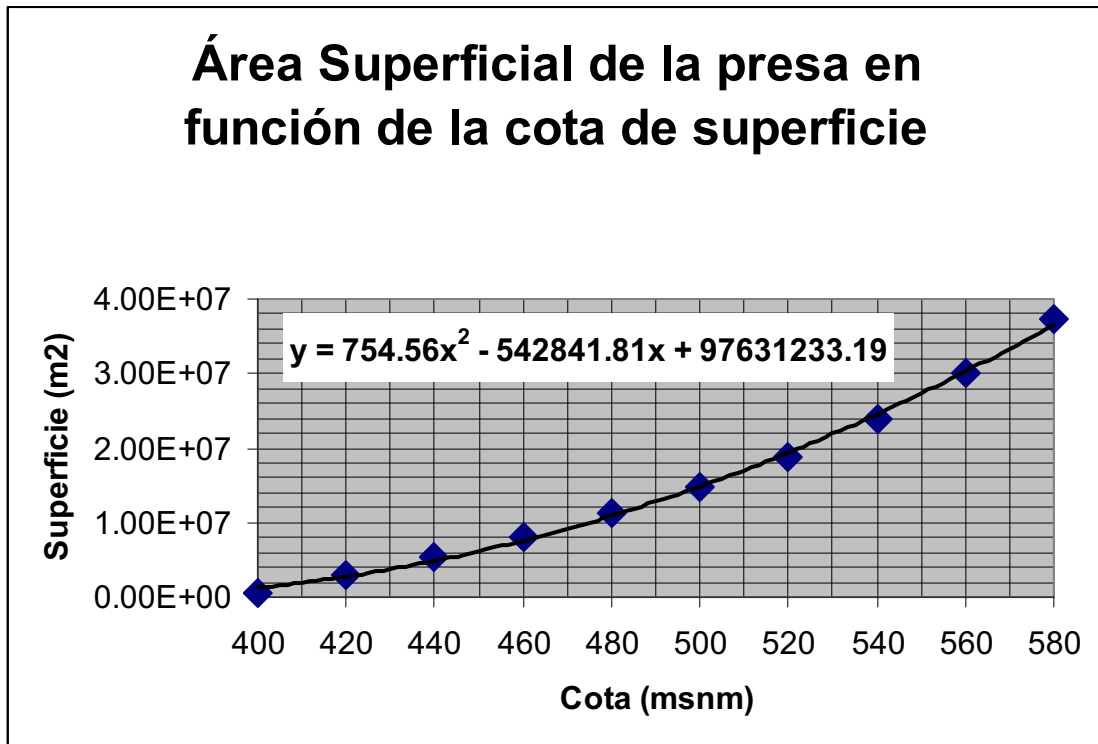
$$(1.1) \quad H \equiv h_s - h_0$$

Asimismo, la profundidad media (Hmed) se definió como el cociente entre el volumen total almacenado en la presa (V) y el área superficial (Asup) correspondiente al espejo del agua, dado una altitud de la cota alcanzada por el nivel del agua:

(1.2)

A partir de los datos de la Tabla 9, se graficaron las curvas de las gráfica 18 y 19, correspondientes al área superficial y al volumen expresados en función de la altitud de la cota alcanzada por el nivel del agua, respectivamente.

**Gráfica 18. Curva Paramétrica de Área Superficial en función de la Altitud de la Cota Superficial para la Presa de La Yesca.**



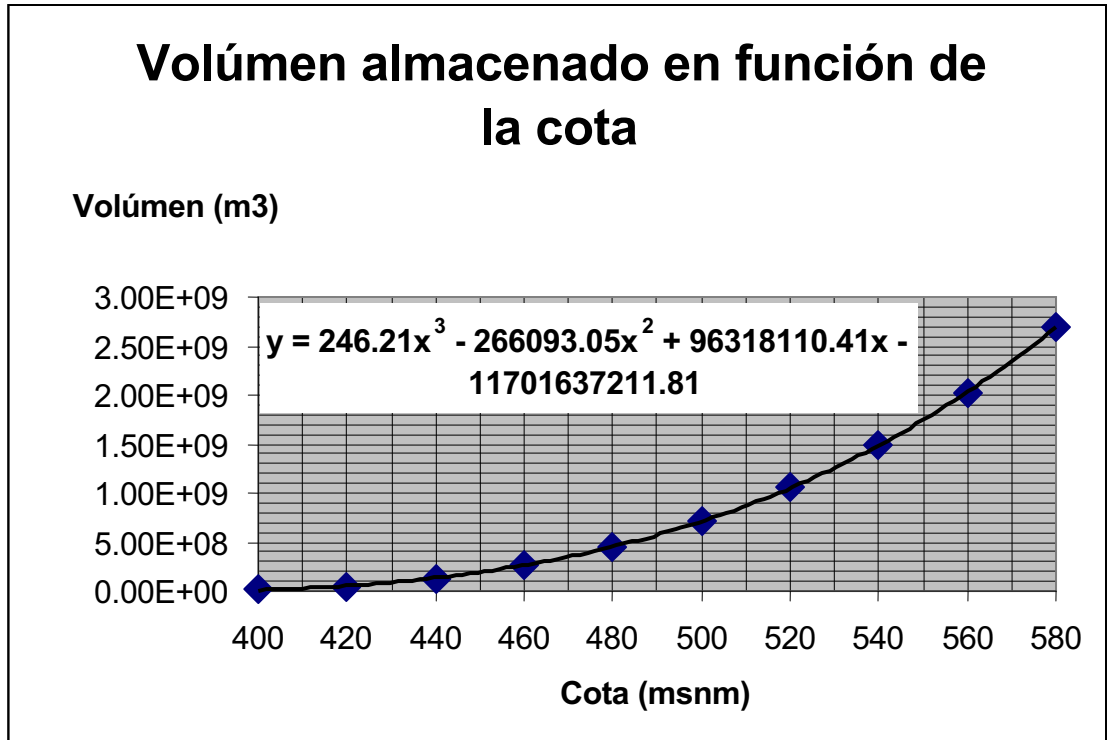
A partir de las gráfica 18 y 19, pudieron determinarse las siguientes expresiones para la Presa de La Yesca:

$$(1.3) \quad A_{\text{sup}} \equiv 754.56h_s^2 - 542841.81h_s + 97931233.19$$

$$(1.4) \equiv 246,21h_s^3 - 266093,05h_s^2 + 96318110,41h_s - 11701637211,81$$

De esta forma, las Ecuaciones (1.3) y (1.4) permiten calcular el área superficial y el volumen contenido en la presa dada la altitud de la cota correspondiente a la superficie del agua.

**Gráfica 19. Curva Paramétrica de Volumen Almacenado en función de la Altitud de la Cota Superficial para la Presa de La Yesca.**



A partir de las Ecuaciones (1.3) y (1.4), se construyó la tabla 10 la cual indica las variaciones de las dimensiones de la Presa de La Yesca a largo del año. Las estimaciones de la cota superficial media mensual fueron calculadas a partir de estudios de CFE.

**Tabla 10. Caracterización de las Dimensiones de la Presa de La Yesca durante los Meses del Año.**

Mes	Cota (msnm)	Área superficial (m <sup>2</sup> )	Volúmen almacenado (m <sup>3</sup> )
Enero	557,62	29 554 718,09	1 957 742 638,19
Febrero	553,63	28 375 022,76	1 843 419 532,83
Marzo	549,98	27 316 894,51	1 742 823 668,14
Abril	546,31	26 273 239,09	1 645 441 202,44
Mayo	542,57	25 230 588,87	1 550 009 422,39
Junio	541,63	24 971 851,85	1 526 619 347,69
Julio	555,19	28 833 396,64	1 887 570 650,62
Agosto	563,72	31 404 704,74	2 141 527 022,64
Septiembre	567,58	32 604 361,55	2 263 580 059,01
Octubre	566,87	32 382 011,71	2 240 789 911,17
Noviembre	564,01	31 494 053,20	2 150 540 159,90
Diciembre	560,94	30 554 631,79	2 056 402 635,08

Asimismo, la tabla 11 muestra las dimensiones esperadas para los niveles característicos del proyecto.

**Tabla 11. Dimensiones Características de la Presa de La Yesca, dados los niveles de operación y diseño.**

Nivel	Cota (msnm)	Área superficial (m <sup>2</sup> )	Volumen almacenado (m <sup>3</sup> )
Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME)	578	35,955,090	2,616,086,997
Nivel de Aguas Máximo de Operación (NAMO)	575	34,973,592	2,511,090,836
Nivel de Aguas Mínimo Ordinario (NAMINO)	518	18,905,733	1,013,171,389
Nivel de Diseño	560	30,269,836	2,028,139,498

### Modelo Morfométrico de la Presa de La Yesca

Un modelo morfométrico de un lago o presa es una sola expresión matemática la cual relaciona las dimensiones físicas fundamentales de dicho cuerpo léntico: profundidad máxima, profundidad media, área superficial y volumen almacenado (D'Urquiza, A., 2004).

Para el planteamiento de un modelo morfométrico propio para la Presa de La Yesca, se partió del razonamiento indicado por de Anda, J., Quiñones-Cisneros, S. E., French, R. & Guzmán, M. (1998), según el cual si se considera inicialmente al lago o presa ya sea como una pirámide invertida o un prisma rectangular, entonces su volumen  $V$  y área superficial  $A_{sup}$  pueden aproximarse proporcionalmente a las potencias cúbica ( $x=3$ ) y cuadrada ( $y=2$ ) de su profundidad máxima  $H$ , respectivamente:

$$(1.5) \quad V \propto H^x$$

$$(1.6) \quad A_{sup} \propto H^y$$

Así, a partir de las Expresiones (11.5) y (11.6), se consideró que:

$$(1.7) \quad \frac{V}{A_{sup}} \propto H^n$$

donde el superíndice  $n$  equivale teóricamente a la unidad para el caso de geometrías regulares, es decir a la diferencia  $n = x - y$ . Sin embargo, para geometrías más complejas (como las encontradas en la naturaleza), el modelo anterior puede aproximarse razonablemente para distintos valores de  $n$ , junto con valores específicos de proporcionalidad, indicados por la constante  $k$  en la siguiente expresión:

$$(1.8) \quad \frac{V}{A_{sup}} = kH^n$$

donde a la relación de  $V/A_{sup}$  se le denominó profundidad media de la presa,  $H_{med}$ .

No obstante la falta de datos batimétricos para la Presa de La Yesca, los datos disponibles en la Tabla 20 se ajustaron por medio de mínimos cuadrados a la

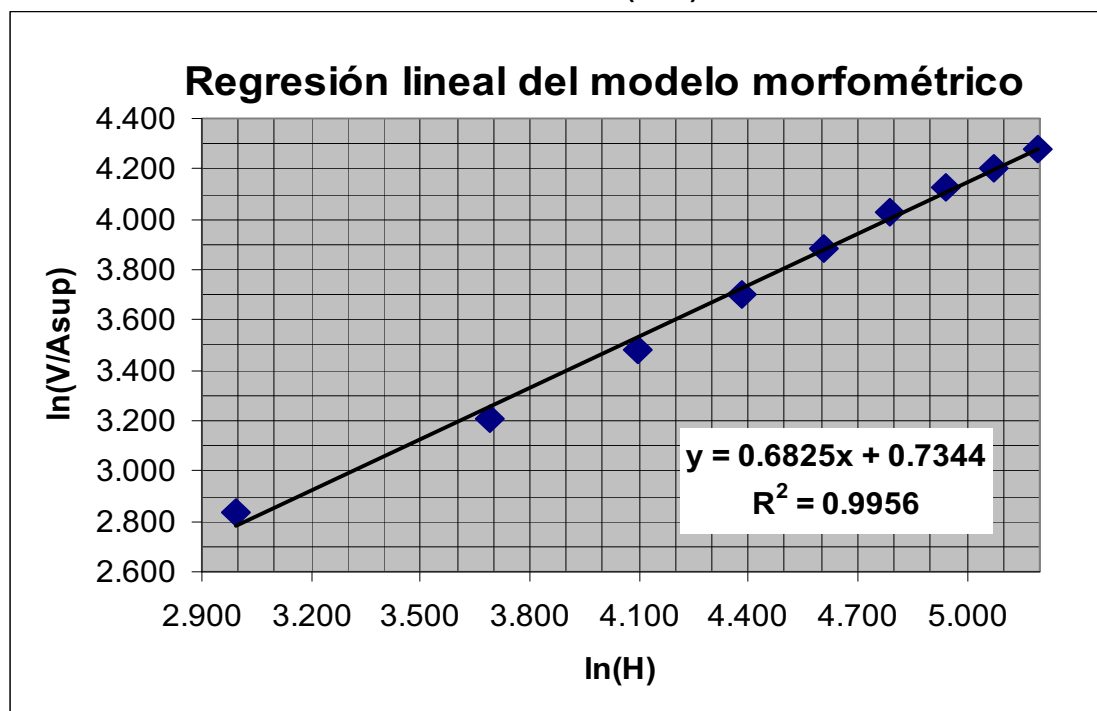
linealización de la Ecuación (1.8) mediante el empleo de logaritmos naturales:

$$(1.9) \quad \ln\left(\frac{V}{A_{\text{sup}}}\right) = \ln k + n \ln H$$

De tal forma, el ajuste de los datos de la Tabla 4 al modelo anterior dio la siguiente regresión lineal con un coeficiente de correlación de Pearson  $r=0.9978$ . La regresión (11.10) puede contemplarse en forma gráfica en la gráfica 20.

$$(1.10) \quad \ln\left(\frac{V}{A_{\text{sup}}}\right) = 0,7344 + 0,6825 \ln H$$

**Gráfica 20. Regresión lineal de los Datos de la Tabla 20, bajo la forma de la Ecuación (11.9).**



Por lo tanto, el modelo morfométrico de la presa queda expresado en la Ecuación (1.11) con las variables en unidades consistentes en sistema SI.

$$(1.11) \quad \frac{V}{A_{\text{sup}}} = 2.0841H^{0.6825}$$

Dado que es más común expresar el nivel de una presa en términos de su cota superficial  $h_s$ , sustituyendo la Ecuación (1.1) en (1.11), con  $h_0 = 400\text{msnm}$ , entonces el modelo morfométrico de la Presa de la Yesca es:

$$(1.12) \quad \frac{V}{A_{\text{sup}}} = 2.0841(h_s - 400)^{0.6825}$$

donde  $h_s$  está dada en msnm,  $A_{sup}$  en  $m^2$ , y  $V$  en  $m^3$ .

### **Balance Volumétrico de la Presa de La Yesca**

Una vez caracterizada la presa en cuanto a su geometría de acuerdo con las Ecuaciones (1.3), (1.4) y (1.12), se procedió a llevar a cabo el balance hidrológico del cuerpo de agua. De esta forma, se presenta la Ecuación Hidrológica (Fetter, C. W., 2001) en su forma general para cualquier cuerpo de agua:

$$(11.13) \quad \text{Acumulación} = \sum_i (\text{Entradas})_i - \sum_j (\text{Salidas})_j$$

donde la acumulación es el cambio de volumen almacenado en la presa en función del tiempo  $dV/dt$ . Asimismo, los flujos volumétricos de entrada posibles a una presa comúnmente pueden ser: lluvias, escorrentías, corrientes superficiales tales como ríos y arroyos, descargas de aguas residuales y corrientes subterráneas tales como corrientes de infiltración y manantiales sumergidos, las cuales pueden ser simplificadas en dos categorías: precipitación y escurrimientos. De la misma forma, entre las salidas posibles a una presa se encuentran corrientes superficiales como ríos, aprovechamiento para consumo agrícola o poblacional, evaporación, evapotranspiración y exfiltraciones, las cuales serán simplificadas en dos categorías: evaporación y extracciones. Así, la Ecuación (1.13) se escribió como:

$$(11.14) \quad \frac{dV}{dt} = Q_p + Q_{esc} - Q_{ext} - Q_{evap}$$

donde  $Q$  denota flujo volumétrico, y sus diversos subíndices tienen los significados descritos a continuación:  $p$  indica la precipitación sobre la presa,  $esc$  corresponde a las escorrentías de entrada a la presa,  $ext$  se refiere a las extracciones de la presa, y  $evap$  denota el fenómeno de evaporación en la superficie de la presa.

Dado que en el límite diferencial, el incremento de una variable tiende a su diferencial, es decir,  $\Delta V \rightarrow dV$  y  $\Delta t \rightarrow dt$ , entonces:

$$(11.15) \quad \Delta V \approx (Q_p + Q_{esc} - Q_{ext} - Q_{evap}) \Delta t$$

donde los intervalos de volumen y tiempo corresponden a las siguientes definiciones:

$$(1.16) \quad \Delta V \equiv V - V_0$$

$$(1.17) \quad \Delta t \equiv t - t_0$$

donde a su vez,  $V_0$  es el volumen inicial para el intervalo de tiempo  $\Delta t$ , y  $t_0$  es el tiempo inicial considerado arbitrariamente como igual a cero.

La Ecuación (1.15) constituye el balance hidrológico de la Presa de La Yesca, cuya expresión está escrita en términos de flujos volumétricos. Recuérdese que el producto de un flujo volumétrico por el tiempo resulta en un volumen. Así, una aproximación a la Ecuación (1.15) en términos de volúmenes totales sobre una base temporal constante -indicada por un intervalo de tiempo  $\Delta t$  acorde a la

definición (1.17)- se expresa a continuación:

$$(11.18) \quad \Delta V \approx V_p + V_{esc} - V_{ext} - V_{evap}$$

Así, el balance volumétrico de Presa de La Yesca descrito en la Ecuación (1.18) sobre períodos definidos de tiempo, puede usarse para aproximar el balance hidrológico de la Ecuación (1.14), y explicar así el funcionamiento del vaso. Desde luego, la resolución temporal de los datos empleados para calcular dichos volúmenes influye sobre la calidad de la aproximación: entre menor sea el período de tiempo al que correspondan los datos sobre el cual se aplique la Ecuación (1.18), mejor será su aproximación a las condiciones reales del balance.

Asimismo, considérese la sustitución de la Ecuación (1.16) en (1.18):

$$(11.19) \quad V = V_0 + V_p + V_{esc} - V_{ext} - V_{evap}$$

Nótese que se hubiera obtenido una expresión idéntica a la Ecuación (1.19) de haber integrado la Ecuación (1.14) bajo la suposición de flujos volumétricos invariantes en el tiempo, pero se prefirió la explicación usada en la página anterior para resaltar el carácter de aproximación a la realidad que posee la Ecuación (1.19), así como su validez para lapsos de tiempo razonablemente cortos, pues los flujos volumétricos de la Ecuación (1.14) en la realidad no pueden considerarse estrictamente constantes.

En la Ecuación (1.19), V está dado por la Ecuación (1.4) –consúltese la Tabla 21-V0 se obtiene mediante la diferencia entre el volumen del mes actual menos el correspondiente al mes anterior. Por su parte, Vp y Vevap están dados por las Ecuaciones (1.20) y (11.21). El aporte mensual del volumen debido a la precipitación Vp sobre la presa, se efectuó a partir de la siguiente expresión:

$$(11.20) \quad V_p = PA_{sup}$$

donde P es la precipitación mensual (aunque usualmente se expresa en milímetros), y Asup es, desde luego, el área superficial de la presa, calculada a partir de la Ecuación (11.3). En cuanto al volumen evaporado Vevap mensualmente desde la superficie de la presa, éste se calculó de acuerdo con:

$$(11.21) \quad V_{evap} = \eta EA_{sup}$$

donde  $\eta$  es un factor de eficiencia de evaporación, recomendado en 0.7 de acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad (2004), E es el valor promedio de evaporación mensual medida (nótese que E y Asup deben expresarse en unidades consistentes, por ejemplo, m y m<sup>2</sup>, respectivamente).

A continuación, la tabla 12 contiene la memoria de cálculo de los volúmenes de precipitación y evaporación para la Presa de La Yesca, de acuerdo a datos promedio mensuales de las variables P y E, según la Comisión Federal de Electricidad (2004).

**Tabla 12. Cálculo de los Volúmenes Mensuales de Precipitación y Evaporación para la Presa de La Yesca.**

Mes	Precipitación (mm)	Volúmen precipitado ( $m^3$ )	Evaporación medida (mm)	Volúmen evaporado ( $m^3$ )	Flujo de evaporación ( $m^3/d$ )
Enero	12.8	378,300	117.7	2,435,013	7.855E+04
Febrero	8.9	252,538	162.2	3,221,700	1.151E+05
Marzo	4.3	117,463	261.9	5,008,006	1.615E+05
Abril	3.9	102,466	307.6	5,657,154	1.886E+05
Mayo	13.6	343,136	338.7	5,981,920	1.930E+05
Junio	150.8	3,765,755	260.1	4,546,625	1.516E+05
Julio	251.2	7,242,949	268.4	5,417,219	1.747E+05
Agosto	207.9	6,529,038	158.9	3,493,145	1.127E+05
Septiembre	149.4	4,871,092	142.6	3,254,567	1.085E+05
Octubre	50.9	1,648,244	142.5	3,230,106	1.042E+05
Noviembre	13.6	428,319	117.7	2,594,795	8.649E+04
Diciembre	16.5	504,151	96.2	2,057,549	6.637E+04
<i>Total</i>	<i>883.8</i>	<i>26,183,452</i>	<i>2374.5</i>	<i>46,897,800</i>	<i>---</i>

Para completar el balance de la Ecuación (1.19), los volúmenes Vesc se tomaron de la Comisión Federal de Electricidad (2004) –véase la tabla 13-, a partir de datos de la Comisión Nacional del Agua recabados entre 1949 y 2002.

**Tabla 13. Volúmenes Mensuales de Escurrimiento para la Presa de La Yesca.**

Mes (1949-2002)	Volumen de Escurrimiento ( $Mm^3$ )	Gasto de Escurrimiento ( $m^3/s$ )
Enero	107.82	40.26
Febrero	77.75	32.14
Marzo	81.07	30.27
Abril	79.99	30.86
Mayo	78.66	29.37
Junio	159.36	61.48
Julio	627.35	234.23
Agosto	779.94	291.20
Septiembre	625.62	241.37
Octubre	273.30	102.04
Noviembre	112.78	43.51
Diciembre	84.54	31.56
<i>Total</i>	<i>3,088.18</i>	<i>97.36</i>

De esta forma, la única variable con valor desconocido en la Ecuación (1.19) es el volumen colectivo de las extracciones de la presa,  $V_{ext}$ , calculado a partir su despeje en dicha expresión. La memoria de cálculo del balance volumétrico se



presenta en la tabla 14.

**Tabla 14. Balance Volumétrico de la Presa de la Yesca.**

Mes	Acumulación		Entradas		Salidas	
	Volumen almacenado (m <sup>3</sup> )	Incremento de Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen precipitado (m <sup>3</sup> )	Volumen de escurrimiento (m <sup>3</sup> )	Volumen evaporado (m <sup>3</sup> )	Volumen extraído (m <sup>3</sup> )
Enero	1,957,742,638	-98,659,997	378,300	107,820,000	2,435,013	204,423,284
Febrero	1,843,419,533	-114,323,105	252,538	77,750,000	3,221,700	189,103,943
Marzo	1,742,823,668	-100,595,865	117,463	81,070,000	5,008,006	176,775,321
Abril	1,645,441,202	-97,382,466	102,466	79,990,000	5,657,154	171,817,777
Mayo	1,550,009,422	-95,431,780	343,136	78,660,000	5,981,920	168,452,996
Junio	1,526,619,348	-23,390,075	3,765,755	159,360,000	4,546,625	181,969,205
Julio	1,887,570,651	360,951,303	7,242,949	627,350,000	5,417,219	268,224,428
Agosto	2,141,527,023	253,956,372	6,529,038	779,940,000	3,493,145	529,019,521
Septiembre	2,263,580,059	122,053,036	4,871,092	625,620,000	3,254,567	505,183,488
Octubre	2,240,789,911	-22,790,148	1,648,244	273,300,000	3,230,106	294,508,287
Noviembre	2,150,540,160	-90,249,751	428,319	112,780,000	2,594,795	200,863,275
Diciembre	2,056,402,635	-94,137,525	504,151	84,540,000	2,057,549	177,124,127
Promedio	1,917,205,521	0	2,181,954	257,348,333	3,908,150	255,622,138
Total	23,006,466,250	0	26,183,452	3,088,180,000	46,897,800	3,067,465,652

En la Tabla 8 anterior, puede apreciarse que la Presa de La Yesca tendrá una reducción en su volumen almacenado en la temporada de octubre hasta junio y una recuperación durante los meses de julio a septiembre. La columna indicando el volumen extraído expresa la cantidad tope de agua que podrá dejarse salir de la presa a fin de asegurar la recuperación de su nivel durante su operación anual.

#### Tiempo de Retención Hidráulica de la Presa de La Yesca

La caracterización de los tiempos de retención hidráulica según las entradas a la presa ( $\tau_e$ ) para cada mes del año, se utilizó la Ecuación (1.22):

$$(11.22) \quad \tau_e = t \left( \frac{V}{\sum_i V_{e,i}} \right)_{mes}$$

donde  $V_e$  es usado para indicar un volumen para cada entrada  $i$  identificada previamente (en otras palabras, escurrimientos y precipitación directa sobre la presa considerando el caso de La Yesca).

El significado físico del tiempo de retención hidráulica  $\tau_e$  (es decir, en función de las entradas a la Presa de La Yesca) se refiere al tiempo promedio en que será renovada totalmente el agua contenida en la presa por el agua que entre al vaso ya sea por precipitación o escorrentías. Los cálculos se muestran en la tabla 15.

**Tabla 15. Cálculo de los Tiempos de Retención Hidráulica y Flujos de Entrada para la Presa de La Yesca.**

Mes	Volumen almacenado (m <sup>3</sup> )	Entradas totales (m <sup>3</sup> )	Flujo de entrada (m <sup>3</sup> /d)	Flujo de entrada (m <sup>3</sup> /s)	Tiempo de retención (d)	Tiempo de retención (semanas)	Tiempo de retención (meses)
Enero	1,957,742,638	108,198,300	3,490,268	40.4	561	80	17.8
Febrero	1,843,419,533	78,002,538	2,785,805	32.2	662	95	21.0
Marzo	1,742,823,668	81,187,463	2,618,950	30.3	665	95	21.1
Abril	1,645,441,202	80,092,466	2,669,749	30.9	616	88	19.6
Mayo	1,550,009,422	79,003,136	2,548,488	29.5	608	87	19.3
Junio	1,526,619,348	163,125,755	5,437,525	62.9	281	40	8.9
Julio	1,887,570,651	634,592,949	20,470,740	236.9	92	13	2.9
Agosto	2,141,527,023	786,469,038	25,369,969	293.6	84	12	2.7
Septiembre	2,263,580,059	630,491,092	21,016,370	243.2	108	15	3.4
Octubre	2,240,789,911	274,948,244	8,869,298	102.7	253	36	8.0
Noviembre	2,150,540,160	113,208,319	3,773,611	43.7	570	81	18.1
Diciembre	2,056,402,635	85,044,151	2,743,360	31.8	750	107	23.8
Promedio	1,917,205,521	259,530,288	8,482,844	98.2	226	32	7.2

Nótese en la tabla 15, que el flujo promedio (gasto medio anual) en la presa es de aproximadamente 98.2m<sup>3</sup>/s, con un tiempo promedio de retención hidráulica de más de siete meses. Estos valores, junto con las curvas paramétricas y el modelo morfométrico de la presa serán usados a la par de los promedios geométricos de parámetros de calidad del agua para modelar la eutroficación en la presa.

### Eutroficación en la Presa de La Yesca

Para simular el proceso de eutroficación en la Presa de la Yesca, fué necesario determinar el nivel trófico de la presa, para luego desarrollar además los perfiles de concentración de oxígeno disuelto, temperatura y extinción de la luz con respecto a la profundidad, resolver el modelo de eutroficación de las Ecuaciones y simular la distribución espacial de los contaminantes en el líquido contenido en el vaso.

### Nivel Trófico de la Presa de La Yesca

Entre más avanzada sea la eutroficación de un cuerpo de agua, su estado trófico puede ser oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, politrófico o hipertrófico, en tal orden. No existe una barrera definida para determinar el estado trófico de un lago o presa, pues éste depende no sólo de la cantidad de nutrientes en sus aguas (principalmente fósforo en la forma de ortofosfatos), sino además de su carga superficial  $q_s$  (la cual equivale al cociente entre el flujo volumétrico de salida del lago  $Q_s$  y el área superficial del mismo) y de su tiempo de residencia  $\tau$  (Chapra, S. C., 1997). Normalmente, los criterios desarrollados hasta el momento para intentar determinar el estado trófico de un cuerpo léntico implican métodos gráficos en escala logarítmica involucrando cargas superficiales de nutrientes (fosfatos), la profundidad media del lago y su tiempo de retención hidráulica, como es el caso del criterio de Vollenweider (Chapra, S. C., 1997), pero ninguno ha logrado definir fronteras inequívocas entre los estados tróficos posibles en un lago o presa.

Para aplicar el criterio de Vollenweider a la Presa de La Yesca, fue necesario considerar las siguientes dos Ecuaciones (12.1) y (12.2), correspondientes a la carga superficial de ortofosfatos y la relación de profundidad media al tiempo de retención hidráulica, respectivamente.

Así, la carga superficial de ortofosfatos es:

$$(12.1) \quad L_{PO_4} = \frac{Q_e}{A_{sup}} [PO_4]$$

donde  $Q_e$  es el flujo volumétrico total de entrada a la presa ( $Mm^3/año$ ),  $[PO_4]$  es la concentración promedio de ortofosfatos a lo largo del año en la presa ( $g/m^3$ ) y  $A_{sup}$  es el área superficial de la presa ( $km^2$ ).

Por otra parte, nótese que la relación  $Q_e/A_{sup}$  es equivalente a la relación entre la profundidad media y el tiempo de retención hidráulica del lago según sus entradas, es decir:

$$(12.2) \quad \frac{H_{med}}{\tau_e} = \frac{Q_e}{A_{sup}}$$

La relación (12.2) fué fácilmente deducible considerando las definiciones (12.3) y (12.4):

$$(12.3) \quad H_{med} \equiv \frac{V}{A_{sup}}$$

$$(12.4) \quad \tau_e \equiv \frac{V}{Q_e}$$

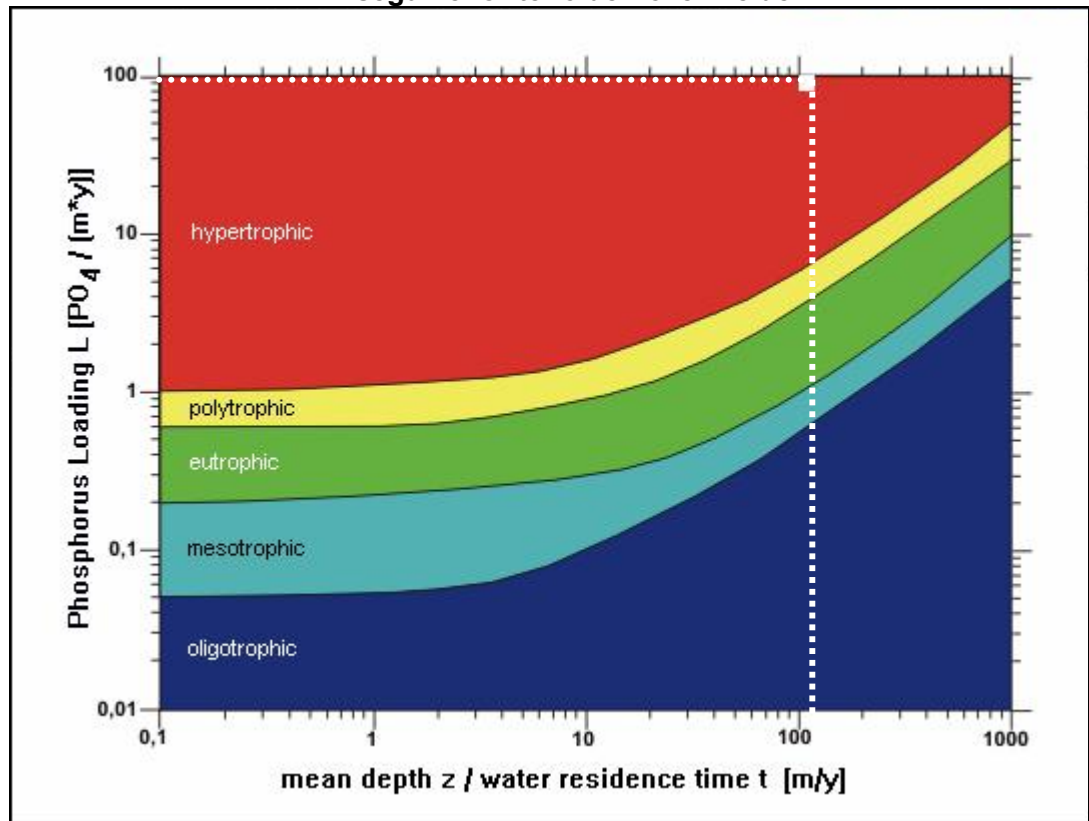
La tabla 16 a continuación contiene la memoria de cálculo de las dos variables de entrada del criterio de Vollenweider.

**Tabla 16. Carga Superficial de Ortofosfatos y Relación de Profundidad Media a Tiempo de Retención Hidráulica para la Presa de La Yesca (Valores Promedio Anuales).**

Flujo de entrada ( $Mm^3/año$ )	$[PO_4]$ ( $g/m^3$ )	Área superficial promedio ( $km^2$ )	$L_{[PO_4]}$ ( $g/[m^2 año]$ )	$H_{med}/\tau$ ( $m/año$ )
3114,36	0,81	29,08	86,7	107,1

Comparando la relación de la profundidad media de la Presa de la Yesca a su tiempo de residencia, contra su carga superficial de ortofosfato, el criterio de Vollenweider reveló que este cuerpo de agua ya sería considerado ya como hipertrófico (véase la gráfica 21., la cual fue generada por el programa Authorware 7 de Macromedia®).

**Gráfica 21. Estado Trófico de la Presa de La Yesca, según el Criterio de Vollenweider.**



En la Gráfica 21, el punto blanco sobre la zona color rojo denota el avanzado estado hipertrófico de la presa.

Un segundo criterio de clasificación del estado trófico de la Presa de La Yesca consiste en comparar los valores de concentración de fósforo total, clorofila y la profundidad del Disco Secchi contra valores típicos (Maniak, U., 2000). La comparación se muestra en la tabla 17, confirmando nuevamente el estado hipertrófico de la presa.

**Tabla 17. Comparación de Parámetros de Calidad del Agua de la Presa de la Yesca contra Valores Típicos en los Diferentes Estados Tróficos.**

Estado Trófico	Fósforo total $P_{total}$ ( $\mu\text{g/L}$ )	Clorofila [Chl a] ( $\mu\text{g/L}$ )	Profundidad media del Disco Secchi SD (m)
Oligotrófico	< 4.0	< 1.0	> 12.0
Mesotrófico	< 10.0	< 2.5	> 6.0
Eutrófico	10-35	2.5-8	6-3
Politrófico	35-100	8-25	3-1.5
Hipertrófico	> 100	> 25	< 1.5
<b>Valores para la Presa de La Yesca</b>	<b>910</b>	<b>210.6</b>	<b>0.51</b>

En la tabla 17, la concentración de fósforo total se obtuvo del promedio geométrico de los valores característicos para la temporada de lluvias y de estiaje. Por su parte, el valor de concentración esperada de clorofila fué calculado como el promedio geométrico de los resultados analíticos de los valores muestreados para el PHLY. Dado que sólo se contó con datos de este parámetro para la temporada de lluvias (tercer y cuarto muestreos de los cuatro efectuados para el proyecto), éste parámetro no se presentó antes en la Sección 6 de este reporte. Los datos muestrales se incluyen en la tabla 18.

**Tabla 18. Concentraciones de Clorofila Muestreadas en las Estaciones de Monitoreo del PHLY**  
(las concentraciones están dadas en mg/m<sup>3</sup>).

Muestreo	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Promedio Geométrico
Tercero	306.5	18.4	1.9	1.8	---	11.7	9.5	210.6
Cuarto	8961.3	1505.9	11591.5	1266.6	287.9	5517.1	2349.6	

Por su parte, la profundidad del Disco Secchi<sup>43</sup> se calculó a partir del respectivo despeje de la Ecuación (10.19), mostrado a continuación:

$$(12.5) \quad SD \approx \frac{6.353}{[Chla]^{0.473}}$$

donde la concentración de clorofila está en mg/m<sup>3</sup> o g/L, y la profundidad del Disco Secchi está en m.

#### **Perfil de Extinción de la Luz para la Profundidad de la Presa de La Yesca**

Una vez estimada la profundidad del Disco Secchi con la Ecuación (12.5), se calculó el coeficiente de extinción de la luz  $k_e$  igual a 3.75m<sup>-1</sup> a partir de la Ecuación (10.18).

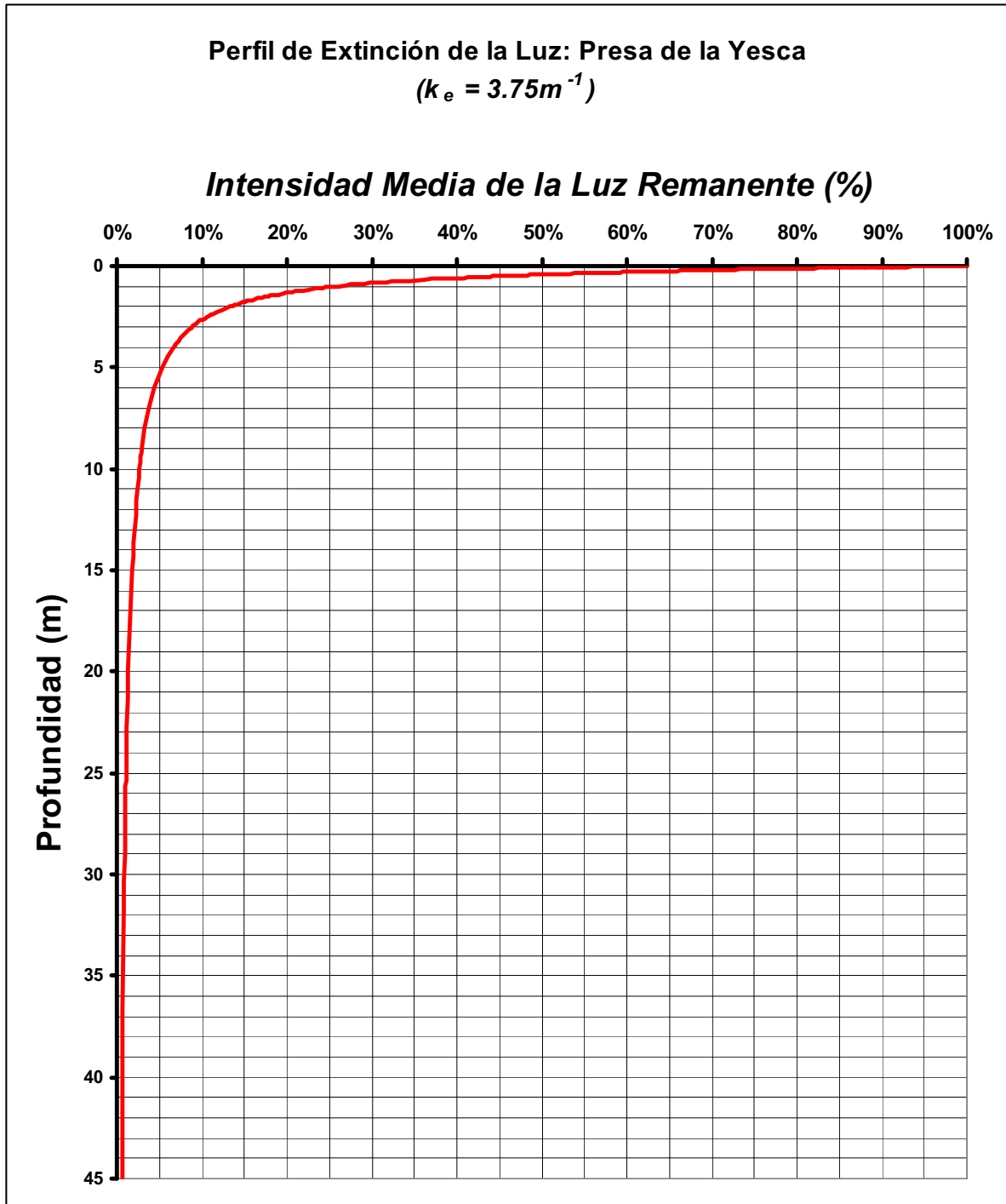
Una vez conocido el coeficiente de extinción de la luz, se calculó la relación de la intensidad promedio de la luz remanente  $I_m$  con respecto a la intensidad original  $I_0$  recibida en la superficie en función de la profundidad de la presa  $H$ , a partir de la Ecuación (10.16), expresada como:

$$(12.6) \quad \frac{I_m}{I_0} = \frac{1 - e^{-k_e H}}{k_e H}$$

A partir de la Ecuación (12.6), se construyó el perfil de extinción de la luz para la profundidad de la Presa, presentado a continuación en la gráfica 22.

<sup>43</sup> Recuérdese que la profundidad del Disco Secchi se define como la profundidad tal a la que se ha extinguido el 85% de la luz recibida en la superficie de un cuerpo de agua.

Gráfica 22. Perfil Estimado de Extinción de la Luz para la Profundidad de la Presa de La Yesca.



En la gráfica 22., sólo se muestra el perfil de extinción de la luz hasta los 45 m de profundidad para amplificar el detalle de la curva<sup>44</sup>.

<sup>44</sup> Teóricamente, para la Presa de la Yesca, a una profundidad de 45m sólo quedará el 0.6% de la intensidad de la luz recibida sobre su superficie.

### Perfil de Disminución de Temperatura en Función de la Profundidad de la Presa de La Yesca

Tras haber construido el perfil de extinción de la luz, fue posible generar mediante un modelo teórico un perfil de temperatura de acuerdo a la profundidad de la presa, considerando que dada la magnitud de ésta, habría estratificación. La estratificación se refiere a que dada la profundidad del agua, se diferencian tres capas de agua de distinto espesor llamadas epilimnion, mesolimnion e hipolimnion, cuyas temperaturas, densidades y composiciones son diferentes. Las diferencias en la densidad del agua entre estas capas permiten reconocer límites entre las mismas, llamadas termoclinas. En ocasiones, el mesolimnion puede ser tan pequeño en su espesor, que para fines prácticos se desprecia y el cuerpo de agua queda dividido sólo en los dos estratos restantes.

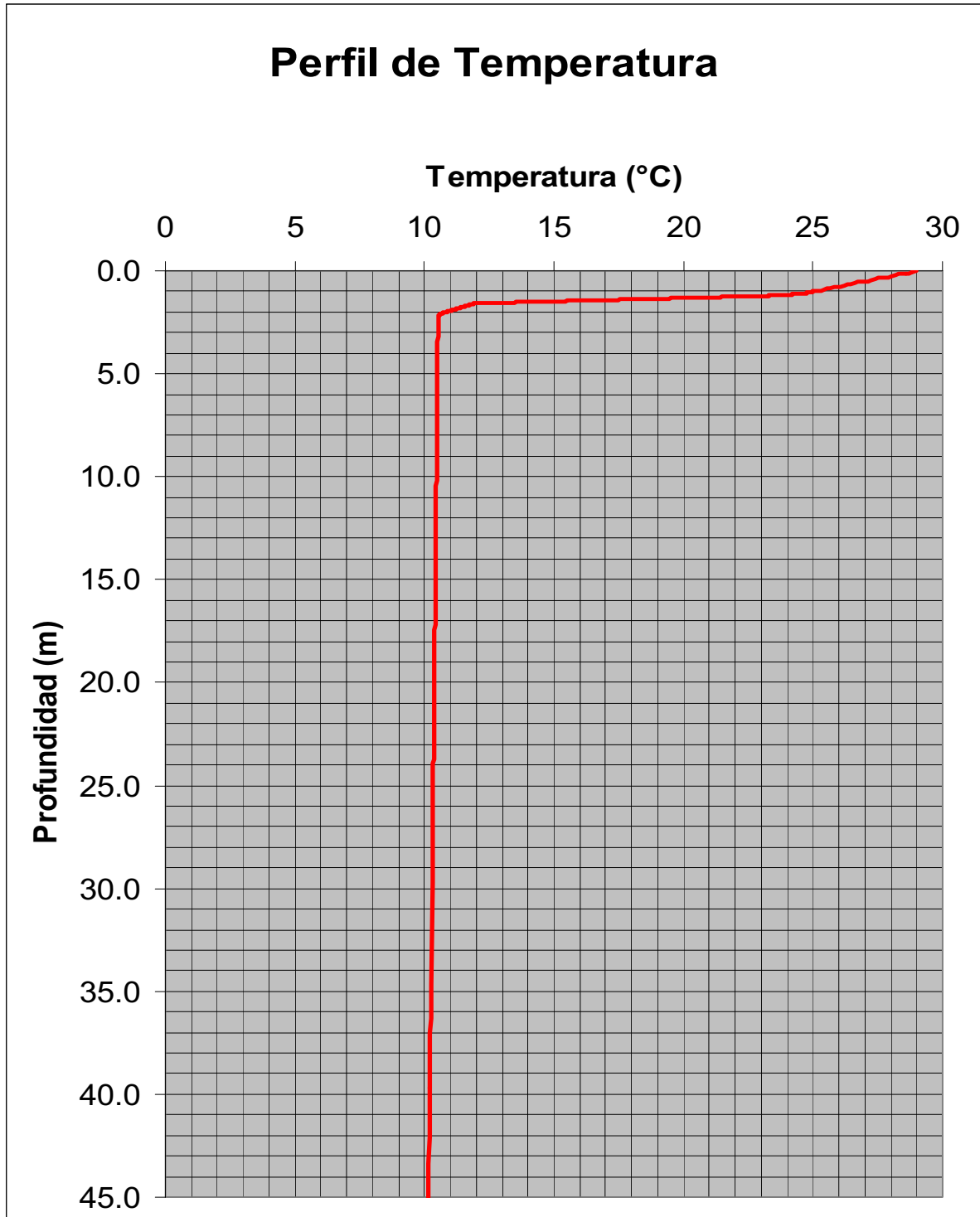
Las presas y lagos profundos en climas templados, típicamente se estratifican verticalmente durante el verano y en menor grado durante el invierno, pero se encuentran completamente mezclados durante la primavera y el otoño. En presas y lagos templados, La estratificación ocurre en el verano cuando el agua en el fondo de un cuerpo de agua es más densa que el agua en la superficie debido a que se calienta al recibir una mayor cantidad de luz solar incidente que durante el resto del año y las corrientes internas (usualmente generadas por el viento), no son lo suficientemente fuertes como para mezclar los diferentes estratos del líquido. Durante la primavera y el otoño, debido a que la luz recibida en latitudes correspondientes a climas templados es usualmente menor que durante el verano y/o que los vientos son mayores en frecuencia y magnitud, las presas y lagos tienden a mezclarse rompiendo la estratificación. Durante el invierno, ocurre la estratificación inversa, pues el fondo suele ser menos denso por estar a mayor temperatura que la superficie y la superficie se congela, por lo que la estratificación no puede romperse hasta la primavera cuando se descongele el hielo (Hemond, H. F. & Fechner, E. J., 1994). Sin embargo, para el caso de la Presa de La Yesca, por estar ya en una latitud considerada tropical, las diferencias entre las estaciones del año no son tan marcadas, por lo que se espera que la presa se encuentre estratificada durante todo el año, con los espesores del epilimnion, mesolimnion e hipolimnion variando poco dependiendo de la estación del año. A partir de la profundidad calculada en que se tenían valores porcentuales específicos de luz remanente, se determinaron las ubicaciones esperadas de las termoclinas (Shear, H., 2000) y con ellas, las de los tres estratos aplicables a la Presa de La Yesca. Los criterios y ubicaciones se resumen en la tabla 19.

**Tabla 19. Límites de Profundidad entre los Estratos en Función de la Luz Remanente.**

Luz remanente $I_H/I_0$ (%)	Luz extinguida $1-I_H/I_0$ (%)	Límite Marcado entre Estratos	Decremento Típico Esperado de Temperatura con respecto a la Superficie de la Presa	Profundidad calculada para la Presa de La Yesca (m)
100.000%	0.000%	Superficie (inicio del epilimnion)	15.0% en todo el epilimnion	0.00
23.750%	76.250%	Inicio de la termoclina	4.9% en toda la termoclina	1.10
21.875%	78.125%	Inicio del mesolimnion	38.9% en todo el mesolimnion	1.21
16.875%	83.125%	Inicio de la termoclina	4.9% en toda la termoclina	1.58
12.500%	87.500%	Inicio del hipolimnion	Decremento desacelerado, dependiendo de la profundidad del hipolimnion	2.13

El perfil de temperatura estimado para la Presa de La Yesca se muestra a continuación en la gráfica 23. La temperatura en la superficie del agua se consideró en 29°C como representativa para todo el año, según la Tabla 10.

Gráfica 23. Perfil de Temperatura de la Presa de La Yesca.



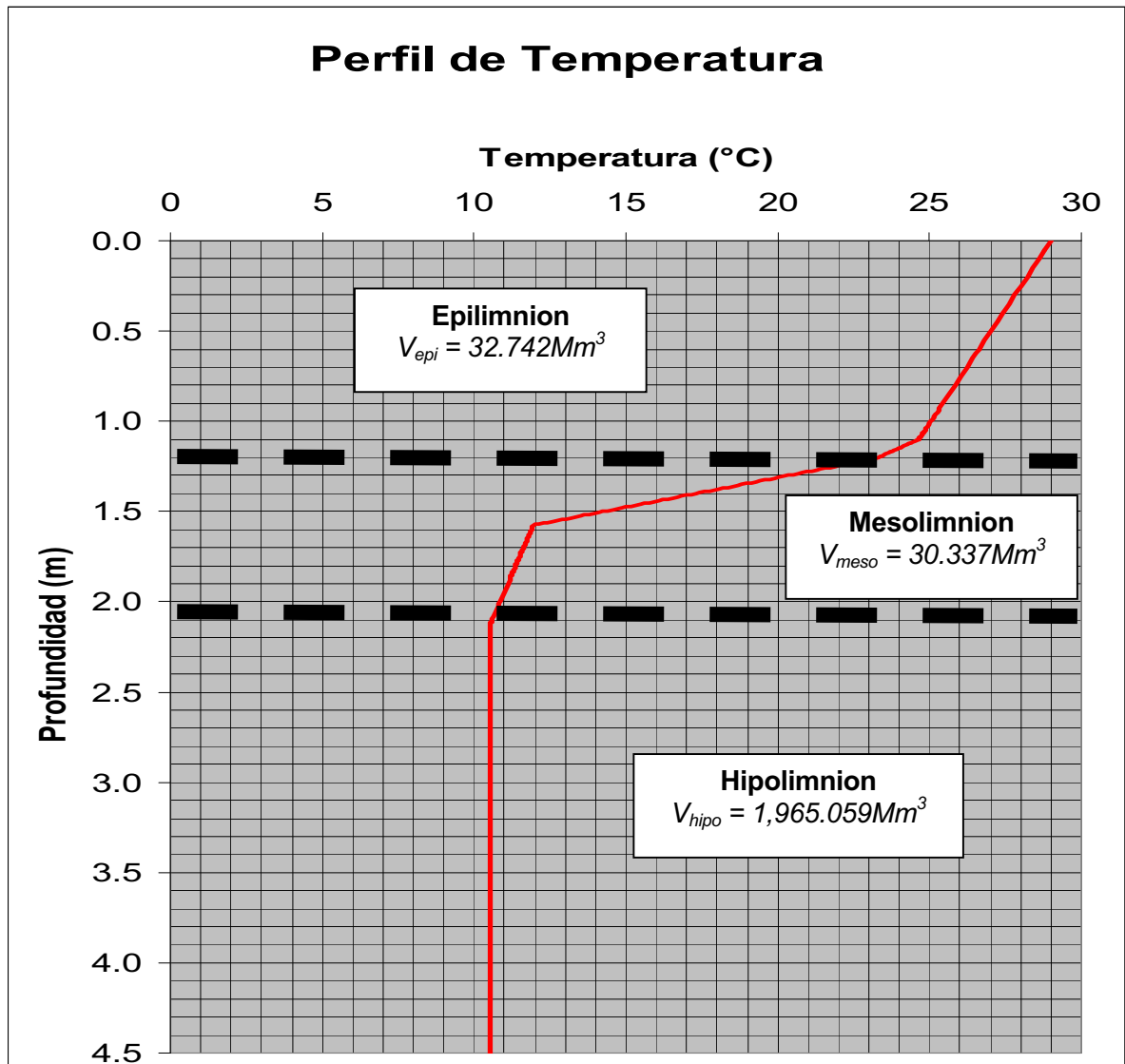


En la gráfica 23 sólo se muestran los primeros 45 m de profundidad para ofrecer mayor detalle del perfil. Como referencia, se estimó que la temperatura en el fondo de la presa será de alrededor de 9°C.

Puede verse en la tabla 19 que el espesor esperado del epilimnion es de 1.10m, mientras que el del mesolimnion junto con las dos termoclinas es de apenas 1.03 m. Los estratos son someros y solamente puede esperarse tener una concentración de contaminantes relativamente constante con respecto a la profundidad en el epilimnion, por ser el único estrato que puede considerarse aproximadamente bien mezclado.

Así, suponiendo que la superficie de la presa esté en el nivel del diseño, el epilimnion puede considerarse comprendido entre las cotas 560.00 msnm y 558.90 msnm y el mesolimnion, entre ésta última y la cota 557.87 msnm. A fin de ofrecer más detalle en cuanto al espesor de los estratos y el volumen contenido en ellos, éstos se muestran en la gráfica 24 Los volúmenes medios de agua contenidos en cada estrato fueron calculados de acuerdo con la Ecuación (11.4).

Gráfica 24. Estratificación de la Presa de La Yesca.



## Distribución de Oxígeno Disuelto, Nutrientes y Sólidos en la Columna de Agua de la Presa de La Yesca

Tras haber calculado el perfil de temperatura en la columna de agua de la Presa de La Yesca, el siguiente paso consistió en determinar la distribución de concentraciones de algunos parámetros de relevancia en la eutroficación del vaso, tales como los niveles de oxígeno, sólidos y nutrientes (nitrógeno y fósforo).

El perfil de oxígeno disuelto (OD) se determinó como una proporción directa en el valor de concentración en promedio geométrico para la superficie de la presa<sup>45</sup> y la temperatura superficial agua<sup>46</sup> y la concentración correspondiente a la temperatura del agua dada la profundidad en la presa. Como valor de referencia, para la altitud de diseño de 560 msnm de la cota superficial -implicando una presión atmosférica de 0.94atm, para una temperatura promedio del aire de 33.6°C, según la Ecuación (8.5) y la temperatura promedio de la superficie del agua de 29°C, la concentración de saturación de oxígeno disuelto se calculó en aproximadamente 7.59 mg/L. Dado que el promedio geométrico de la concentración de oxígeno disuelto en la superficie de la presa es de 2.31 mg/L, el déficit en la superficie de 5.28 mg/L con respecto a la saturación teórica es un indicador del alto nivel de eutroficación y contaminación de las aguas que albergará la presa.

Después de haber determinado el perfil de OD, se calcularon los perfiles de nitratos, nitrógeno amoniacal y fosfato, de acuerdo con las siguientes relaciones teóricas para espesores infinitesimales horizontales de la presa, deducidas a partir de diagramas sugeridos por Shear, H. (2000) para un cuerpo eutroficado.

$$(12.7) \quad [NO_3]_i^- \approx [NO_3]_{i-1}^- + 2([O_2]_i - [O_2]_{i-1})$$

$$(12.8) \quad [NH_4]_i^+ \approx [NH_4]_{i-1}^+ - 2([O_2]_i - [O_2]_{i-1})$$

$$(12.9) \quad [PO_4]_i \approx [PO_4]_{i-1} - 2([O_2]_i - [O_2]_{i-1})$$

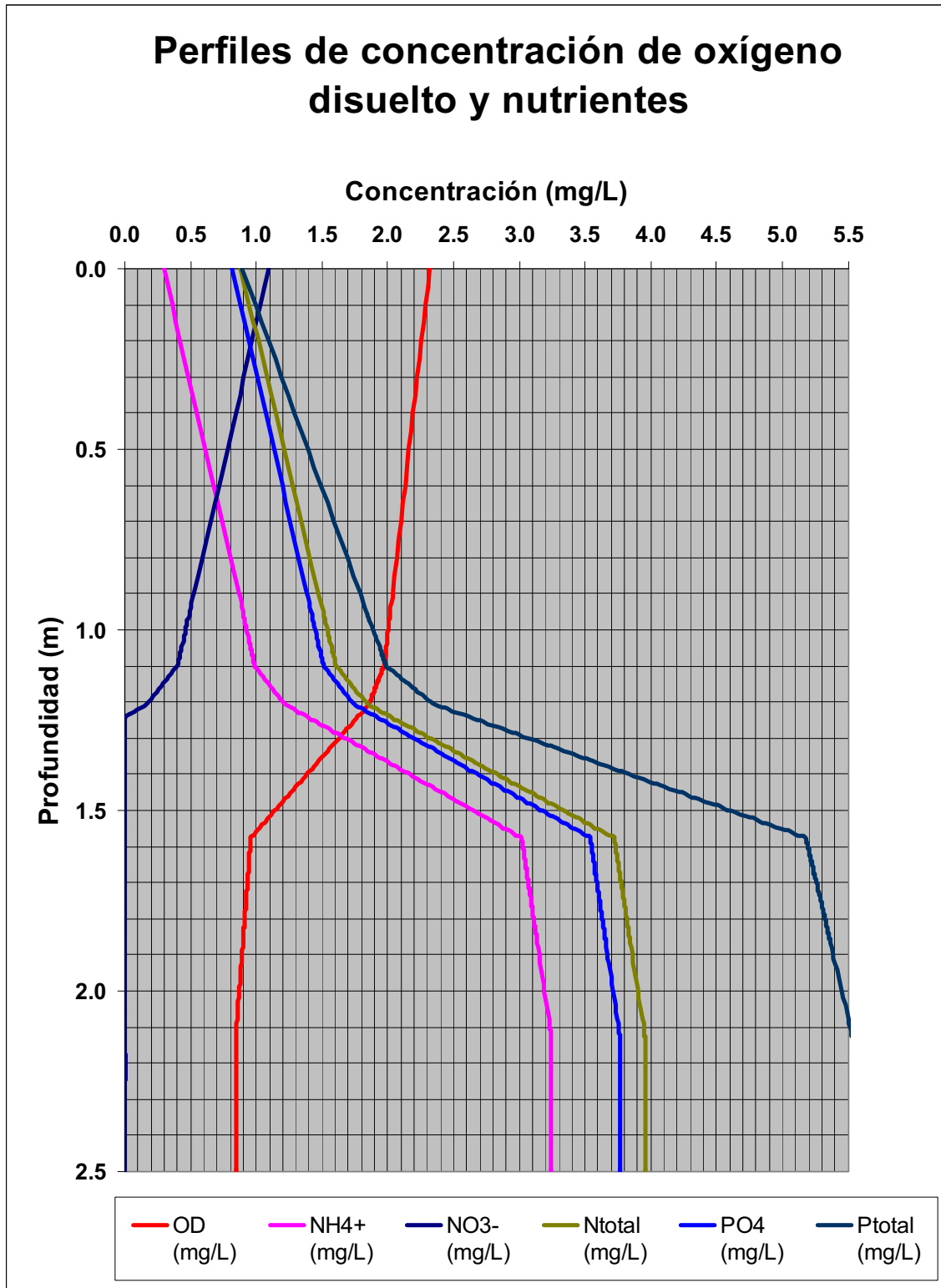
donde los corchetes denotan concentración en mg/L de las especies químicas de nitratos, nitrógeno amoniacal y fosfatos, respectivamente y el subíndice *i* se refiere a una capa horizontal de espesor infinitesimal cuya profundidad es mayor que la capa denotada por el subíndice *i-1*. Los valores superficiales de los diferentes parámetros en las expresiones anteriores se tomaron de la Tabla 10.

A continuación, las gráfica 25 y 26 muestran los perfiles de concentración de oxígeno disuelto, nutrientes y sólidos en la columna de agua de la Presa de La Yesca. Los sólidos se presentan a parte de los demás parámetros dado que sus unidades se encuentran en un orden de magnitud diferente.

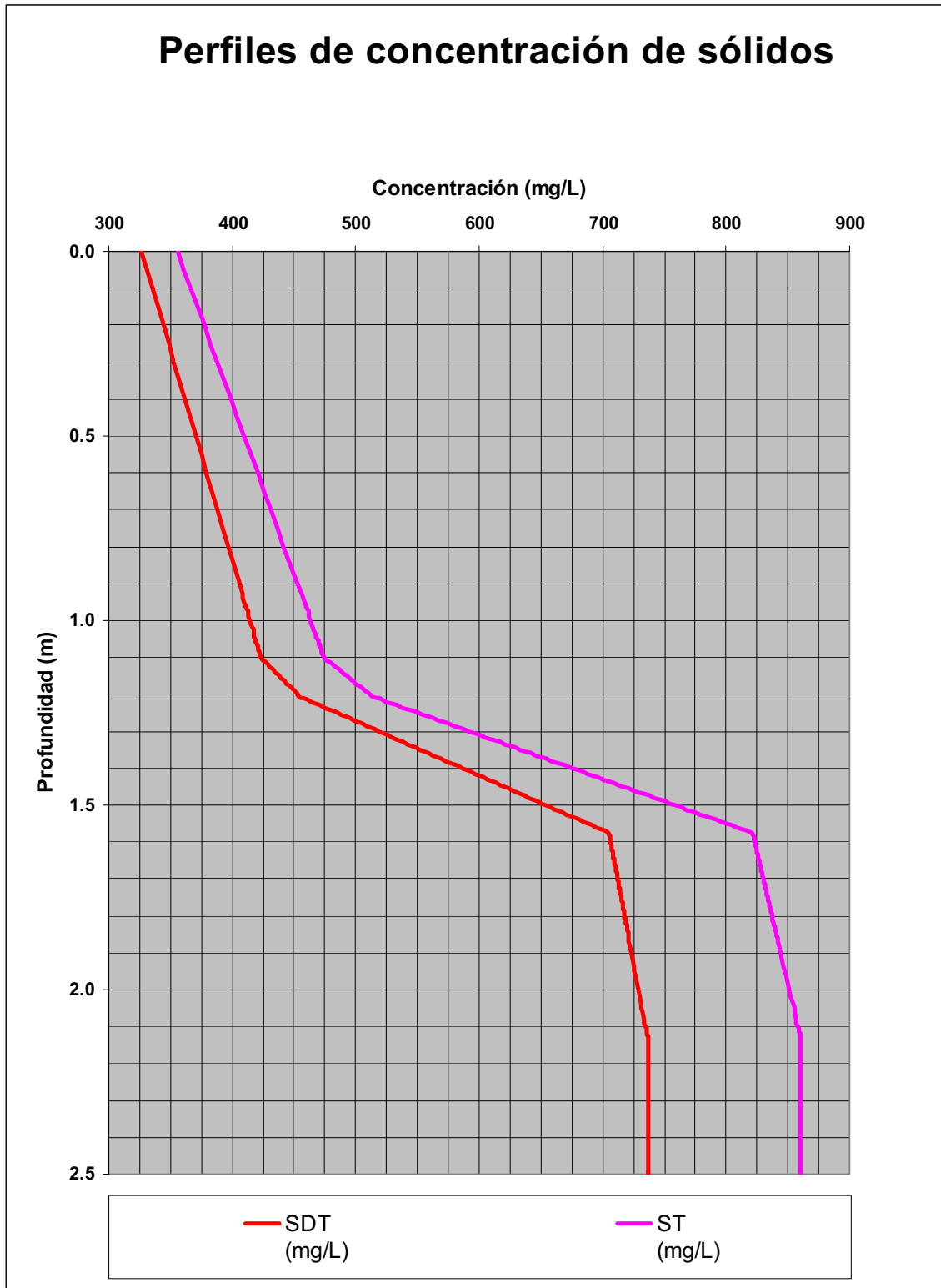
<sup>45</sup> Véase la Tabla 10.

<sup>46</sup> Ibidem.

Gráfica 25. Perfiles Teóricos de Concentración de Oxígeno Disuelto y Nutrientes en la Presa de La Yesca.



Gráfica 26. Perfiles Teóricos de Concentración de Sólidos Totales y Sólidos Disueltos Totales en la Presa de La Yesca.



Cabe señalar que los perfiles teóricos de las gráficas 25 y 26 son determinados a partir de relaciones válidas para todo el año.

En las gráficas 25 y 26 puede apreciarse que las condiciones del epilimnion son muy diferentes a las del hipolimnion. Resaltan las condiciones de anoxia en el hipolimnion y el aumento significativo en las concentraciones de los sedimentos y nutrientes con respecto a los niveles medios del epilimnion. Asimismo, se destaca que el escaso espesor del epilimnion implica que la calidad del agua predominante en la presa es la del hipolimnion.

### Simulación del Proceso de Eutroficación para la Presa de La Yesca

Una vez que se hubieron caracterizado los perfiles de extinción de la luz, temperatura y concentraciones de oxígeno disuelto, nutrientes y sólidos en la columna de agua de la presa, se utilizó el Método del Punto Medio descrito en las Ecuaciones (9.22) a (9.24) para resolver el modelo de eutroficación propuesto en las Ecuaciones (10.1) a (10.8) para el epilimnion, con el apoyo de las Ecuaciones (10.9) a (10.22).

A continuación, las tablas 20, 21, 22 y 23 muestran los valores empleados para la simulación de la eutroficación en el epilimnion de la presa.

**Tabla 20. Datos Propios de la Presa de la Yesca empleados en la Simulación de la Eutroficación.**

Concepto	Notación	Unidades	Valor	Referencia o comentario
Temperatura media anual del agua.	$T$	°C	29.0	Tabla 10
Volumen del epilimnion.	$V$	m <sup>3</sup>	32,742,893	Ecuación (11.4)
Profundidad media del epilimnion.	$V/A_{sup}$	m	1.1	Tabla 30
Área Superficial al Nivel de Diseño	$A_{sup}$	ha	3026.98	Tabla 22
Latitud media del epilimnion	$\phi$	°	21.12	Tabla 6
Concentración de Clorofila <i>a</i> .	$[Chl a]$	µg/L	210.6	Tabla 29
Concentración de PO <sub>4</sub> -P.	$[P]$	mg/m <sup>3</sup>	813	Tabla 10
Concentración de NH <sub>4</sub> -N.	$[N_1]$	mg/m <sup>3</sup>	291	Tabla 10
Concentración de NO <sub>3</sub> -N.	$[N_2]$	mg/m <sup>3</sup>	1091	Tabla 10
Profundidad del disco Secchi.	$SD$	m	0.51	Ecuación (12.5)
Coefficiente de extinción de la luz.	$k_e$	m <sup>-1</sup>	3.75	Ecuación (10.18)

**Tabla 21. Valores de Carga Másica estimados para la Simulación de la Eutroficación.**<sup>47</sup>

Concepto	Notación	Unidades	Valor	Referencia o comentario
Función de carga orgánica de PO <sub>4</sub> -P de entrada al volumen de control.	$W_P(t)$	mg/d	21	Crites, R.W. & Tchobanoglous, G. (1998). p. 180. Para el nivel de contaminación, se consideró una población equivalente de 10,000hab en la cuenca y un factor de producción de 2.05g/d per capita.
Función de carga orgánica de NH <sub>4</sub> -N de entrada al volumen de control.	$W_{N1}(t)$	mg/d	78	Crites, R.W. & Tchobanoglous, G. (1998). p. 180. Se consideró una población equivalente de 10,000hab en la cuenca y un factor de producción de 7.8g/d per capita.
Función de carga orgánica de NO <sub>3</sub> -N de entrada al volumen de control.	$W_{N2}(t)$	mg/d	55	Crites, R.W. & Tchobanoglous, G. (1998). p. 180. Se consideró una población equivalente de 10,000hab en la cuenca y un factor de producción de 5.5g/d per capita.

<sup>47</sup> Aunque las funciones de carga dependen del tiempo, en este caso se adoptaron como valores constantes por carecerse de información para su estimación.

**Tabla 22. Constantes Cinéticas Típicas tomadas de la Literatura para la Simulación de la Eutroficación.**

Concepto	Notación	Unidades	Valor	Referencia o comentario
Intensidad óptima de la luz en el volumen de control para el desarrollo de	$I_s$	ly/d	300	Thomann, R. V. & Mueller, J. A. (1987). p. 424.
Tasa máxima de crecimiento de fitoplancton.	$\mu_{m\acute{a}x}$	d <sup>-1</sup>	1.8	Thomann, R. V. & Mueller, J. A. (1987). p. 428.
Razón de ([N <sub>1</sub> ]+ [N <sub>2</sub> ]):biomasa (fracción masa).	$a_N$	---	10	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Razón de [P]:biomasa (fracción masa).	$a_P$	---	1.0	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Constante cinética de hidrólisis o mineralización.	$k_0$	d <sup>-1</sup>	2	Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003).
Factor cinético de corrección de temperatura para la constante de mineralización.	$\theta_0$	---	1.08	Chapra, S.C. (1997). p. 639.
Factor cinético de corrección de temperatura para la constante de nitrificación.	$\theta_N$	---	1.103	Crites, R.W. & Tchobanoglous, G. (1998). p. 438.
Factor cinético de corrección de temperatura para la constante de decaimiento endógeno y tasa de mortalidad de fitoplancton.	$\theta_e$	---	1.08	Chapra, S.C. (1997). p. 639.
Factor cinético de corrección de temperatura para la tasa de crecimiento de fitoplancton.	$\theta_b$	---	1.066	Thomann, R. V. & Mueller, J. A. (1987). p. 419.
Factor cinético de corrección de temperatura para la tasa de mortalidad de zooplancton.	$\theta_d$	---	1.08	Chapra, S.C. (1997). p. 639.
Factor cinético de corrección de temperatura para la tasa de depredación de fitoplancton por el zooplancton.	$\theta_z$	---	1.08	Chapra, S.C. (1997). p. 639.
Fracción masa de [P] en los detritos.	$f_P$	---	0.03	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Fracción masa de ([N <sub>1</sub> ]+ [N <sub>2</sub> ]) en los detritos.	$f_N$	---	0.03	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Constante cinética de nitrificación.	$k_N$	d <sup>-1</sup>	0.9	Crites, R.W. & Tchobanoglous, G. (1998). p. 439.
Constante de decaimiento endógeno y tasa de mortalidad de fitoplancton.	$r_e$	d <sup>-1</sup>	0.1	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Velocidad de sedimentación del fitoplancton.	$v_s$	m/d	0.2	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Tasa de depredación de fitoplancton por el zooplancton.	$g_1$	m <sup>3</sup> /(d*mg)	0.0004	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Tasa aparente de sedimentación de detritos orgánicos.	$k_s$	m/d	1	Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003).
Tasa de mortalidad de zooplancton.	$d$	d <sup>-1</sup>	0.07	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Constante media de saturación de [Si].	$K_{Si}$	mg/m <sup>3</sup>	75	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Constante media de saturación de [P].	$K_P$	mg/m <sup>3</sup>	2	Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003).
Constante media de saturación de ([N <sub>1</sub> ]+ [N <sub>2</sub> ]).	$K_N$	mg/m <sup>3</sup>	15	Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003).

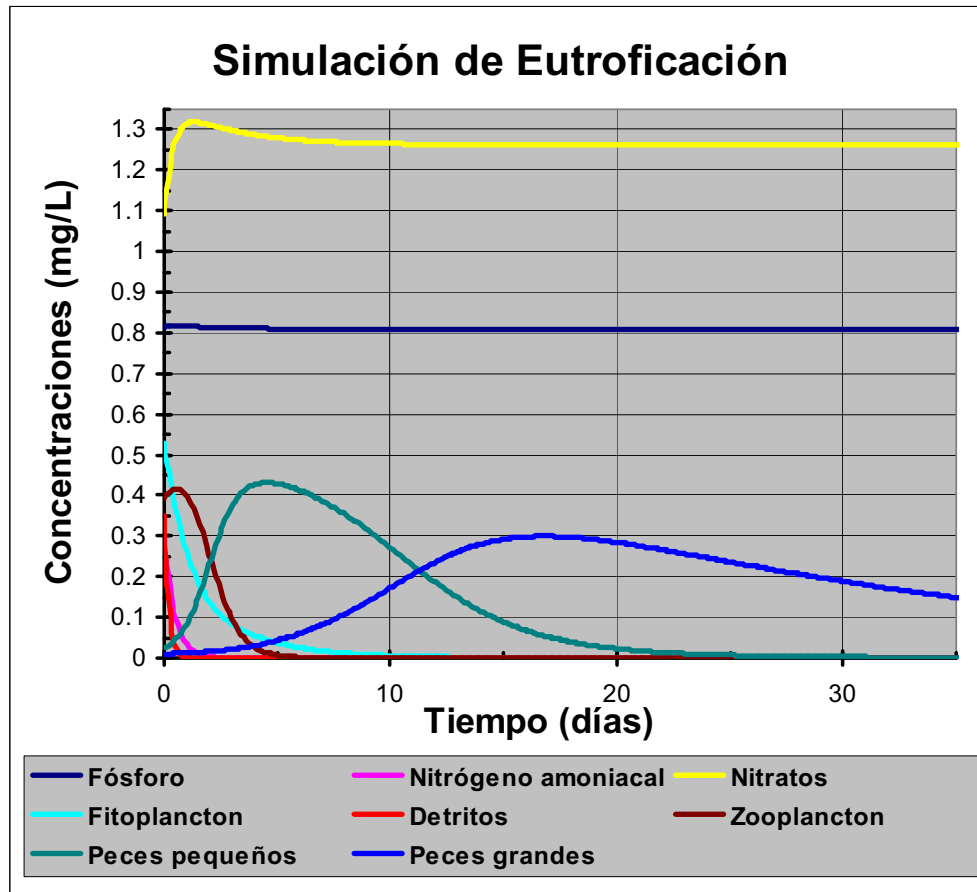
La tabla 22 anterior muestra los parámetros cinéticos tomados de la literatura para resolver el modelo de eutroficación. El uso de datos típicos sacrificó moderadamente la validez de los resultados, pues la literatura disponible cuenta con datos para latitudes templadas y no tropicales. Sin embargo, dado que estos datos no fueron determinados en laboratorio para el PHLY, se procedió a su empleo.

De forma similar, la tabla 23 muestra las suposiciones llevadas a cabo para parámetros de calidad del agua no muestreados ni determinados en laboratorio para el PHLY. Los datos de la tabla 23 influyen fuertemente en los resultados del modelado, por lo que al no contar con datos propio para el PHLY, los resultados sólo pueden considerarse como indicativos o valores de referencia, pero no como valores de predicción debido al alto grado de incertidumbre asociado.

**Tabla 23. Suposiciones hechas para la Simulación de la Eutroficación.**

Concepto	Notación	Unidades	Valor	Referencia o comentario
Biomasa (base seca) de fitoplancton.	$B$	mg/m <sup>3</sup>	527	Suposición.
Concentración de detritos orgánicos (base seca).	$D$	mg/m <sup>3</sup>	351	Suposición.
Biomasa (base seca) de zooplancton.	$Z$	mg/m <sup>3</sup>	395	Suposición.
Biomasa (base seca) de peces pequeños.	$F_1$	mg/m <sup>3</sup>	25	Suposición.
Biomasa (base seca) de peces grandes.	$F_2$	mg/m <sup>3</sup>	10	Suposición.
Tasa de depredación de fitoplancton por peces pequeños.	$g_2$	m <sup>3</sup> /(d*mg)	0.00002	Suposición.
Tasa de depredación de zooplancton por peces pequeños.	$g_3$	m <sup>3</sup> /(d*mg)	0.003	Suposición.
Tasa de depredación de fitoplancton por peces grandes.	$g_4$	m <sup>3</sup> /(d*mg)	0.0005	Suposición.
Tasa de depredación de peces pequeños por peces grandes.	$g_5$	m <sup>3</sup> /(d*mg)	0.0009	Suposición.
Tasa de mortalidad de peces pequeños.	$k_{d1}$	d <sup>-1</sup>	0.005	Suposición.
Tasa de mortalidad de peces grandes.	$k_{d2}$	d <sup>-1</sup>	0.04	Suposición.
$h$ : tasa de pesca de peces grandes, T <sup>-1</sup> .	$h$	d <sup>-1</sup>	0.01	Suposición.

Gráfica 27. Simulación de Eutroficación del Epilimnion de la Presa de La Yesca



La gráfica 27 anterior muestra los resultados de la simulación de eutroficación para el epilimnion de la Presa de La Yesca. Dado que sólo el epilimnion puede considerarse en régimen de mezcla completa, únicamente este estrato pudo representarse en el modelado (por otra parte, los datos monitoreados para el PHLY corresponden a muestreos superficiales únicamente y no consideran la columna de agua).

Puede observarse que si bien los niveles de fósforo y nitrógeno se estabilizan en valores elevados, el resto de los parámetros fluctúa alrededor de valores mínimos. Esta disminución puede ser debida al cambio de régimen lótico a léntico tras la entrada del agua al vaso de la presa.

Aunque la gráfica 27 muestra únicamente la dinámica de eutroficación para un mes típico, en realidad los parámetros exhiben comportamientos cíclicos los cuales se repiten periódicamente, pues el modelo de las Ecuaciones (10.1) a (10.8) está basado en los modelos de cazador-presa de Lotka-Volterra.

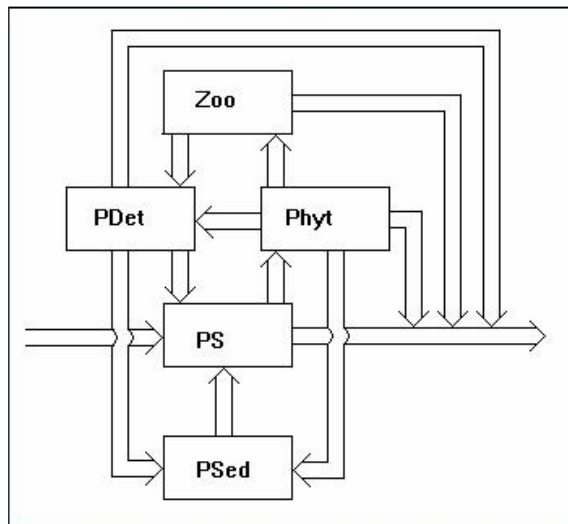
De acuerdo con el modelo de las Ecuaciones (10.1) a (10.8), la concentración de fósforo en el epilimnion tiende a estabilizarse en aproximadamente 0.808 mg/L y la concentración de nitratos se estabiliza en 1.263 mg/L. Los niveles de nitrógeno amoniacal disminuyen rápidamente en el epilimnion. Esto es consistente con los perfiles de concentración para la columna de agua de la Figura 19.7: los niveles



de nitrógeno amoniacal disminuyen en el epilimnion dado que van aumentando en el hipolimnion; el comportamiento opuesto se dá con los nitratos: aumento en el epilimnion y disminución drástica en el hipolimnion (recuérdese que sólo en el epilimnion hay oxígeno disuelto como para oxidar al nitrógeno por la acción bacteriana de nitrosomonas y nitrobacter). Por su parte, los detritos salen pronto del epilimnion dada la sedimentación de que son objetos, por lo que se acumulan en el hipolimnion.

A fin de simplificar el modelado de eutroficación, se utilizó un modelo conceptual más sencillo sugerido por el software STEPS©, desarrollado por el Departamento de Química Ambiental de la Royal Danish School of Pharmacy (véase la figura 15).

**Figura 15. Modelo Conceptual de Eutroficación según STEPS©.**



En la figura 15, PS es la concentración de fósforo soluble (fosfatos) –disponible para la eutroficación-, Phyt es la concentración de fitoplancton, Zoo es la concentración de zooplancton, PDet es la concentración de fósforo en los detritos, y PSed es la concentración de fósforo en los sedimentos que salen del epilimnion. La tabla 24 resume los valores empleados en la simulación de eutroficación de acuerdo con este modelo.

**Tabla 24. Parámetros, Constantes y Valores Iniciales de las Variables empleadas en el Modelo de Eutroficación STEPS©.**

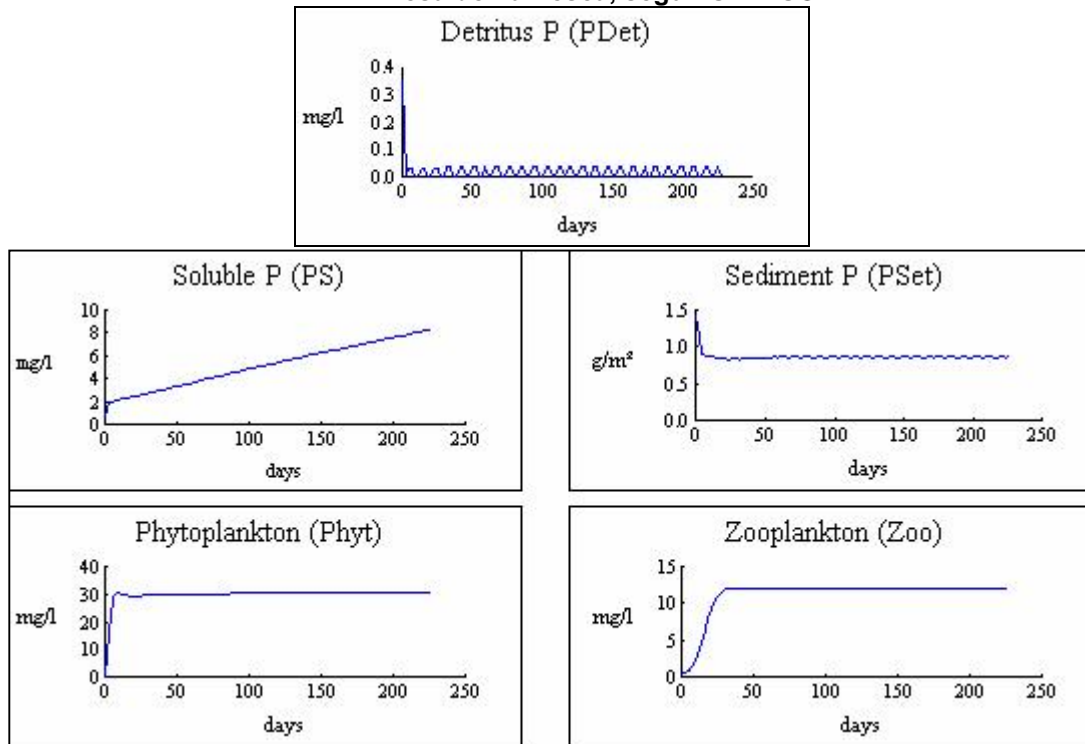
Concepto	Notación	Unidades	Valor	Referencia o comentario
Profundidad media del epilimnion.	$V/A_{sup}$	m	1.1	Tabla 30
Área Superficial al Nivel de Diseño	$A_{sup}$	m <sup>2</sup>	30,269,836	Tabla 22
Flujo de escorrentías de entrada	$Q_{in}$	m <sup>3</sup> /d	2,000	Valor máximo admitido por STEPS©.
Concentración de PO <sub>4</sub> -P.	$PS$	mg/L	0.813	Tabla 10
Coeficiente de extinción de la luz.	$k_e$	m <sup>-1</sup>	1.00	Valor máximo admitido por STEPS©.
Intensidad máxima de la luz en la superficie durante el año	$I_{máx}$	kcal/m <sup>2</sup> d	8857	Ecuación (10.20)
Intensidad mínima de la luz en la superficie durante el invierno	$I_{mín}$	kcal/m <sup>2</sup> d	8359	Ecuación (10.20)
Factor de extinción de la luz	$\beta$	kcal/m <sup>2</sup> d	0.5	Valor sugerido por STEPS©.
Tiempo total de simulación	$t$	d	226	Tiempo medio de retención hidráulica
Biomasa (base seca) de fitoplancton.	$Phyt$	mg/L	0.527	Suposición
Concentración de detritos orgánicos (base seca).	$D$	mg/L	0.351	Suposición
Biomasa (base seca) de zooplancton.	$Zoo$	mg/L	0.395	Suposición
Concentración de sedimentos	$S$	mg/L	1.404	Suposición
Tasa máxima de crecimiento de fitoplancton.	$\mu_{máx}$	d <sup>-1</sup>	1.8	Thomann, R. V. & Mueller, J. A. (1987). p. 428.
Constante cinética de hidrólisis o mineralización: descomposición de detritos	$k_0$	d <sup>-1</sup>	2	Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003).
Fración masa de [P] en los detritos.	$f_P$	---	0.03	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Constante de decaimiento endógeno y tasa de mortalidad de fitoplancton.	$r_e$	d <sup>-1</sup>	0.1	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Velocidad de sedimentación del fitoplancton.	$v_s$	m/d	0.2	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Tasa de depredación de fitoplancton por el zooplancton.	$g_1$	d <sup>-1</sup>	0.211	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Tasa aparente de sedimentación de detritos orgánicos.	$k_s$	m/d	1	Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003).
Tasa de mortalidad de zooplancton.	$d$	d <sup>-1</sup>	0.07	Schnoor, J.L. (1996). p. 211.
Constante media de saturación de PS	$K_P$	mg/L	0.002	Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003).
Eficiencia de asimilación	$Y$	---	0.8	Valor sugerido por STEPS©.
Capacidad de Carga del Zooplancton	$Zoo_{máx}$	mg/L	15	Valor sugerido por STEPS©.
Concentración mínima de fitoplancton para su depredación por el zooplancton	$Phyt_{mín}$	mg/L	0.5	Valor sugerido por STEPS©.
Constante media de saturación de Z.	$K_Z$	mg/L	2	Valor sugerido por STEPS©.
Tasa de remoción de P en los sedimentos	$r_P$	d <sup>-1</sup>	0.1	Suposición

La figura 16, contiene las gráficas generadas por STEPS©. Nótese que el tiempo de simulación se fijó en 226 días, el cual es el tiempo promedio anual de retención hidráulica para la Presa de La Yesca<sup>48</sup>.

De acuerdo con STEPS©, la concentración en estado estacionario en el epilimnion para el fósforo sedimentable es 0.873 mg/L, la cual es muy similar a la concentración de fósforo inorgánico determinada por el modelo de eutroficación de las Ecuaciones (10.1) a (10.8).

<sup>48</sup> Véase la Tabla 26 de este reporte.

**Figura 16. Gráficas de la Simulación de Eutroficación para la Presa de La Yesca, según STEPS®.**



La tabla 25 resume las concentraciones en estado estacionario esperadas para el epilimnion de la Presa de La Yesca.

**Tabla 25. Concentraciones en Estado Estacionario para el Epilimnion de la Presa de La Yesca, según Resultados de Modelación.**

Concentraciones en Estado Estacionario (mg/L)						
NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	P <sub>Inorg</sub>	P <sub>Sed</sub>	P <sub>Det</sub>	B	Z
1.263	8.284	0.808	0.873	0.0175	30.5	12.1

### Distribución Espacial de Oxígeno, Nutrientes y Sólidos en la Superficie del Vaso de la Presa de La Yesca

Mediante el uso del software CE-QUAL-2W® (desarrollado por la Universidad de Oregon), fué posible obtener la distribución espacial de los principales parámetros relacionados con la eutroficación con respecto a la superficie del vaso de la Presa de La Yesca<sup>49</sup> empleando los algoritmos. Los datos de entrada para oxígeno disuelto, nutrientes (nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitratos, fósforo de fosfatos y fósforo total) y sólidos (sólidos totales y sólidos disueltos totales, tomando en consideración la ubicación de las siete estaciones de monitoreo y los promedios geométricos anuales de dichos

<sup>49</sup> Se tomó el nivel de diseño en la cota 560msnm.

Figura 17. Distribución Espacial de Oxígeno Disuelto en la Superficie de la Presa de La Yesca.

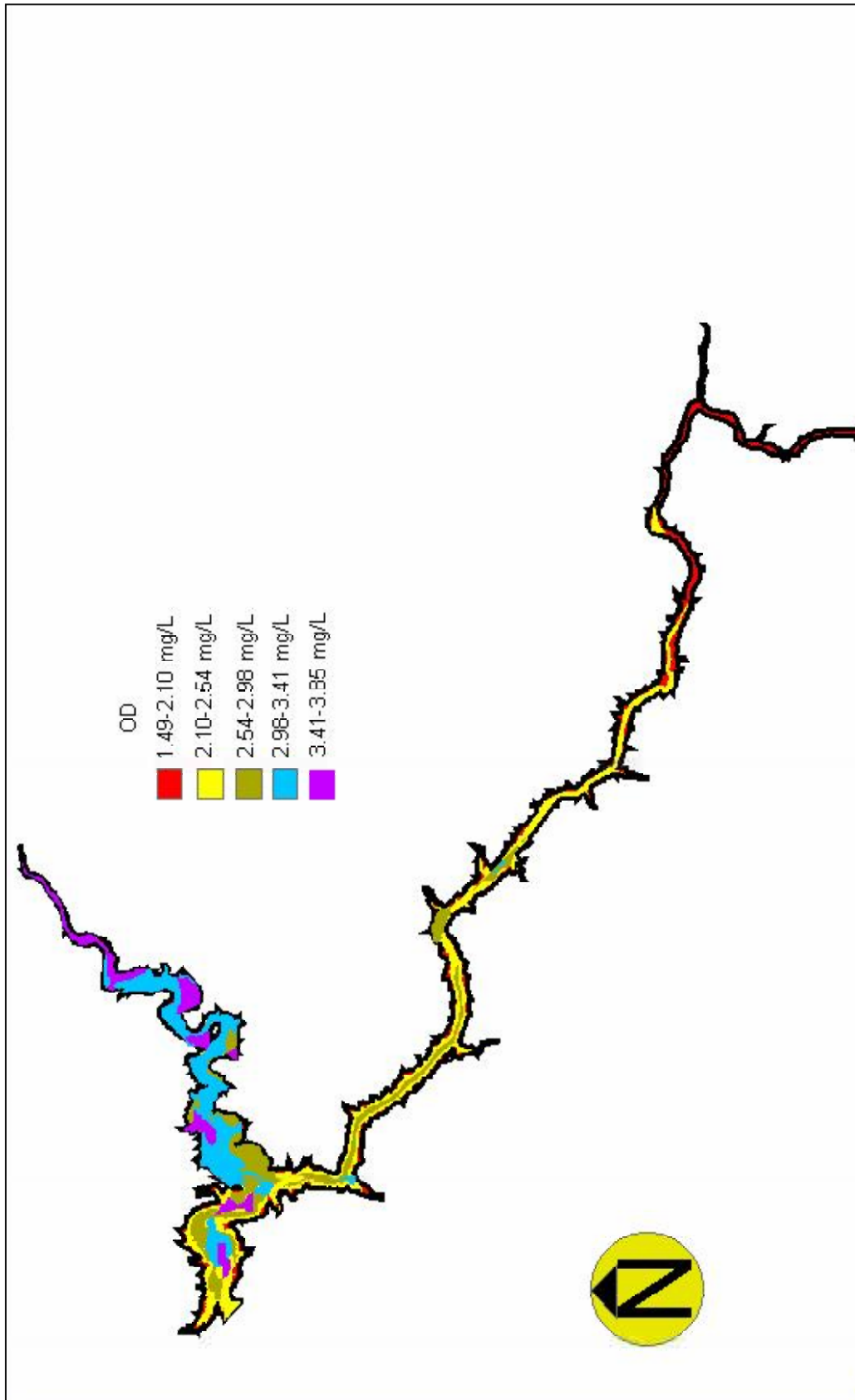


Figura 18. Distribución Espacial de Nitrógeno de Nitratos en la Superficie de la Presa de La Yesca.

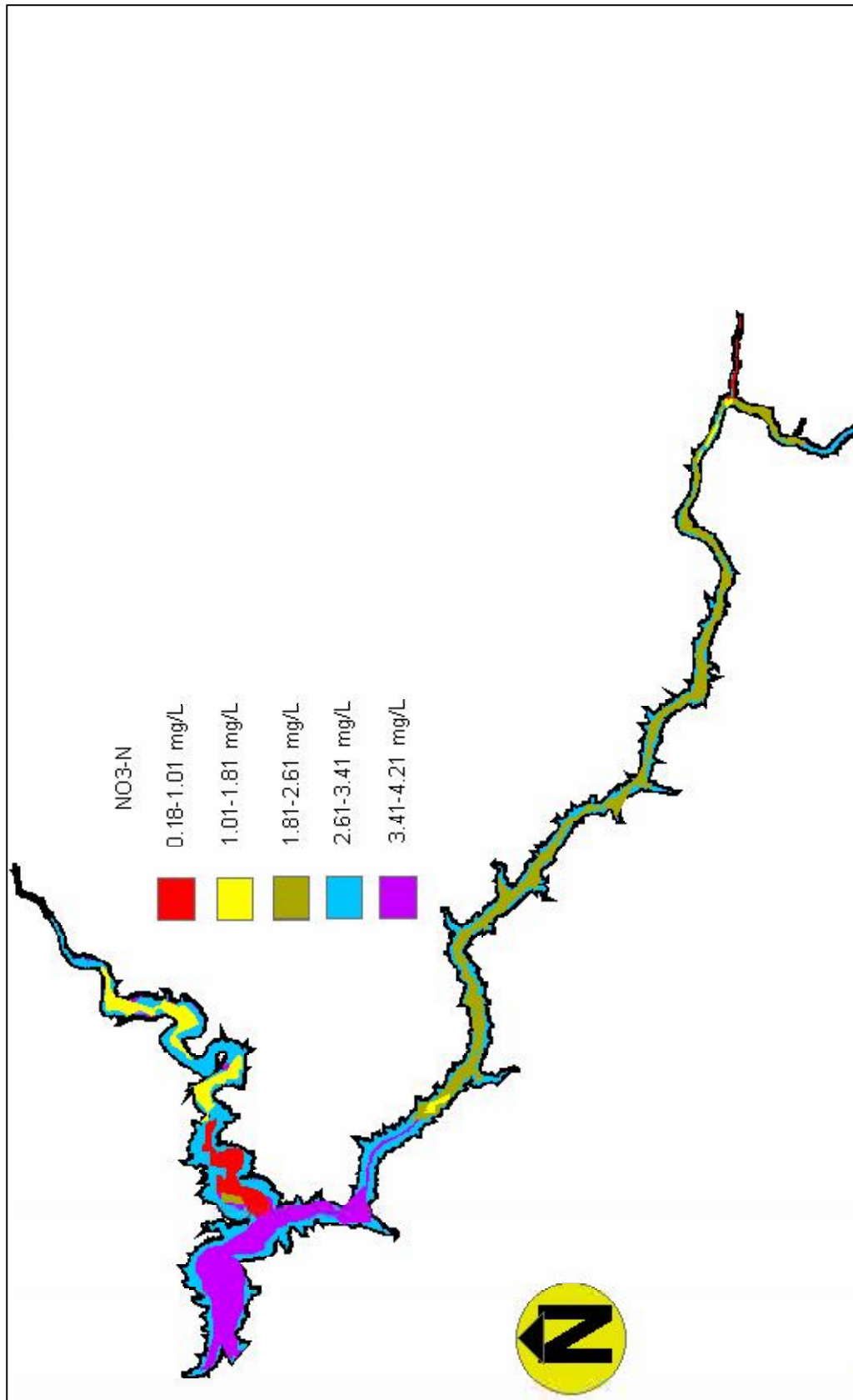


Figura 19. Distribución Espacial de Nitrógeno Total y Nitrógeno Amoniaco en la Superficie de la Presa de La Yesca.

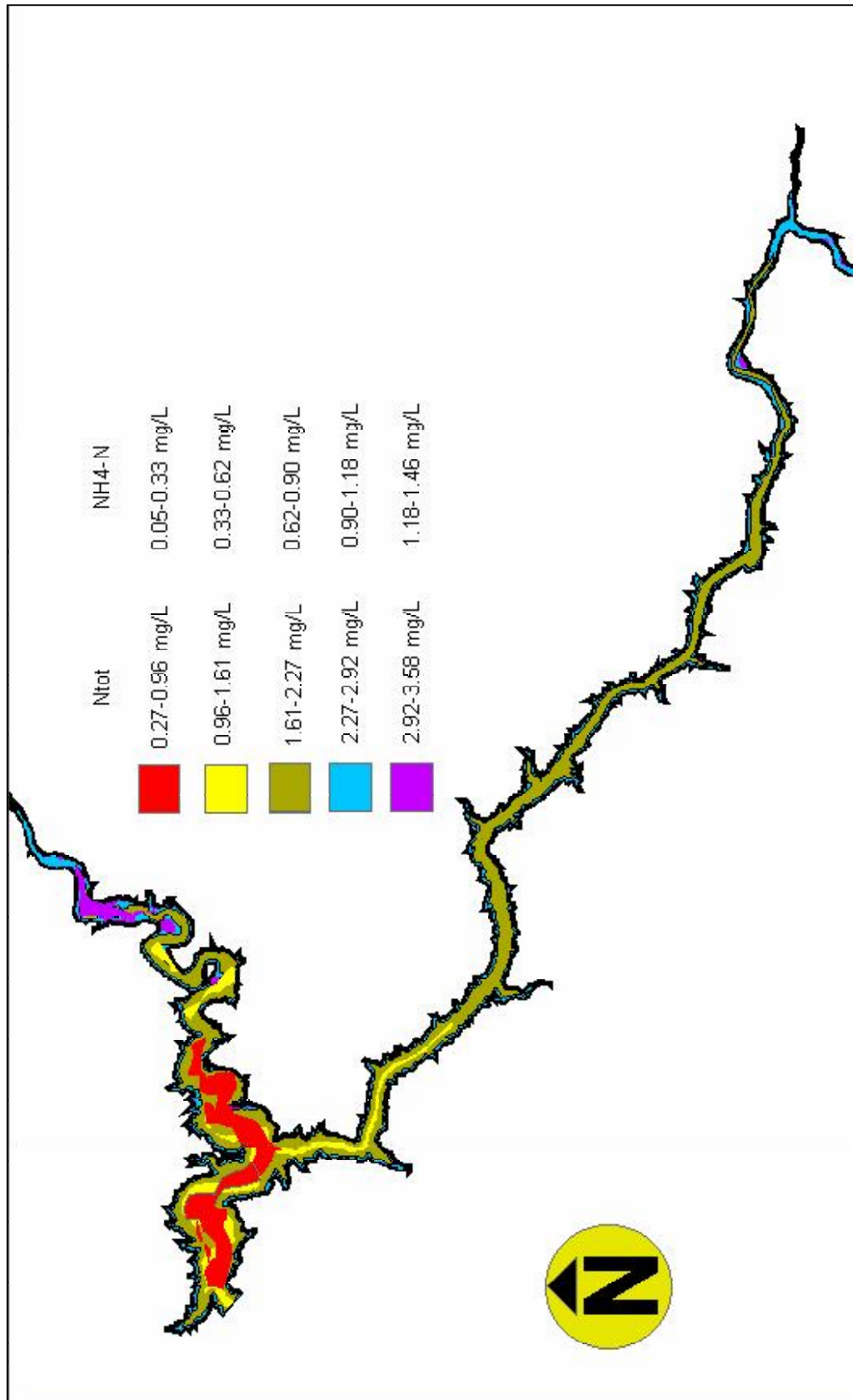
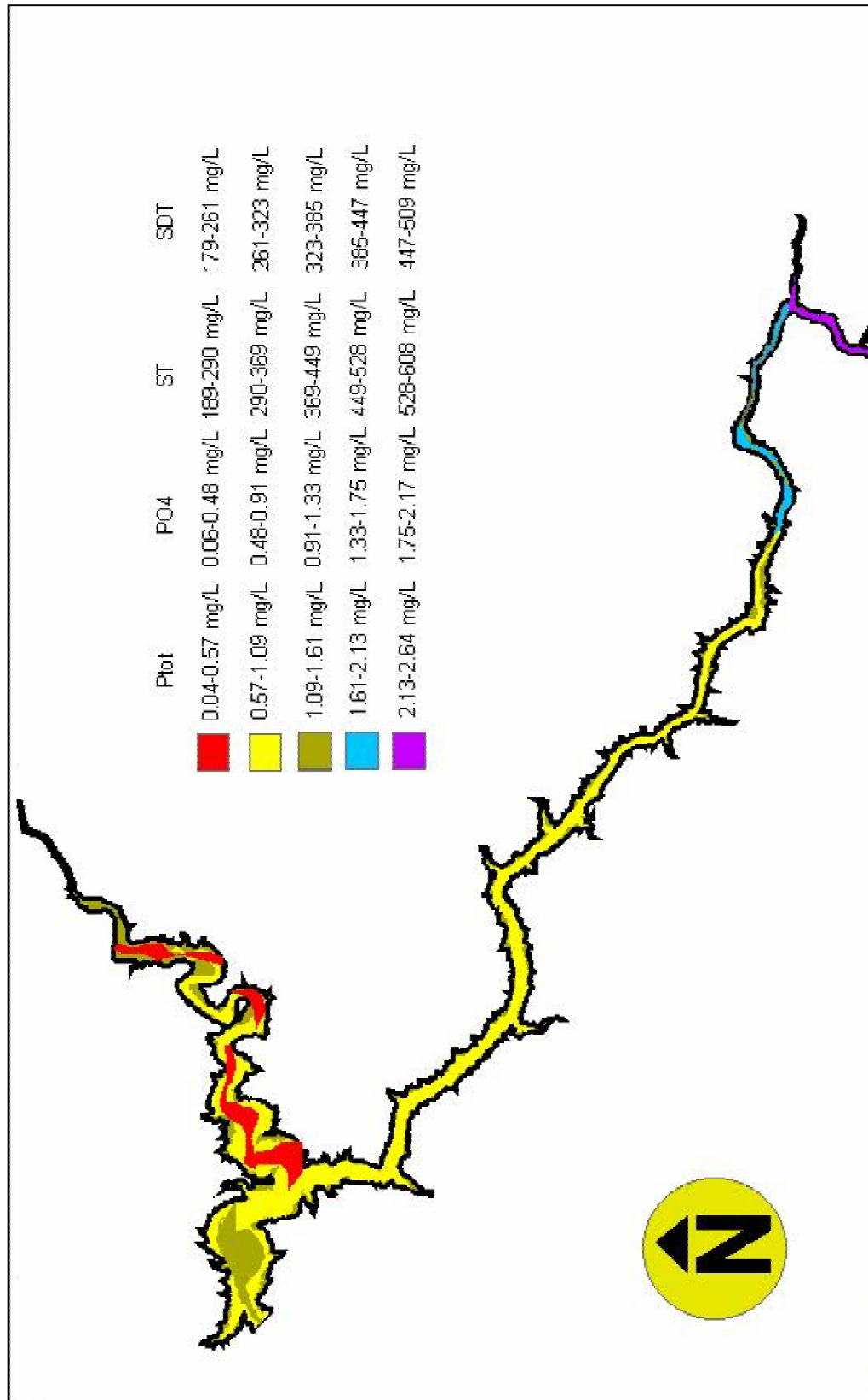


Figura 20. Distribución Espacial de Fósforo Total, Fósforo de Fosfatos, Sólidos Totales y Sólidos Disueltos Totales en la Superficie de la Presa de La Yesca.



parámetros en cada una de dichas estaciones. Los resultados arrojados por CE-QUAL-2W® fueron editados con ayuda de ArcMap™ de ESRI para mejorar la estética de su presentación.

Las Figuras 17, 18, 19 y 20. presentan la distribución espacial esperada de dichos parámetros. Nótese que las figuras 17 y 18 únicamente muestran las concentraciones de oxígeno disuelto y de nitrógeno de nitratos, respectivamente. No obstante, la Figura 19 agrupa al nitrógeno total y al nitrógeno amoniacal dado que éstos se correlacionan estadísticamente<sup>50</sup>. Por su parte, la Figura 20 agrupa al fósforo total, fósforo de fosfatos, sólidos totales y sólidos disueltos totales debido a las correlaciones entre estos parámetros<sup>51</sup>.

### **Áreas de Principal Interés y Mayor Incertidumbre: cambios generados en el sistema ambiental regional**

En la consideración de las modificaciones que supondrá el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca en la modificación del medio del sitio de interés, las siguientes son las principales áreas de interés (y asimismo de mayor incertidumbre) para el proyecto, por lo cual vale la pena su discusión:

#### **Principales Impactos Macro-Ambientales**

A nivel macro, los impactos ambientales más sobresalientes son aquellos consistentes en la generación de gases de invernadero, la evapotranspiración, las condiciones anóxicas del agua, el aspecto del agua en la superficie y potenciales implicaciones de salud por el consumo de los peces del lugar. La incertidumbre sobre estos temas es grande debida a la falta de información para poder ofrecer una opinión técnica sustentada en cálculos confiables, así como las limitaciones de los resultados del modelado de calidad del agua y eutroficación debido a la falta de información actualizada y completa sobre el sistema afluentes-presa. A continuación, se ofrecen argumentos generales para propiciar la discusión sobre estos temas a fin de considerar proyectos futuros en cuanto a estudios relacionados con la Presa de La Yesca.

#### **Generación de Gases de Invernadero: Metano y Dióxido de Carbono**

Dada la profundidad esperada y el estado hipertrófico de la presa, así como la acumulación de sedimentos debido al cambio de sistema lótico a léntico en el embalse y la cantidad de vegetación que quedará sumergida cuando se llene el vaso de la presa, es de esperar que el fondo de la presa se encuentre en condiciones anaeróbicas, propiciándose la generación de metano. Por otra parte, para la vegetación que se encuentre sumergida donde sí haya oxígeno disuelto en el agua (es decir, en la superficie), es de esperarse que la materia orgánica se oxide por la acción bacteriana hasta llegar a dióxido de carbono (suponiendo que la materia orgánica sea biodegradable).

---

<sup>50</sup> Véase la Tabla 16.

<sup>51</sup> *Ibidem*.



Tanto el metano como el dióxido de carbono son considerados gases de invernadero<sup>52</sup>, es decir, gases que contribuyen al fenómeno del calentamiento global, o calentamiento de la atmósfera. Salvo su contribución al efecto invernadero, el dióxido de carbono se considera relativamente inocuo desde el punto de vista ambiental e incluso favorece el desarrollo de vegetación dentro ciertos límites. No obstante, el metano, al ser un hidrocarburo, es un contaminante atmosférico y no asimilable fácilmente por la naturaleza tras su generación.

Por otra parte, la emisión de estos gases de invernadero hacia la atmósfera es un fenómeno de superficie potenciado en toda el área del espejo de agua de la presa. Para estimar la generación de metano, es necesario hacer una estimación de la cantidad de biomasa vegetal que quedará sumergida en el embalse, así como los niveles de oxígeno disuelto en el embalse y hacer así un balance estequiométrico de la biomasa vegetal que será oxidada a dióxido de carbono y la que será reducida a metano. Para ello, es necesario contar con la siguiente información:

Área lateral de las laderas de la cuenca sumergidas en el embalse: estimada en 3 550 ha.

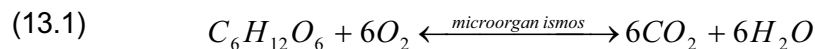
Densidad de biomasa vegetal (materia seca de follaje, no madera) por unidad de superficie en las laderas: estimado aproximadamente en 3 378 kg/ha, a partir de COTECOCA (1979), para el tipo de ecosistema predominante en el sitio del PHL: selva baja caducifolia.

Área superficial del embalse, según parámetros de diseño: 3 014,75 ha, para el nivel de diseño en la cota 560 msnm<sup>53</sup>.

Volúmen de líquido contenido en el embalse, según parámetros de diseño en la cota 560msnm: 2 020 Mm<sup>354</sup>.

Con la información anterior y algunas consideraciones teóricas presentadas a continuación, es posible hacer un cálculo aproximado de la cantidad de metano y dióxido de carbono que podría generarse a partir exclusivamente de la biomasa vegetal sumergida. De ninguna forma el cálculo presentado a continuación puede interpretarse como un resultado definitivo, sino que constituye únicamente una aproximación burda para el dimensionamiento del problema. Para simular confiablemente la generación de metano, es necesario plantear un modelo cinético incorporando el proceso de diagénesis de los sedimentos, por lo que a su vez es necesario desarrollar un modelo que contemple la acumulación de sedimentos debido a las condiciones hidráulicas del embalse y la demanda de oxígeno de los sedimentos, siendo en su conjunto un tema avanzado en la modelación (Chapra, S.C., 1997).

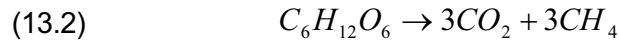
No obstante, a manera de una primera aproximación, considérese el siguiente planteamiento teórico. La materia orgánica en el agua puede descomponerse mediante oxidación (Ecuación 13.1) o mediante reducción (Ecuación 13.2).



<sup>52</sup> En teoría, cualquier gas con tres o más átomos en su molécula (como es el caso del metano y del dióxido de carbono), tienen potencial para contribuir al efecto invernadero.

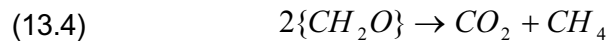
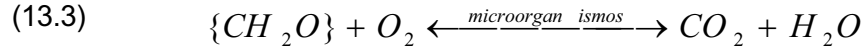
<sup>53</sup> Véase la Tabla 20.

<sup>54</sup> Ibidem.



donde  $C_6H_{12}O_6$  es una fórmula general para representar a la biomasa vegetal, de acuerdo con Chapra, S.C. (1997).

Otro conjunto similar de reacciones es propuesto por Manahan, S. E. (1994), y confirmadas por Sawyer, C. N., McCarty, P. L. & Parkin, G. F. (2001), quienes sugieren representar a la materia orgánica con la fórmula general  $\{CH_2O\}$ :



A partir de la Ecuación (13.1) ya balanceada, considerando los pesos moleculares de los reactivos, la proporción de oxígeno consumido a biomasa consumida es aproximadamente 192/180, lo cual implica que aproximadamente se consume 1,07 kg de oxígeno disuelto por cada kilogramo de biomasa oxidada. Asimismo, el mismo razonamiento aplicado a la Ecuación (13.3) califica tal proporción como 32/30, confirmando el consumo de oxígeno en 1,07 kg por cada kilogramo de biomasa oxidada.

De forma similar, a partir de la Ecuación (13.2) ya balanceada, considerando los pesos moleculares de la biomasa vegetal como reactivo contra los productos, la proporción de metano generado a biomasa consumida es aproximadamente 48/180, lo cual implica que aproximadamente se generan 0,27 kg de metano por cada kilogramo de biomasa reducida. Igualmente, la Ecuación (13.4) sugiere esta proporción como 16/60, dando también 0,27 kg de metano por kilogramo de biomasa reducida

Similarmente, las Ecuaciones (13.1) y (13.2) sugieren una producción de 1.47 kg de dióxido de carbono por cada kilogramo de biomasa vegetal oxidada y de 0.73 kg de dióxido de carbono por cada kilogramo de biomasa vegetal reducida. Los mismos valores son confirmados por las Ecuaciones (13.3) y (13.4).

Así, a partir de las relaciones teóricas anteriores y de los datos propios de la presa, se estimó que hay un potencial para generar 2,077 ton de metano y 11,878 ton de dióxido de carbono a partir de la biomasa vegetal de materia seca. Los cálculos se resumen en la tabla 26.

**Tabla 26. Memoria de Cálculo de la Generación de Gases de Invernadero.**

Densidad de Biomasa Vegetal Seca (kg/ha)	Área inundable en las laderas (ha)	Biomasa vegetal degradable (kg)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Área superficial del embalse (ha)	Volumen de agua en la presa (m <sup>3</sup> )	Oxígeno disponible total (kg)
3,378	3,550	11,991,900	2.22	3,015	2,019,811,701	4,483,982
Biomasa oxidable (kg)	Biomasa restante para la generación de metano (kg)	Metano Generable (kg)	Factor de generación de metano (kg/ha)	Dióxido de Carbono Generable (kg)	Factor de generación de dióxido de carbono (kg/ha)	
4,203,733	7,788,167	<b>2,076,845</b>	<b>688.90</b>	<b>11,876,798</b>	<b>3,939.57</b>	

A continuación, se mencionan las suposiciones y limitaciones del cálculo anterior: El cálculo sólo corresponde a los gases de invernadero que podrían generarse a partir de la cantidad actual de vegetación que quedará sumergida cuando se haya llenado la presa.

El nivel de oxígeno disuelto se supone uniforme en todo el volumen de agua contenido en la presa.

Se considera que toda la materia orgánica es biodegradable. La materia orgánica se asume uniformemente distribuida en el volumen de la presa.

No hay consideraciones sobre los efectos cinéticos de las reacciones, por lo tanto, es irrelevante la temperatura del agua y no se considera el tiempo que toman las reacciones.

Se desprecia la materia orgánica aportada por microorganismos, animales mayores (peces), detritos, o la que traiga el agua al momento de entrar a la presa.

No se considera la interacción de los sedimentos, ni la demanda de oxígeno generada por otros contaminantes presentes en el agua.

### Evapotranspiración

La extensa cobertura esperada de algas cianofitas y algunas plantas macrofitas en la superficie del embalse seguramente elevarán el flujo de vapor de agua hacia el aire mediante el mecanismo de evapotranspiración. Esta pérdida de agua constituirá la principal salida del líquido del embalse, pues la cubierta rocosa limitará la exfiltración y las descargas / extracciones programadas de la presa serán mínimas. Dado que la evapotranspiración permitirá la salida de líquido, pero no de nutrientes o demás contaminantes, y dado que el Río Santiago aporta grandes cantidades de nutrientes y contaminantes en forma continua, esta combinación de efectos traerán por resultado la acumulación sostenida de nutrientes, materia orgánica y otros contaminantes dentro del vaso de la presa.

Las condiciones de eutroficación serán cada vez más propicias para incrementar la magnitud de este fenómeno.

### **Anoxia**

Las grandes cantidades de masa vegetal que quedarán sumergidas en el embalse, junto con la deteriorada calidad del agua de entrada por el Río Santiago a la presa, incrementarán significativamente las demandas química y bioquímica de oxígeno, tanto en el agua, como en los sedimentos. La disminución —o agotamiento— en los niveles de oxígeno disuelto limitará o cancelará la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua, implicando la necesidad de tratamiento en las descargas de la presa, así como en el agua de la presa a la cual se le confiera algún uso. Asimismo, la disminución o agotamiento de los niveles de oxígeno disuelto modificará el tipo de formas de vida acuática en el embalse (esperándose las formas de vida bacteriana anaeróbicas y facultativas, entre ellas formas patógenas). Por otra parte, la profundidad del embalse será suficiente para esperar la estratificación de la presa, por lo que el oxígeno disuelto que entre por la superficie del embalse no permeará a los estratos inferiores, y de hecho, se verá significativamente reducido en la superficie por la cubierta demandante de oxígeno que formarán las algas cianofitas.

Los niveles de oxígeno disuelto en la presa se prevé que serán bajos (muy por debajo de la saturación), de modo que sólo la capa más superficial de la presa tendrá agua con un poco de oxígeno disuelto. La elevada demanda de oxígeno se incrementará con la profundidad, hasta que el fondo se alcance la demanda máxima debida a la que ejercerán los sedimentos.

### **Aspecto del Agua**

En la Sección anterior, la profundidad del Disco Secchi se estimó en aproximadamente 0,51 m, por lo que puede considerarse teóricamente que el 50% de la luz recibida en la superficie de la presa se habrá extinguido a una profundidad de 0,42 m, el 75% se habrá extinguido a 1,05 m y que la luz se habrá extinguido casi completamente<sup>55</sup> a los 26.66 m de profundidad. Esto sugiere que la apariencia del agua será relativamente opaca y antiestética.

### **Implicaciones de Salud Humana**

Si bien algunos residentes del sitio pescan especies como mojarra, lobina, tilapia y posiblemente carpa en el Río Santiago, aún cuando estas especies resisten calidades del agua inferiores, la caída en los niveles de oxígeno disuelto debido a magnitud de la eutroficación podría ser suficiente para impedir el desarrollo de éstas especies en el embalse. Además, dado el perfil de extinción de la luz y las condiciones anóxicas del hipolimnion, sólo en el epilimnion podrá considerarse la posibilidad de productividad biológica dentro de la presa.

No obstante, en caso de que logren desarrollarse especies de peces resistentes a una calidad del agua pobre en el epilimnion de la Presa de La Yesca, dado que los peces estarán expuestos a niveles elevados de contaminación<sup>56</sup>, cabe la posibilidad de que la ingesta de dichos peces por seres humanos resulte en

<sup>55</sup> En realidad, matemáticamente la Ley de Beer-Lambert y expresiones que la toman como base no admiten calcular una extinción de la luz del 100%. El valor aquí presentado corresponde a una extinción del 99% de la luz recibida en la superficie de la presa.

<sup>56</sup> Por contaminación, en este caso se entiende ya sea la presencia de especies químicamente nocivas, o bien, algas microscópicas tóxicas parte del plancton.

efectos adversos para su salud, ya sea por efectos crónicos o agudos.

Si bien los muestreos efectuados para el PH La Yesca descartaron la presencia significativa de compuestos orgánicos persistentes<sup>57</sup>, cianuros, arsénicos o metales pesados,<sup>58</sup> es necesario asegurarse que no habrá descargas industriales o agrícolas sobre el embalse de la Presa de La Yesca que puedan traer tales contaminantes al epilimnion de la presa.

Asimismo, para otros parámetros tóxicos en cantidades elevadas (como los nitratos), cabe hacer estimaciones de la concentración esperada en la carne de los peces, a fin de determinar si podrían ser adecuados o no para su consumo humano. Las estimaciones se hace a partir de:

$$(13.5) \quad C_p \approx (BCF)C_w$$

donde  $C_p$  es la concentración másica de contaminante en el pez (miligramos de contaminante por miligramos de carne), BCF es un factor adimensional de bioconcentración y  $C_w$  es la concentración másica de contaminante en el agua (miligramos de contaminantes por miligramos de agua).

Los valores de BCF son particulares para cada especie de pez y existen varios disponibles en la literatura (Chapra, S.C., 1997) para distintos compuestos orgánicos. Como guía, Asante-Duah, K. (1993) considera que:

Sustancias potencialmente bioacumulativas:  $BCF > 1$ .

Sustancias significativamente bioacumulativas:  $BCF > 100$ .

Así, las sustancias con un factor de bioconcentración mayor a la unidad para una determinada especie de pez, pueden acumularse en la grasa y carne de dicho animal.

Con esta información, puede desarrollarse como proyecto futuro un análisis de riesgos a la salud humana por la exposición a sustancias tóxicas en la carne de los peces de la Presa de La Yesca.

<sup>57</sup> Como 2,4-D, aldrin, benceno, clordano, dieldrin, epóxido de heptacloro, etil-benceno, fenoles, heptacloro, hexaclorobenceno, lindano, metoxicloro, tolueno, trihalometanos o xileno.

<sup>58</sup> Como cadmio, cromo, mercurio o plomo.

### **Calidad Escénica.**

Los cambios escénicos que generará el proyecto están asociados a la habilitación de caminos y su pavimentación, manejo de materiales, rellenos, dragados y en general todas las acciones que se ejecutan para la construcción de la presa y obras de generación. Con respecto al impacto de la calidad escénica no serán significativos, ya que la potencial población que puede apreciar el nuevo escenario es mínima.

La única acción relevante que está fuera del área que se ha denominado como de afectación, es la habilitación de los caminos de acceso. Sin embargo, estas obras no tendrán repercusiones relevantes ya que se trata de la adecuación de vías ya existentes, por lo que no significará la modificación sustancial del paisaje. Simplemente en algunos se acentuará el contraste del suelo desnudo producto de las adecuaciones a los caminos para permitir el tránsito de vehículos pesados.

Por lo anterior, el análisis del cambio de calidad escénica se realiza para el área de afectación de manera global y para la zona del embalse.

Con la misma metodología utilizada para determinar la calidad escénica actual (Capítulo IV – Sección X) se realizó la evaluación de la calidad esperada con la ejecución del proyecto usando las funciones de transformación (Conesa, 2003).

La estimación de la calidad escénica tan solo se realizó para los impactos que tuvieron mayor significancia para tener una idea más precisa del cambio esperado. Estos impactos están asociados a:

1) La construcción de las obras civiles, eléctricas y mecánicas , 2) Permanencia de estas estructuras en zona de la cortina y 3) Presencia del embalse.

1.- CONSTRUCCIÓN DE OBRAS: Las acciones a las que se refiere son las siguientes: Desmontes y despalmes, Manejo, traslado y disposición de material de desmonte, Excavaciones, compactaciones y nivelaciones, Manejo, traslado y disposición de material sobrante, Cortes, Forma de manejo y traslado del material de relleno, construcción de campamentos, Presencia de campamentos, Habilitación de caminos, Pavimentación, Excavaciones, Levantamiento de la cortina, Extracción de áridos (bancos de material), Llenado de embalse. Todas éstas se consideraron para estimar la Calidad Visual del área de obras en su conjunto.

Utilizando la fórmula

$$V_R = K * V_a$$

Podemos estimar cual será la calidad esperada, considerando que se deteriora el paisaje y se incrementa la presencia de población y accesibilidad del sitio se tienen los siguiente valores

$$K = 1,125 (2/3 * 2 * 2)^{1/4} = 1,4376$$

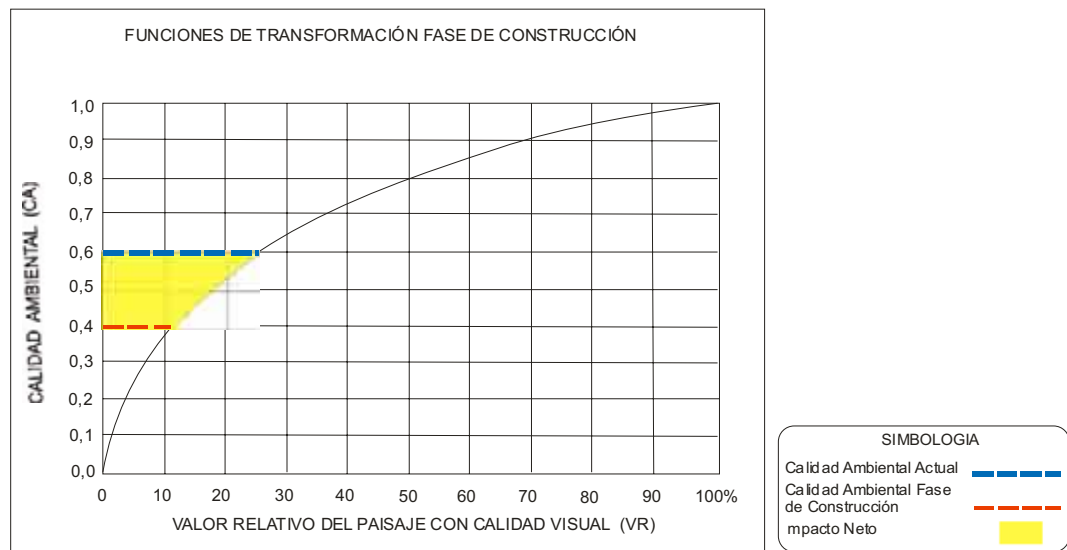
$$V_a = 8$$

Y por lo tanto se tiene

$$Vr = 1,4376 * 8 = 11,5$$

En la gráfica 28 se presenta la comparativa entre el índice de calidad ambiental actual y el esperado con la construcción de las obras civiles, eléctricas y mecánicas

FASE	VALOR RELATIVO DEL PAISAJE MIA REGIONAL PH LA YESCA CALIDAD ESCÉNICA		
	Va	K	Vr
ACTUAL	21	1,1774	24,7254
CONSTRUCCION	8	1,4376	11,5008



**Gráfica 28. Índice de calidad ambiental en la fase de construcción.**

Como se puede observar, será menor la calidad ambiental con la construcción del proyecto con respecto a la que actualmente se tiene. El impacto neto se estima en  $-0,2$  debido a que la calidad escénica bajará con respecto a la calidad actual

$$+ \text{ Calidad Ambiental Actual} - \text{ Calidad Ambiental Fase de Construcción} = \text{ Impacto Neto}$$

$$+/- \text{ CAA (0,6)} - \text{ CAC (0,4)} = -0,2$$

2. Operación en la zona de la cortina: Presencia de la presa, Navegación, Uso recreativo, Variación en el nivel del embalse, Presencia de subestación eléctrica, presencia de infraestructura de conexión eléctrica.

Para esta condición los valores de K y Va estimados son:

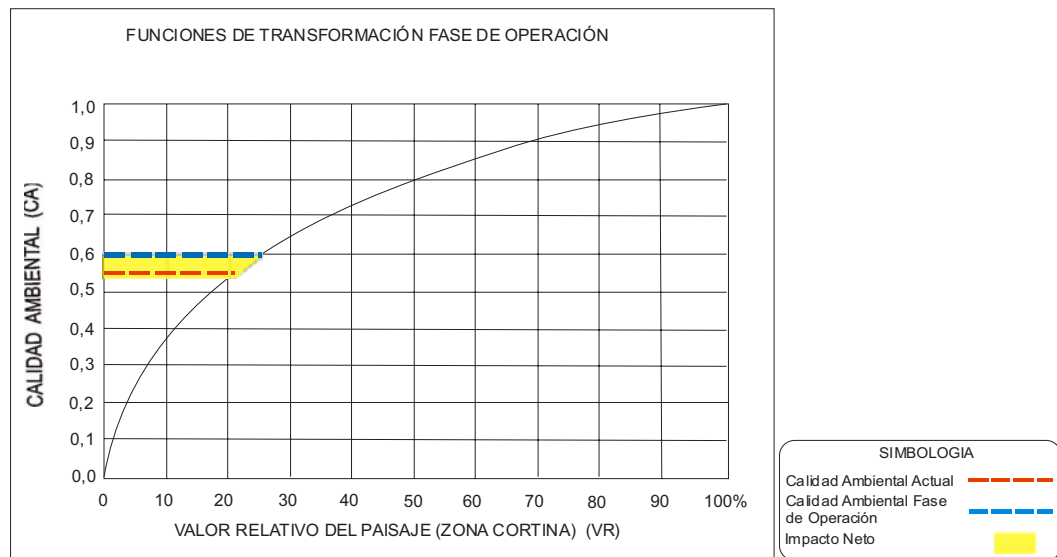
$$K = 1,125 (2/3 * 2 * 2)^{1/4} = 1,4376$$

$$Va = 16$$

Por lo tanto el valor relativo de la calidad escénica es

$$V_r = 1,4376 * 16 = 20,84$$

FASE	VALOR RELATIVO DEL PAISAJE MIA REGIONAL PH LA YESCA CALIDAD ESCÉNICA		
	Va	K	Vr
ACTUAL	21	1,1774	24,7254
OPERACIÓN 1	16	1,303	20,848



**Gráfica 29. Índice de calidad ambiental en la fase de operación.**

Como se observa también hay una disminución de la calidad ambiental con respecto a la que se tiene actualmente, con una reducción de  $-0,05$  en el valor del índice. Sin embargo, cabe indicar que esta situación final es mejor que la que se tiene transitoriamente durante la etapa de construcción.

$$\begin{array}{rcl}
 + & \text{Calidad} & \text{Calidad} \\
 - & \text{Ambiental} & - \text{Ambiental} & = & \text{Impacto Neto} \\
 & \text{Actual} & \text{Fase de Construcción} & & 
 \end{array}$$

$$+/- \text{CAA} (0,6) - \text{CAC} (0,55) = -0,05$$

- Operación en la zona del embalse: Presencia de la presa, Navegación, Uso recreativo, Variación en el nivel del embalse.

Basándose en la información obtenida con la construcción y operación de los diferentes proyectos efectuados para este fin, se tiene el ejemplo ya en operación de la presa Aguamilpa la cual presenta un impacto que no tiene medida de mitigación, esta es la variación del embalse dejando una franja de suelo desnudo de 20 m en promedio. La cual se da en finales de Mayo antes de la temporada de lluvia ver figura 21 y la otra a fin del mes de Octubre, esta franja se observará desde los poblados de Sayulimita, Santa Rosa y San Pedro Anlco.



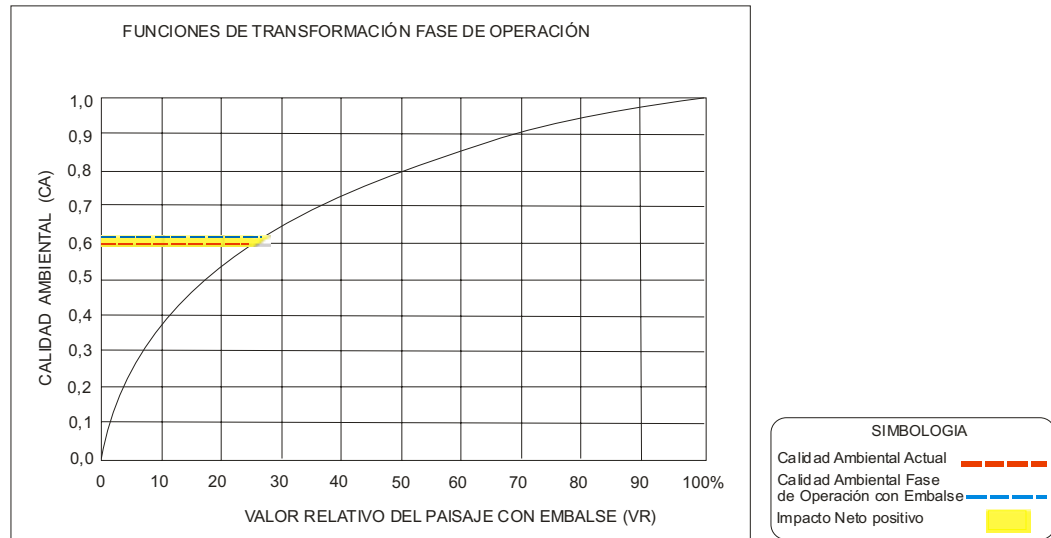


**Figura 21. Variación del embalse**

$$K = 1,125 (2/3 * 2 * 2)^{1/4} = 1,4376$$

$$Vr = 1,4376 * 20 = 26,06$$

FASE	VALOR RELATIVO DEL PAISAJE MIA REGIONAL PH LA YESCA CALIDAD ESCÉNICA		
	Va	K	Vr
<b>ACTUAL</b>	21	1,1774	24,7254
<b>OPERACIÓN 2</b>	20	1,303	26,06



**Gráfica 30. Índice de calidad ambiental en la fase de operación con el embalse.**

Como se observa en la gráfica hay un aumento de la calidad ambiental del +0,02 con respecto a la que se tiene actualmente.

$$\begin{array}{rcl}
 + & \text{Calidad} & \text{Calidad} \\
 - & \text{Ambiental} & - \text{Ambiental} & = & \text{Impacto Neto} \\
 & \text{Actual} & \text{Fase de Construcción} & & 
 \end{array}$$

$$+/ - \text{CAA} (0,6) - \text{CAC} (0,62) = + 0,02$$

Después del uso de las Funciones de Transformación para la Calidad Escénica se concluyen los valores para las distintas fases del proyecto. En el estado actual del sitio del proyecto se obtuvo un valor de calidad ambiental de 0,6, debido a la poca población que tiene acceso a la zona; la distancia desde donde los pobladores y visitantes tienen observación directa de la zona; la accesibilidad a los puntos de observación de la cuenca visual y el tamaño de la cuenca, que abarca solo el área que colinda con el camino ya que es el único acceso donde hay presencia de observadores y visibilidad de el área en estudio.

Para la calidad escénica en la fase de Construcción se obtuvo un valor de 0,4, este resultado bajó debido al incremento de habitantes en la zona, además de la observación de las afectaciones por la ejecución de las obras para la construcción de la cortina obteniendo una disminución neta de - 0,2 en el índice de calidad ambiental.

Para la etapa de operación y teniendo en cuenta los factores del estado actual además de la presencia de la cortina, la subestación y la variación del nivel del embalse en promedio de 20 m, el valor de la Calidad Ambiental aumenta en 0,15 tomando como base el valor de la fase de construcción, lo cual nos da una Calidad Escénica del 0,55 en la fase de operación, que comparado con la calidad ambiental actual nos arroja un impacto neto de - 0,05.

Para la etapa de operación teniendo en cuenta solo los factores del estado actual además de la variación del embalse con una media de operación de 20 m y la accesibilidad a zonas de alto valor escénico donde actualmente ni siquiera

pueden ser visibles, tenemos que el valor de la Calidad Ambiental aumenta en 0,02 tomando como base el valor de la calidad actual, lo cual nos da una Calidad Escénica del 0,62 en la fase de operación, que comparado con la calidad ambiental actual nos arroja un impacto neto de + 0,02.

Esto tomando en cuenta las mitigaciones de impactos abarcadas en las demás áreas que componen este estudio como son, reforestaciones, nivelaciones, restauración de bancos de material etc. además de la poca actuación humana en la zona por el clima y la topografía, la calidad escénica no se verá afectada porque la mayoría de las obras en la fase de construcción del proyecto serán de significancia baja y media.

## **V.6.2 MEDIO BIÓTICO**

### **Vegetación Terrestre y Acuática.**

Una vez establecido el proyecto ocupa una superficies de 3 692 ha, de las cuales 200 ha será el área afectada por la construcción y 3 492 ha por el área de embalse. De las 200 ha se tendrá la oportunidad de recuperar algunas áreas una vez terminada la construcción, más no la del embalse, donde se eliminará la cubierta vegetal en esa área. Ahora bien, usando las mismas funciones de transformación usadas en el capítulo 4 y aplicándolas a los impactos de alta significancia con respecto a las especies con estatus nos da los siguientes resultados. De acuerdo al valor de importancia se identificaron para aguas abajo un total de 45 impactos, con significancia alta sólo fue 1, con significancia media 16 y significancia baja 28 (ver matriz de aguas abajo). Para aguas arriba se identificaron 67 impactos. Con significancia alta 5, con significancia media 27 y significancia baja 35 (ver matriz aguas arriba). De su análisis podemos deducir que los efectos significativos se presentan en mayor número en el área donde se desplantará la cortina, en la etapa de construcción con la actividad del desmonte y despalme y para aguas arriba, en la etapa de construcción con las actividades desmonte y despalme en la etapa de operación la presencia de la presa.

A continuación se expresan las funciones de transformación para determinar los ICA's, referenciándolos con el proyecto donde la diferencia, sin proyecto, resulta el valor del impacto neto.

Índices de Calidad Ambiental.

- a) Especies con estatus (Índice de Especies Amenazadas).

$$IEA = \frac{((\text{No. esp. prot. esp.}) + (\text{No. esp. amenazadas})2 + (\text{No. esp. en peligro})3)/3}{\text{Total de especies en el área}} \times 100$$

- b) Especies con distribución restringida (Índice de Distribución de Especies).

$$IDE = \frac{((\text{No. Spp. Dist. Nac.}) + (\text{No. Spp. Dist. Reg.})2 + (\text{No. Spp. Dist. Local})3)/3}{\text{Total de especies en el área}} \times 100$$

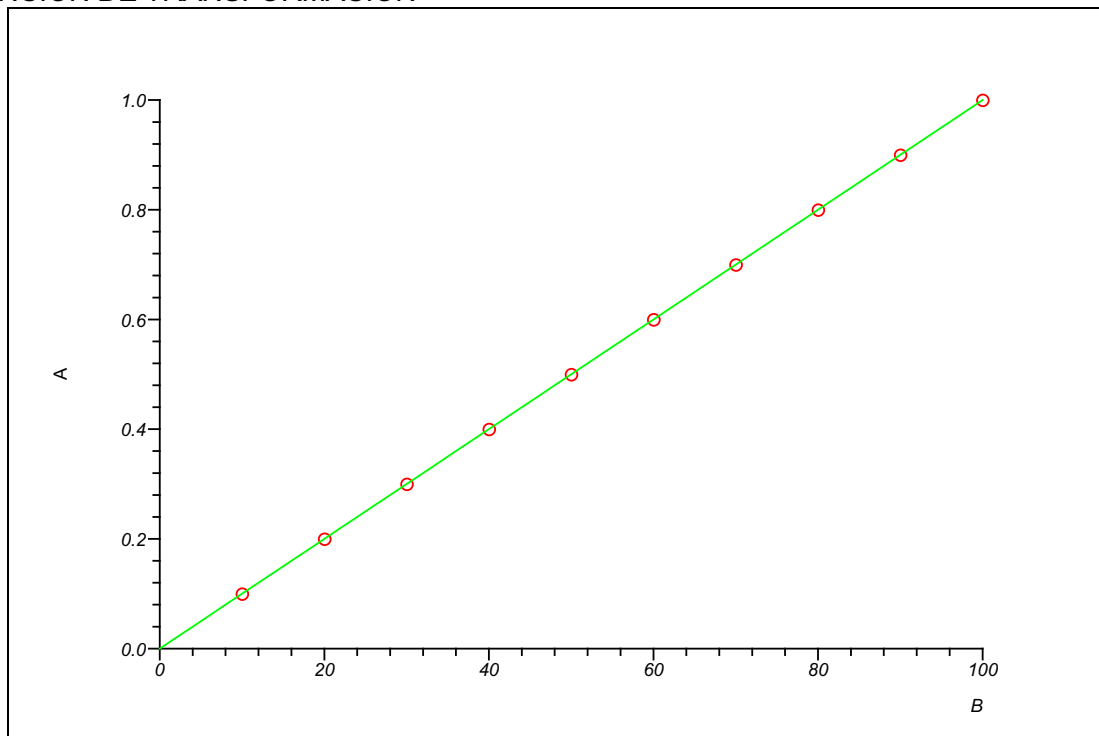
c) Especies endémicas (Índice de Endemicidad).

$$IE = \left( \frac{\text{Numero de especies endémicas}}{\text{Total de especies en el área de estudio}} \right) \times 100$$

d) Cobertura Forestal

$$ICF = \left( \frac{\text{Área con cobertura forestal}}{\text{área total}} \right) \times 100$$

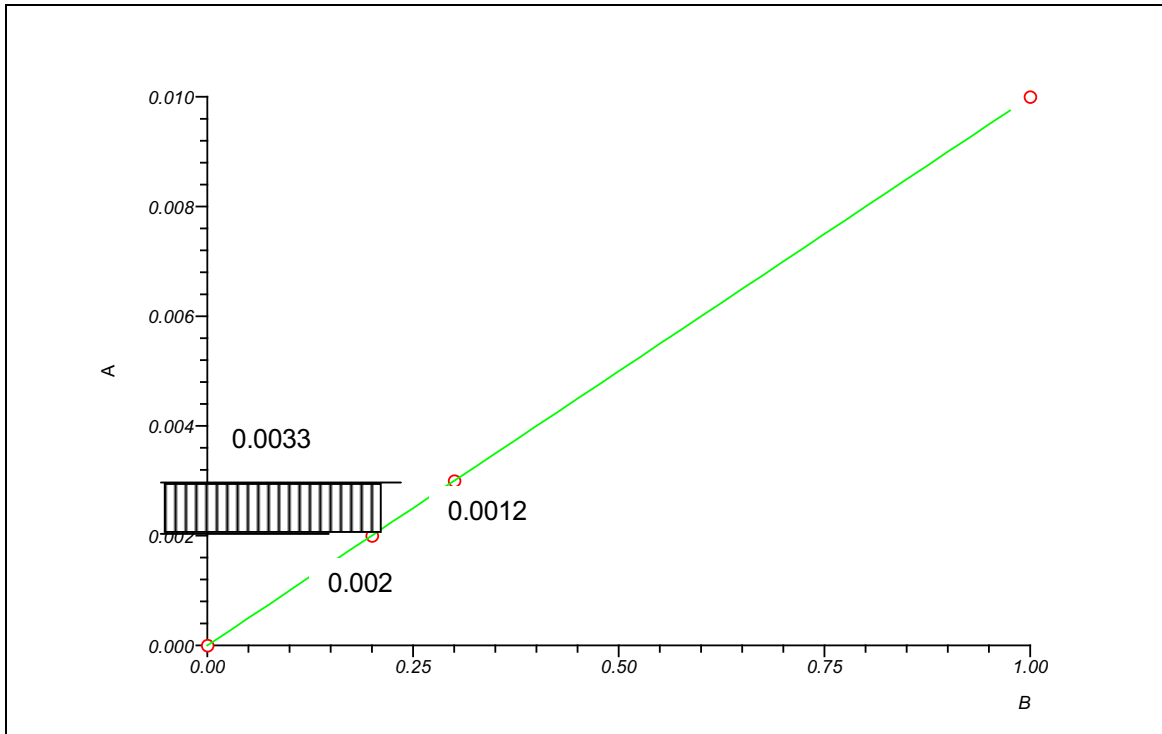
FUNCIÓN DE TRANSFORMACION



Los índices de Calidad Ambiental en el área de estudio son:

**Índice de Especies Amenazadas**

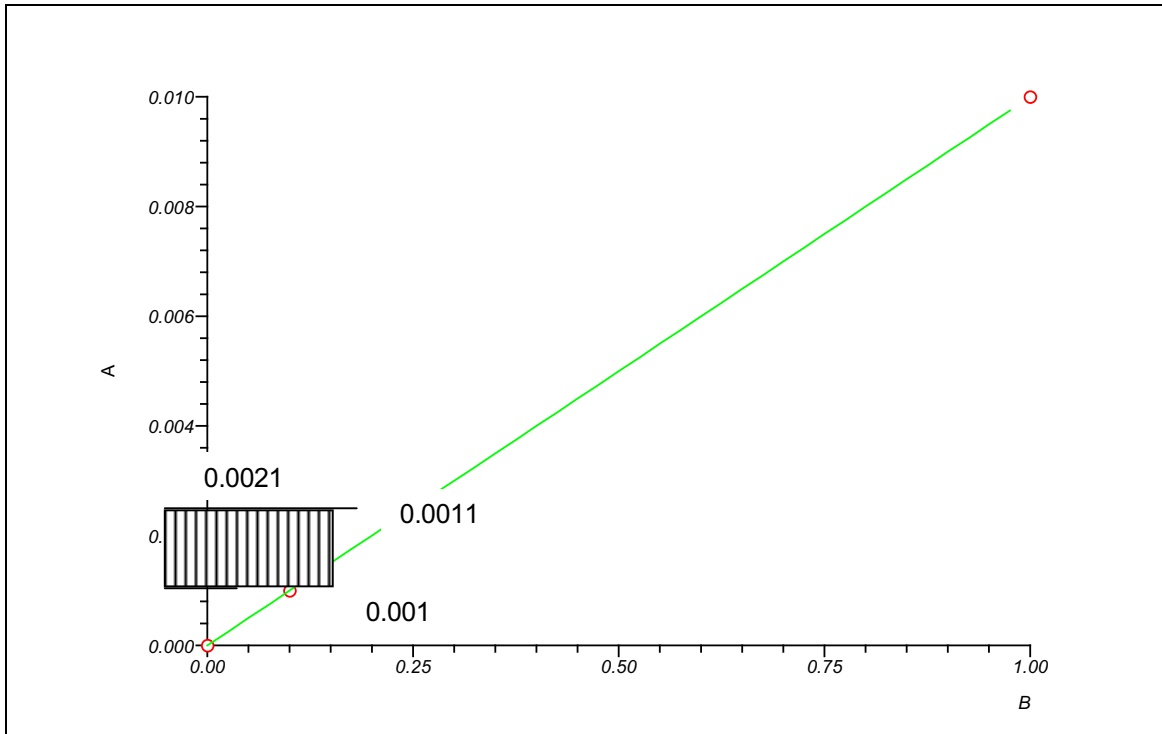
Protección Especial	Amenazada	En Peligro	TOTAL Especies	ICA sin Proyecto	IEA	ICA con Proyecto	IEA	Magnitud
1	4	0	786	0,0033	0,3392	0,002	0,2112	0,0012



Función de transformación donde se muestra la CA de 0.2112 para Especies Amenazadas

**Índice de Distribución de Especies (basado en las especies con estatus)**

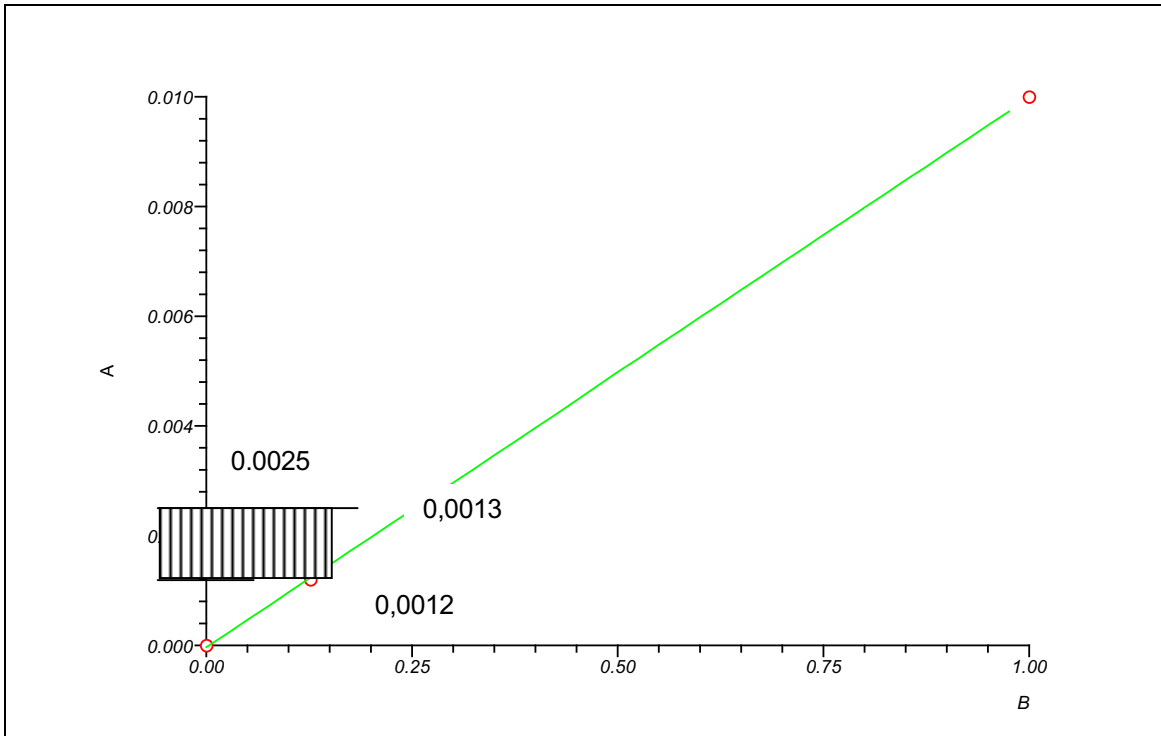
Distribución Nacional	Distribución Regional	Distribución Local	TOTAL Especies	ICA sin Proyecto	IEE	ICA con Proyecto	IEE	Magnitud
3	0	0	786	0,0021	0,2120	0,001	0,1272	00011



Función de transformación donde se muestra la CA de 0.1272 para Distribución de Especies con Estatus.

**Índice de Endemicidad**

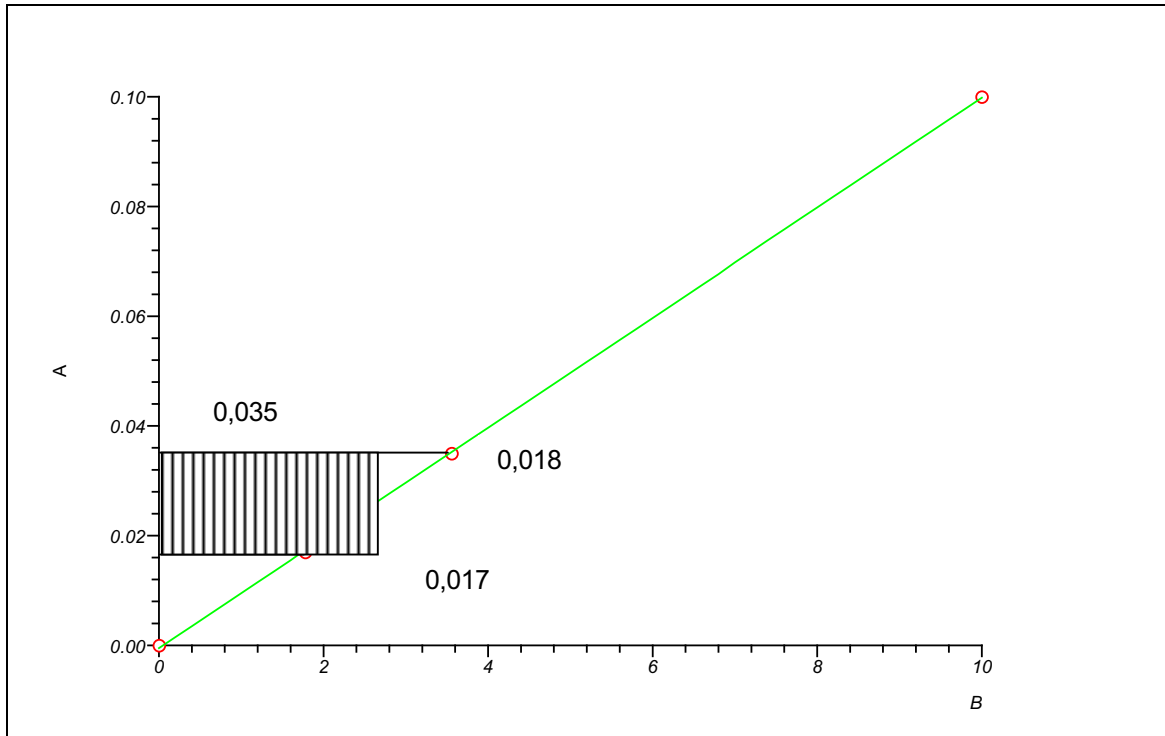
Endémica Nacional	Endémica Regional	Endémica Local	TOTAL Especies	ICA sin Proyecto	IE	ICA con proyecto	IE	Magnitud
1	0	0	786	0,0025	0,2545	0,0012	0,1272	0,0013



Función de transformación donde se muestra la CA de 0.2544 para Endemicidad.

**Índice de Especies con Importancia Social y Comercial**

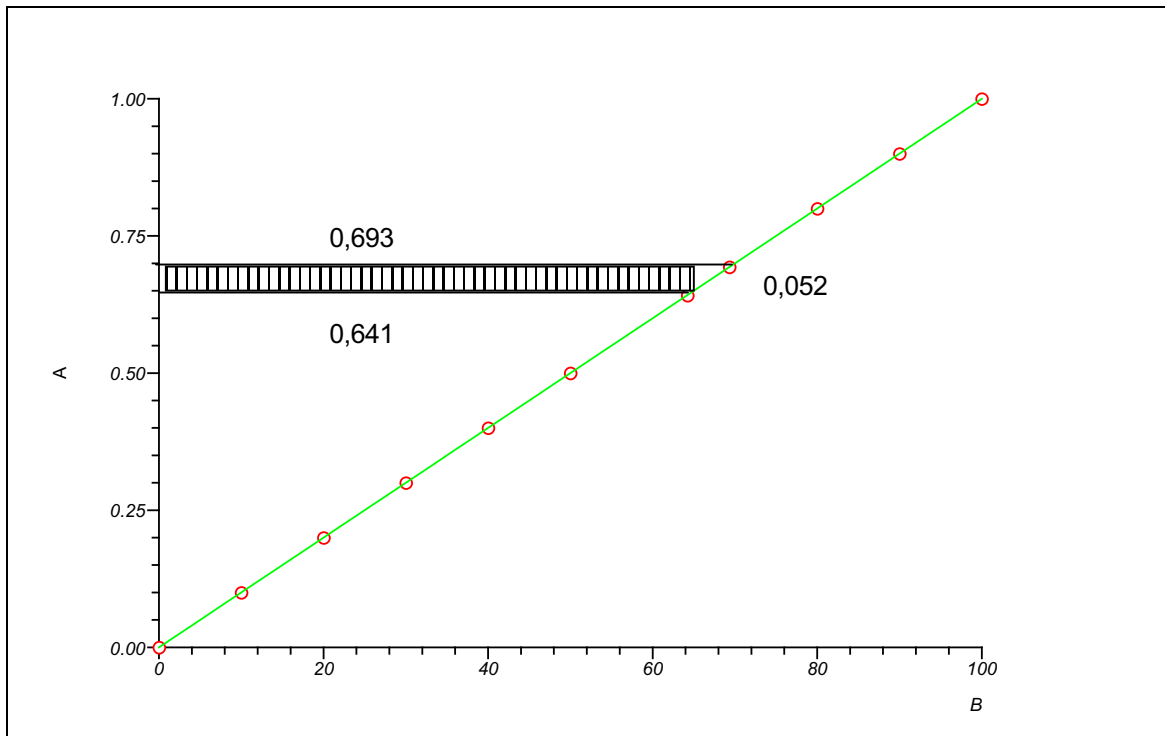
<b>Especies Importancia Social y Comercial</b>	<b>TOTAL Especies</b>	<b>ICA sin proyecto</b>	<b>IISC</b>	<b>ICA con Proyecto</b>	<b>IISC</b>	<b>Magnitud</b>
14	786	0,035	3,56	0,0178	1,7811	0,018



**Índice de Cobertura Vegetal**

Índice/Cobertura	Cobertura Forestal	Área Total	ICA sin proyecto	ICV	ICA con Proyecto	ICV	Magnitud
CA	41 716,08	65 000	0,693	69,33	0,6417	64,1786	0,052





### Impacto Neto

Impacto Neto (Valor de Importancia) se calculó aplicando la siguiente ecuación CONESA F.V. (1995)

$$V_{ij} = (I_{ij} * M_{2ij})^{1/3}$$

Donde: V. Valor de importancia  
I: Importancia  
M: Magnitud

Para Aguas Abajo, el impacto de la acción de desmontes y despalmes sobre el factor otras especies (para ficha 1,bc) es:

$$V_{ij} = (31/37 * 0,0522)^{0,333}$$

$$V_{ij} = 0,132$$

Para Aguas Arriba, el impacto de la acción de desmontes y despalmes sobre el factor Especies con estatus de conservación (para ficha 1,az) es:

$$V_{ij} = (32/37 * 0,00122)^{0,333}$$

$$V_{ij} = 0,011$$

Para Aguas Arriba, el impacto de la acción de desmontes y despalmes sobre el factor Valor social y comercial (para ficha 1,ba) es:

$$V_{ij} = (32/37 * 0.0182) 0,333$$

$$V_{ij} = 0,066$$

Para Aguas Arriba, el impacto de la acción de desmontes y despalmes sobre el factor Endémicas y restringidas (para ficha 1,bb) es:

$$V_{ij} = (32/37 * 0,00132) 0,333$$

$$V_{ij} = 0,011$$

Para Aguas Arriba, el impacto de la acción de desmontes y despalmes sobre el factor otras especies (para ficha 1,bc) es:

$$V_{ij} = (32/37 * 0,0522) 0,333$$

$$V_{ij} = 0,133$$

Para Aguas Arriba, el impacto de la acción de presencia de la presa sobre el factor otras especies (para ficha 34,bc) es:

$$V_{ij} = (30/37 * 0,0522) 0,333$$

$$V_{ij} = 0,130$$

Los índices de especies amenazadas, distribución de especies, endemidad e importancia social y comercial presentan una índice de calidad bajo, debido principalmente a que las especies presentes en cada categoría son escasas con respecto a la cantidad total de las especies encontradas en el área de estudio. Este tipo de impacto será percibido en la etapa de construcción y operación del proyecto. Cabe destacar que dichas especies presentan una distribución amplia en la zona y que trasciende más allá de la boquilla y del área de inundación.

El que presenta mayor índice de calidad ambiental fué la de cobertura vegetal, la cual se encuentra conformada tanto por la Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia Espinosa, Selva Baja Perennifolia Espinosa y de la Vegetación Riparia debido a que gran parte del área que cubren estos tipos de vegetación se verá reducida por el efecto del llenado de presa que inundará 3 492 ha. Esto se verá fuertemente reflejado a partir del quinto año, que es cuando comienza la operación del proyecto.

A 10 y 15 años el área no se verá tan afectada debido a se mantendrán con cambios muy pequeños, ya que la tasa de deforestación originada por la agricultura y la ganadería es mínima por las condiciones topográficas y climáticas del lugar. Por lo que solo en cañadas y las pocas planicies la cubierta forestal se verá reducida por actividades antes mencionadas.

El impacto sobre especies amenazadas en los primeros 5 años fue negativo, principalmente para *Tabebuia palmeri*; sin embargo, en un plazo de 10 a 15 años dicho impacto se transformará en positivo debido al manejo que se implementará para su rescate, reproducción y reintroducción, además de la puesta en marcha de un Área Natural Protegida como medida compensatoria asegurando con ello la continuidad del corredor biológico.

### **Fauna Terrestre y Acuática.**

Una vez establecido el proyecto ocupa una superficie de 3 692 ha, de las cuales 200 ha será el área afectada por la construcción y 3 492 ha por el área de embalse. De las 200 ha se podrán recuperar algunas áreas una vez concluida la construcción de la obra. Dado que el hábitat es el elemento esencial para la presencia de las especies en un sitio determinado y bajo la condición de que el llenado del vaso representa la actividad que mayor impacto causará en el sitio de estudio, se analizan los índices partiendo del supuesto de la pérdida de especies en la zona inundable.

Al igual que en la evaluación de la calidad ambiental sin obra, en este apartado se evalúa dicha calidad ambiental CON LA OBRA, partiendo de los mismos índices de calidad ambiental y la misma función de transformación.

Con base en el análisis de la matriz de impactos y la evaluación de los mismos, se deduce que los mayores efectos se presentarán durante la etapa de construcción, particularmente el relleno de cuerpos de agua y zonas inundables, obstrucción de escurrimientos naturales, la generación de aguas residuales y domésticas y finalmente el más importante, el llenado del vaso.

De manera puntual, la aplicación de los índices de calidad definidos y aplicados a los datos sin obra, y su aplicación a los resultados CON OBRA, no permite tener un panorama más claro de la magnitud del impacto sobre los vertebrados en el área del estudio del PH La Yesca.

Los factores relativos a la fauna que serán utilizados como indicadores de calidad ambiental y sus funciones de transformación son los que a continuación se muestran, dichos indicadores fueron obtenidos a partir de los propuestos por Gómez Orea (2003), los cuales fueron modificados para su aplicación en el presente estudio.

### **Índices de Calidad Ambiental.**

- d) Especies con estatus (Índice de Especies Amenazadas).

$$IEA = \left( \frac{((\text{No. esp. prot. esp.}) + (\text{No. esp. amenazadas})^2 + (\text{No. esp. en peligro})^3)/3}{\text{Total de especies en el área}} \right) \times 100$$

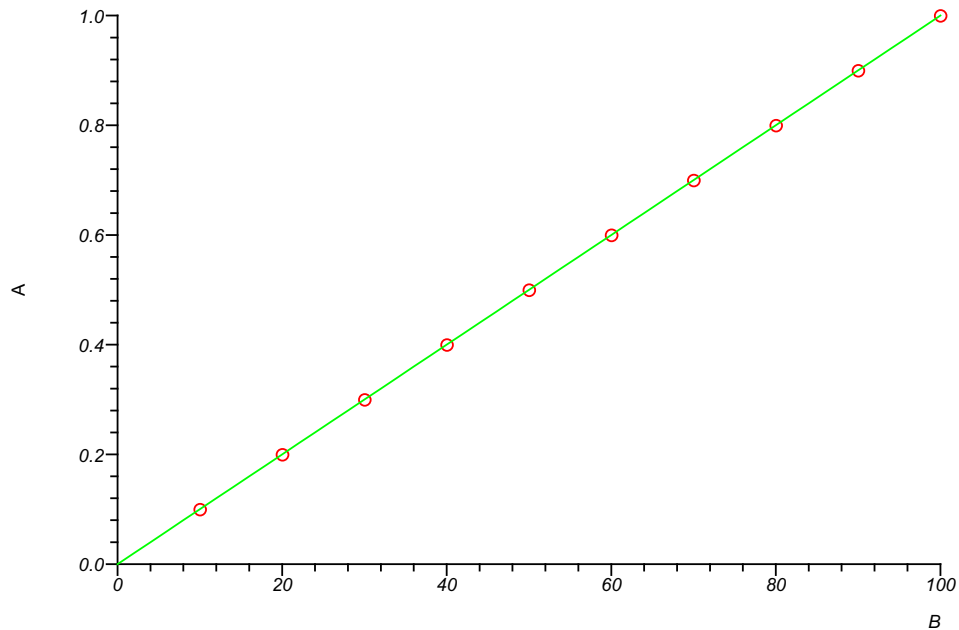
- e) Especies con distribución restringida (Índice de Distribución de Especies).

$$IDE = \left( \frac{((\text{No. Spp. Dist. Nac.}) + (\text{No. Spp. Dist. Reg.})^2 + (\text{No. Spp. Dist. Local})^3)/3}{\text{Total de especies en el área}} \right) \times 100$$

f) Especies endémicas (Índice de Endemicidad).

$$IE = \left( \frac{\text{Número de especies endémicas}}{\text{Total de especies en el área de estudio}} \right) \times 100$$

**Función de transformación.**

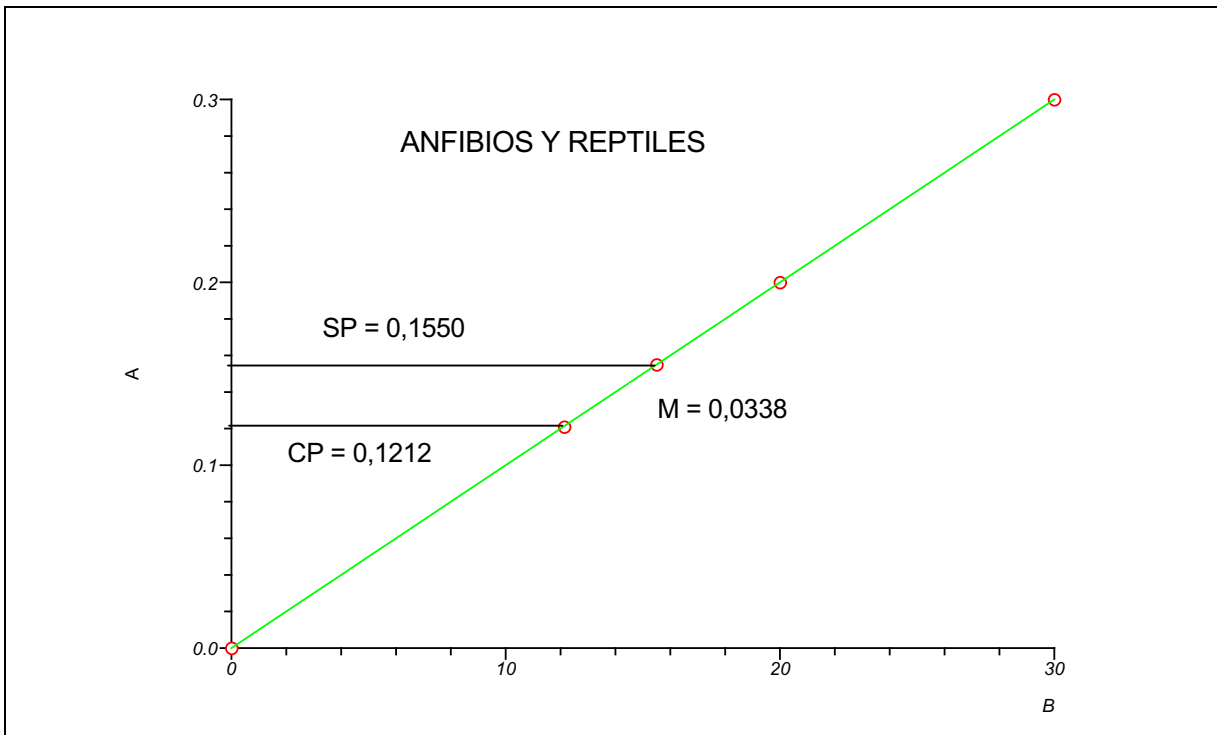
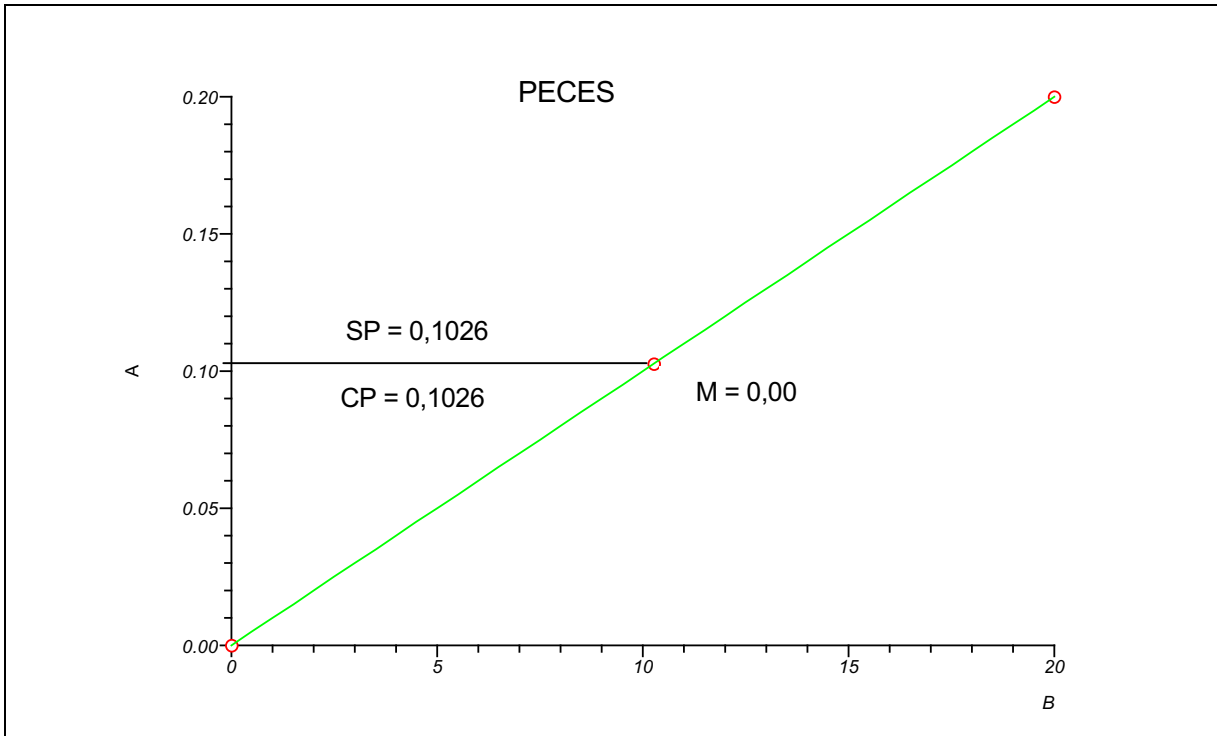


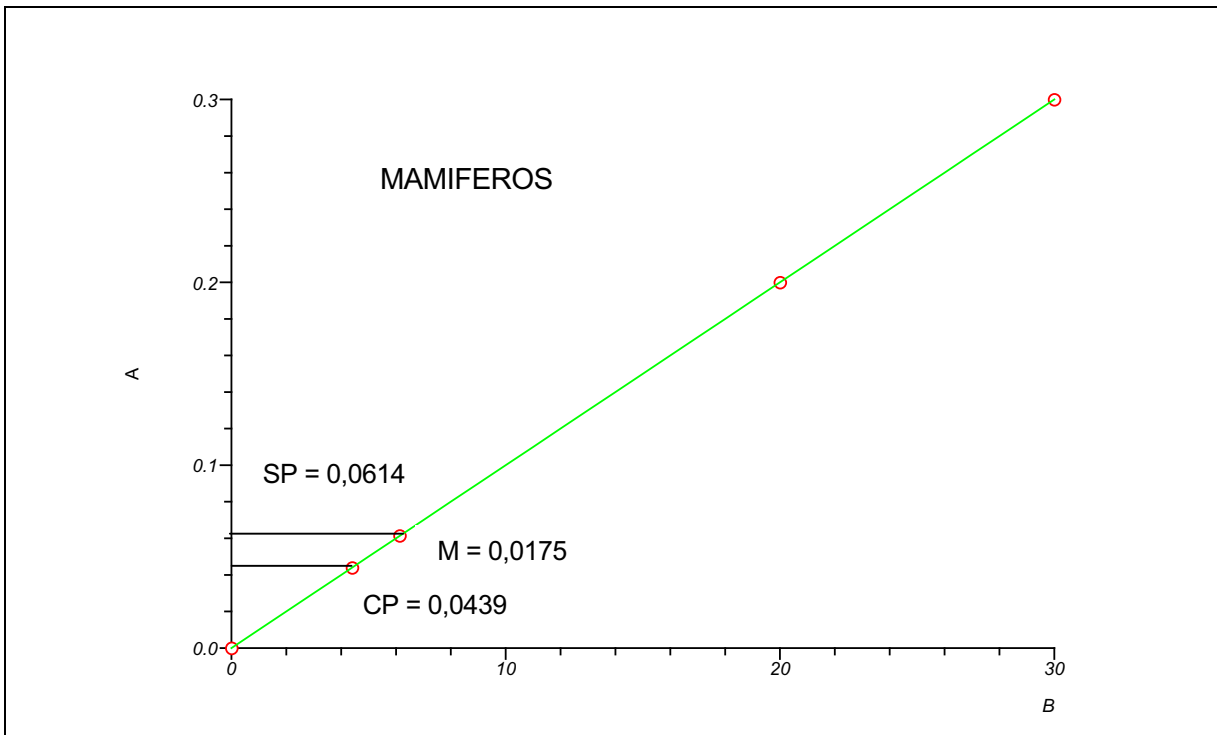
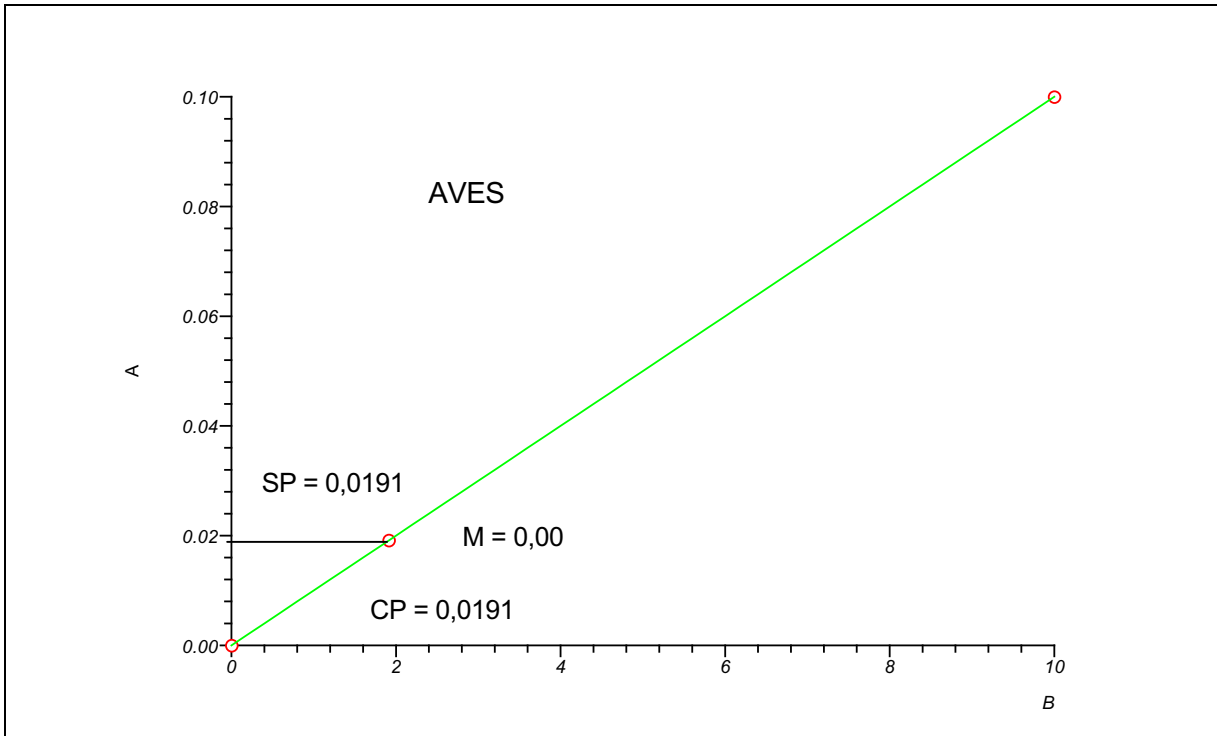
**RESULTADOS.**

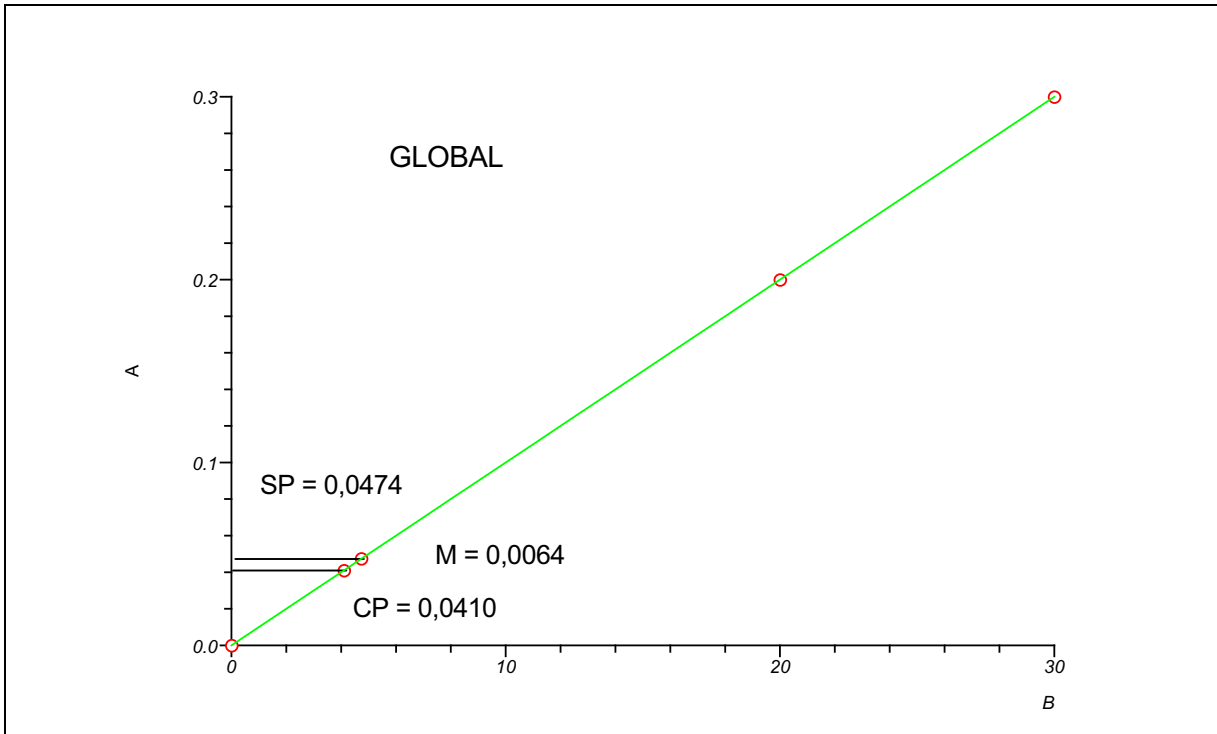
Evaluación de los índices con la obra

**Índice de especies amenazadas**

GRUPO	Índice de Especies Amenazadas	Índice de Calidad Ambiental con Proyecto	Índice de Calidad Ambiental sin Proyecto	Magnitud
Peces	10,26	0,1026	0,1026	0,00
Anfibios y Reptiles	12,12	0,1212	0,1550	0,0338
Aves	1,91	0,0191	0,0191	0,00
Mamíferos	4,39	0,0439	0,0614	0,0175
GLOBAL	4,10	0,0410	0,0474	0,0064

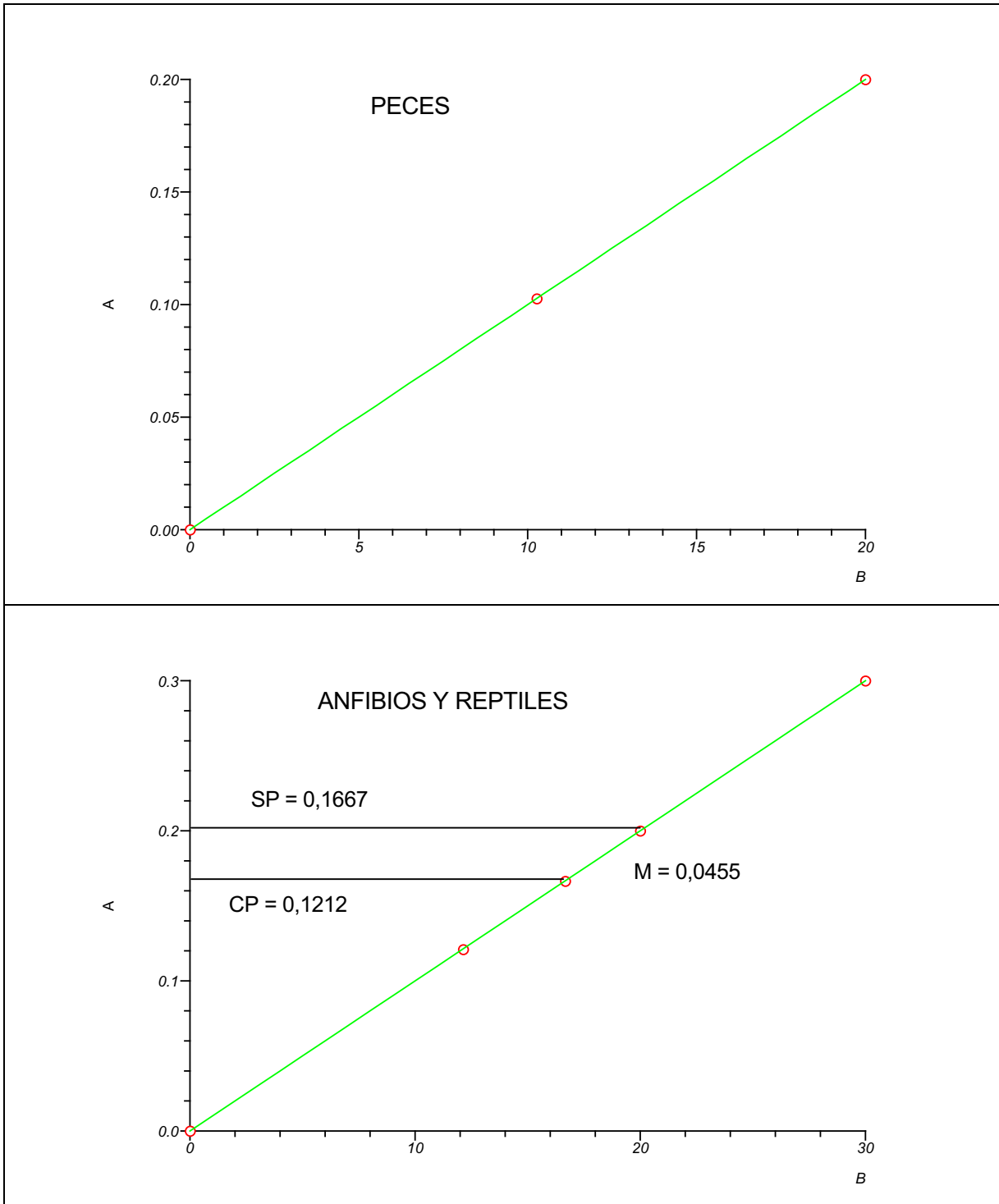




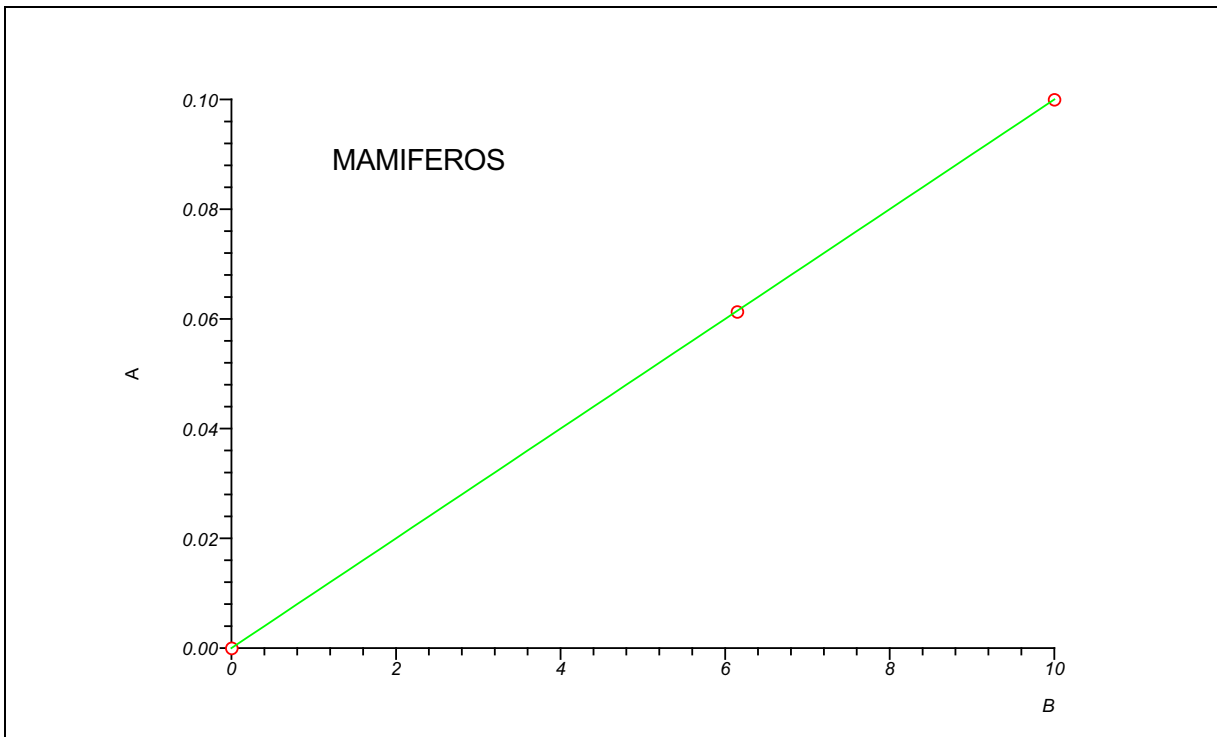
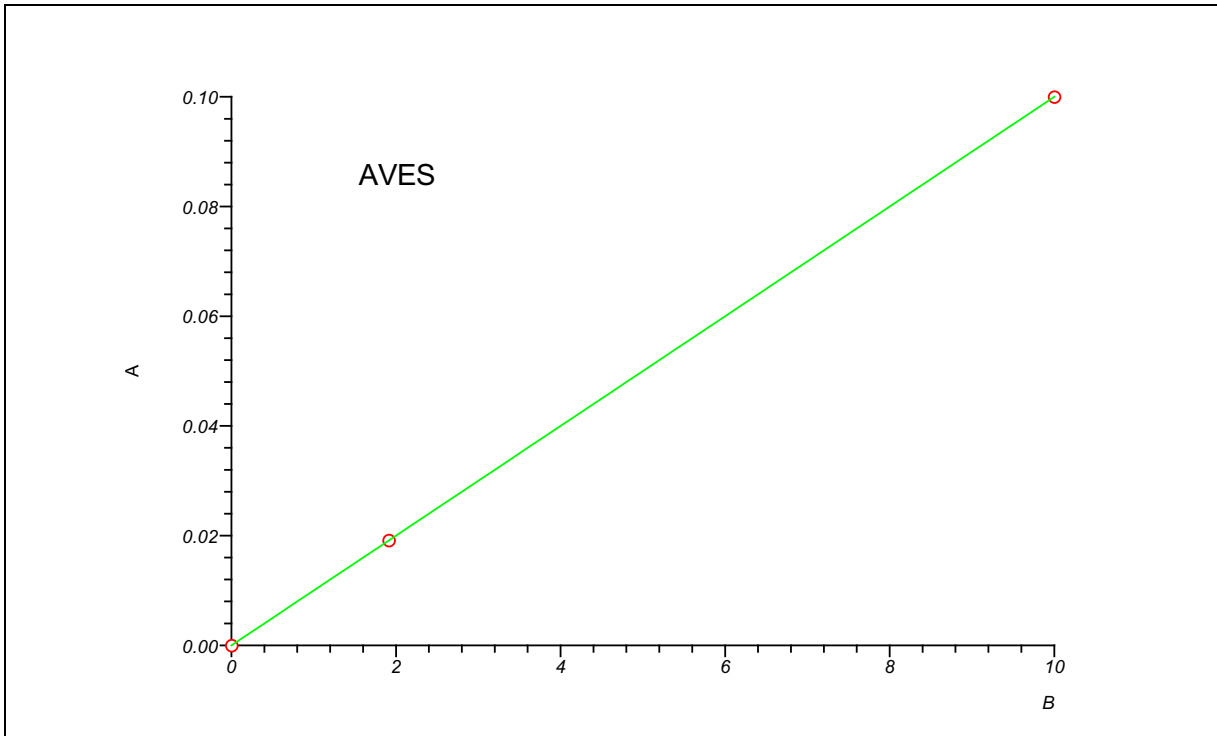


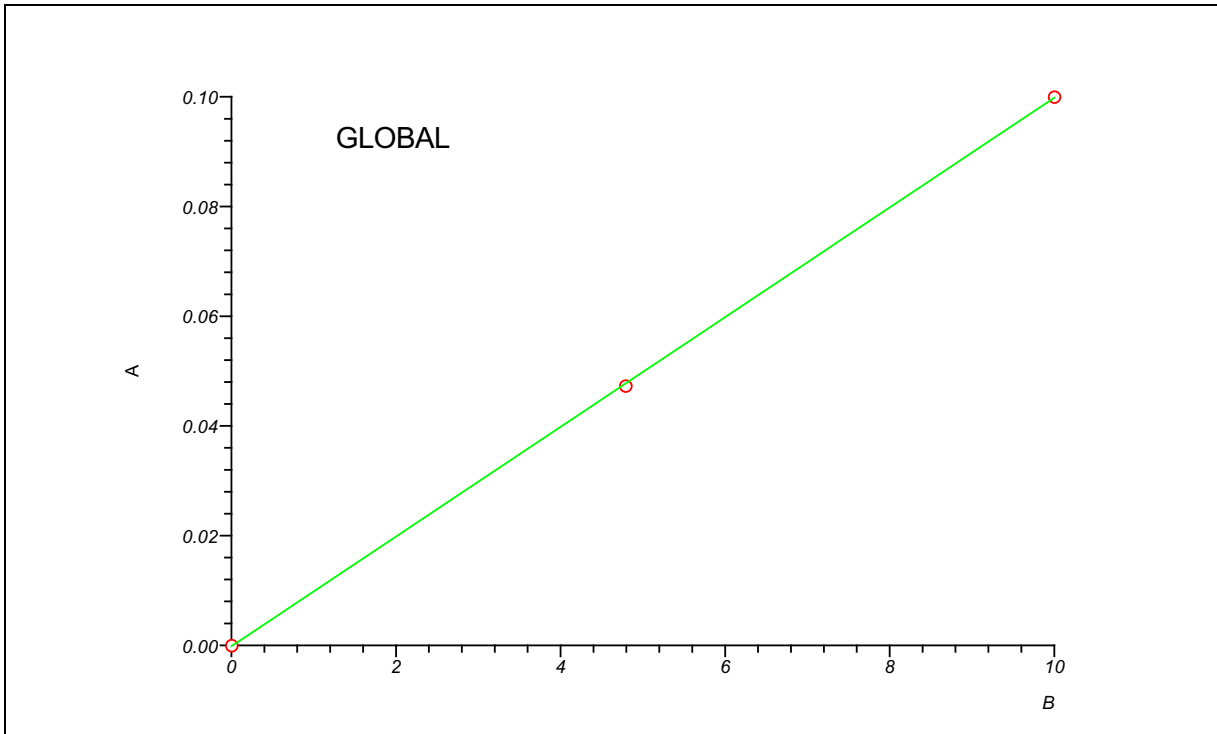
Índice de distribución de especies (basado en las especies con estatus)

GRUPO	Índice de Distribución de Especies	Índice de Calidad Ambiental con Proyecto	Índice de Calidad Ambiental sin Proyecto	Magnitud
Peces	10,26	0,1026	0,1026	0,00
Anfibios y Reptiles	12,12	0,1212	0,1667	0,0455
Aves	9,56	0,0956	0,0956	0,00
Mamíferos	9,65	0,0965	0,0965	0,00
GLOBAL	9,91	0,0991	0,0991	0,00



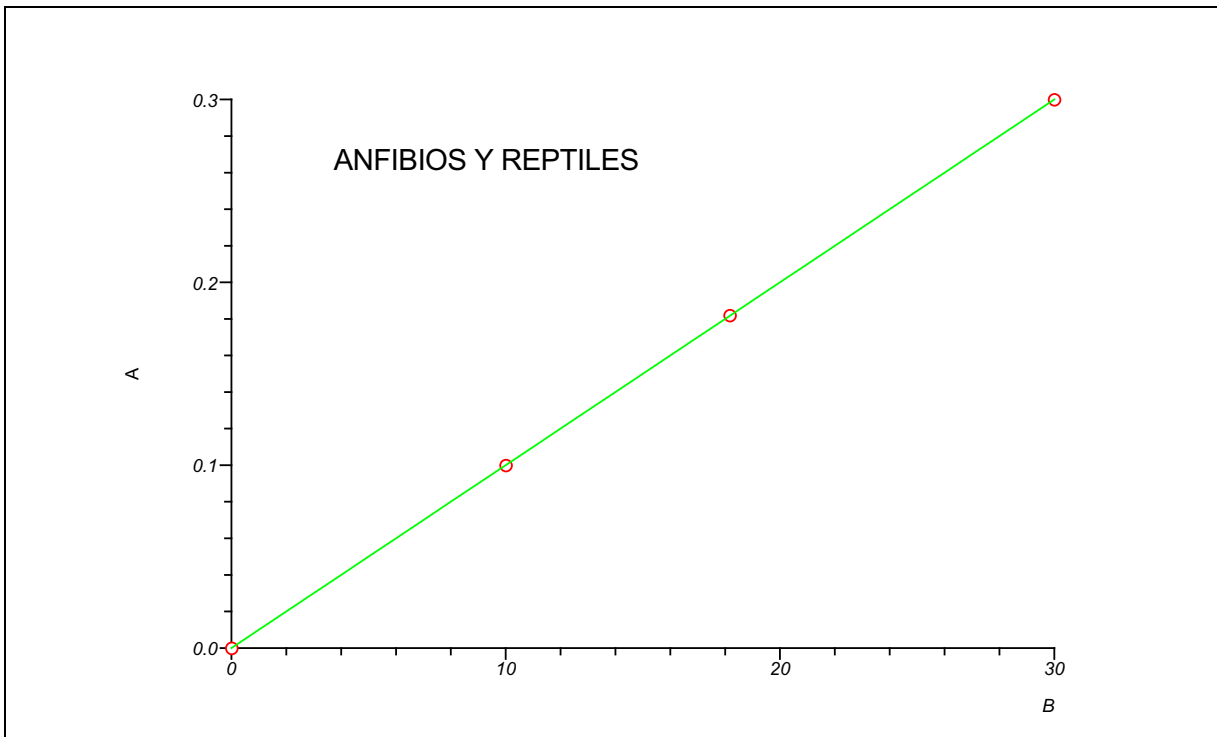
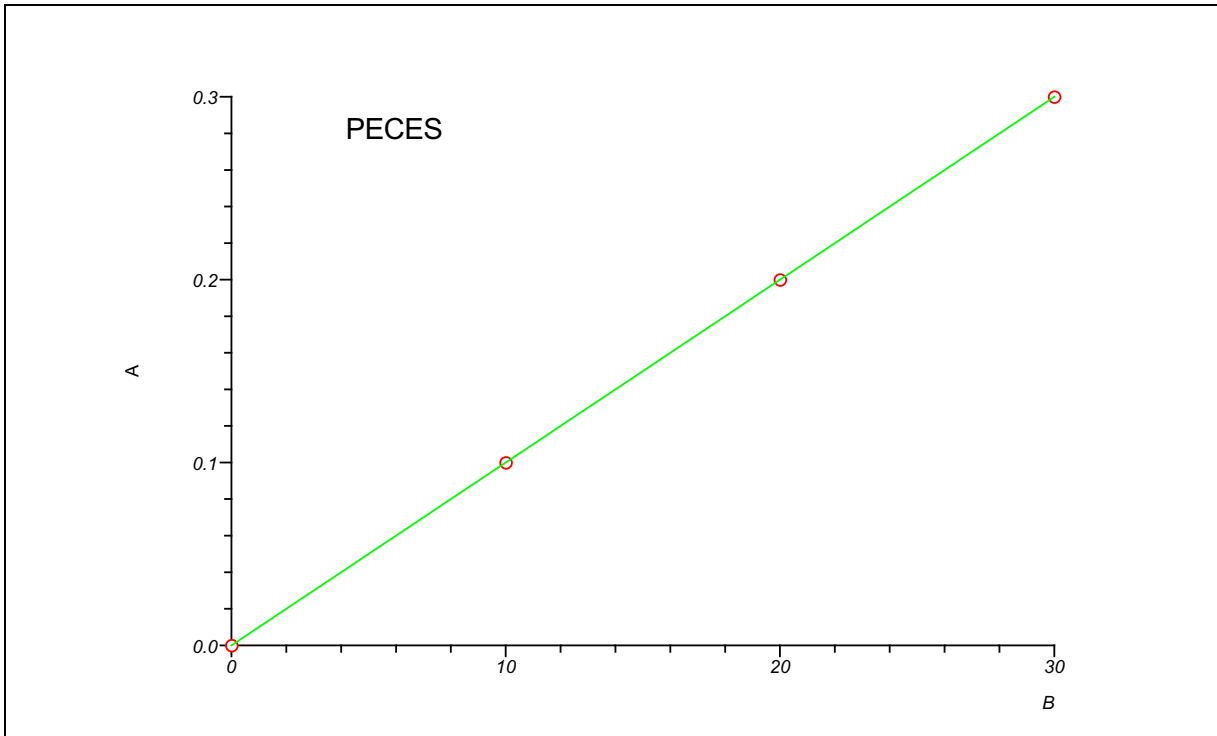


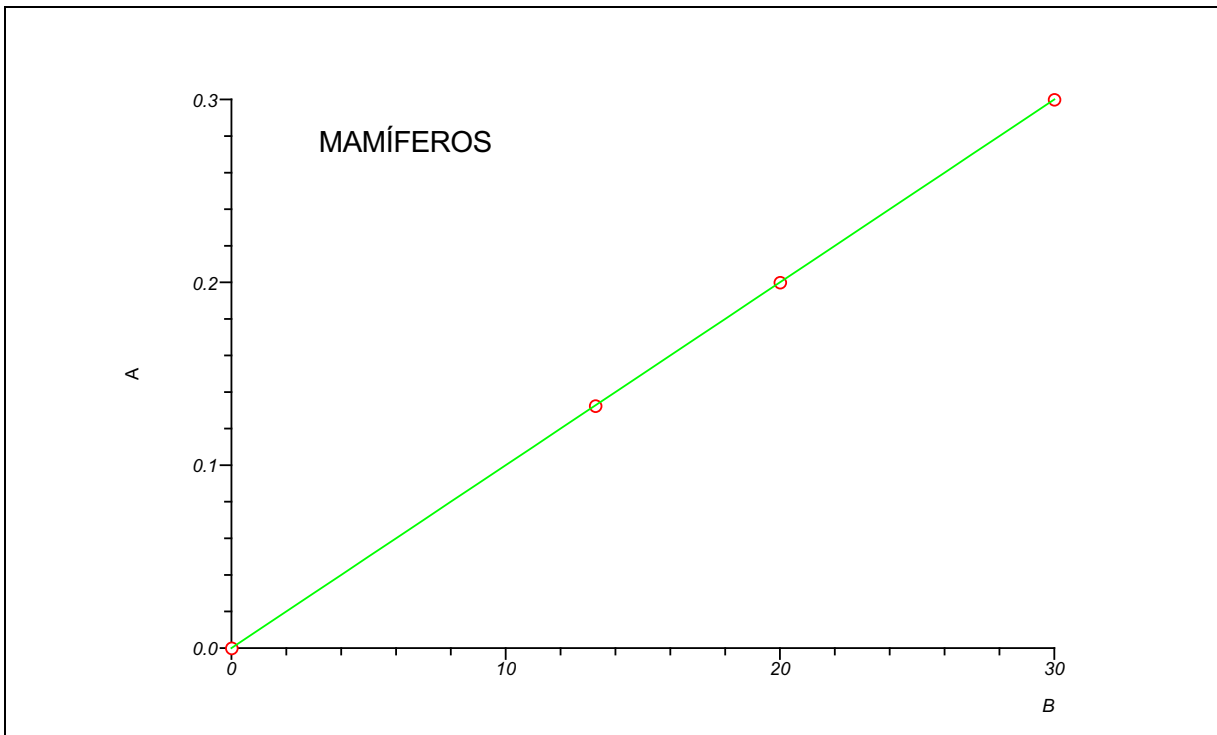
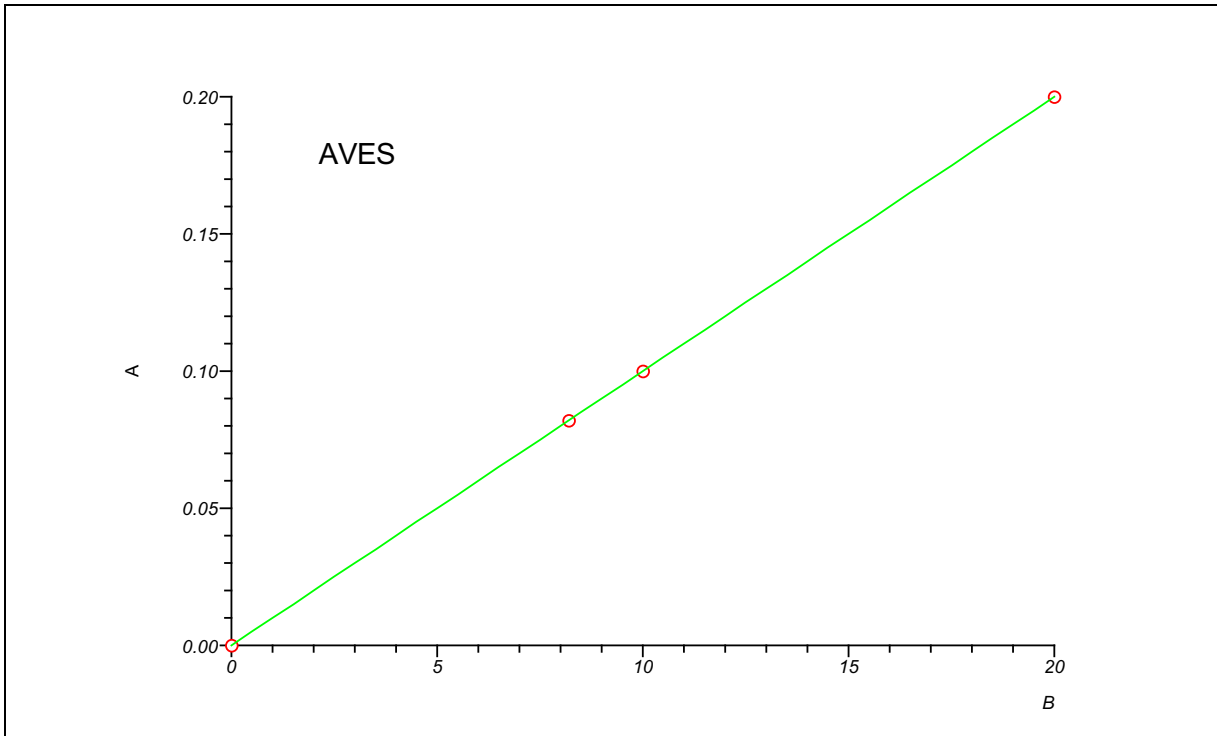


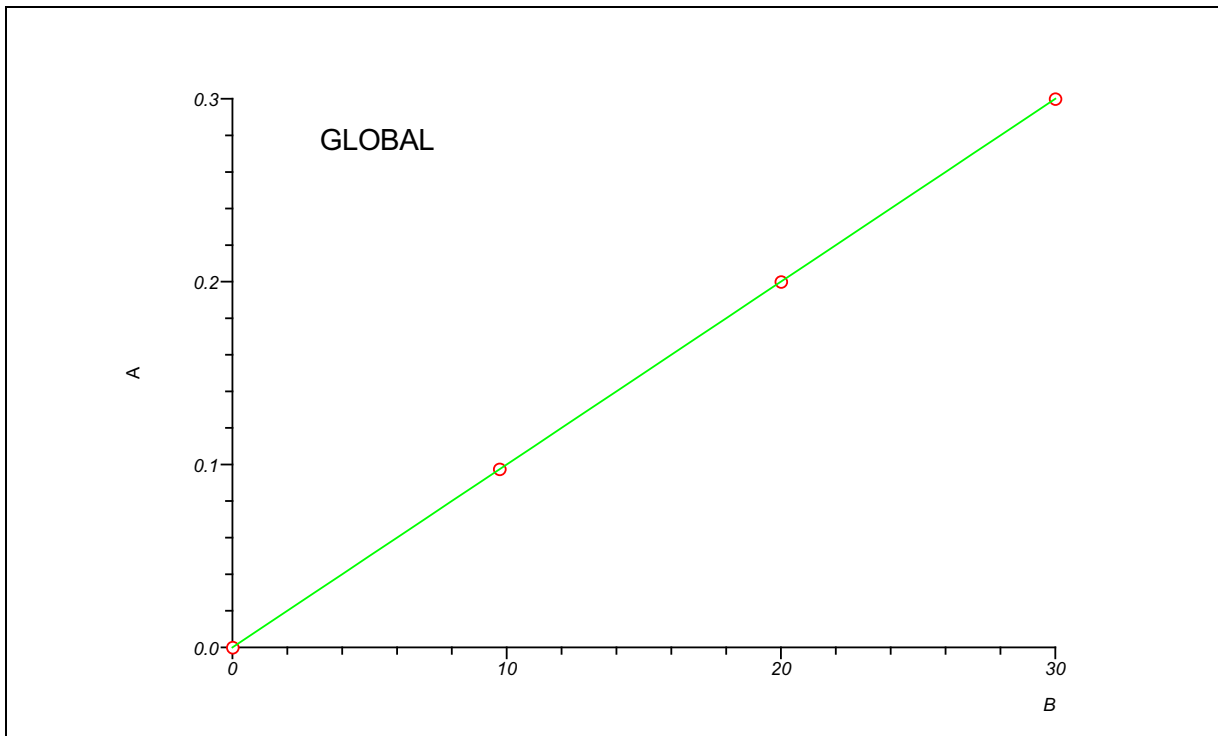


**Índice de endemidad**

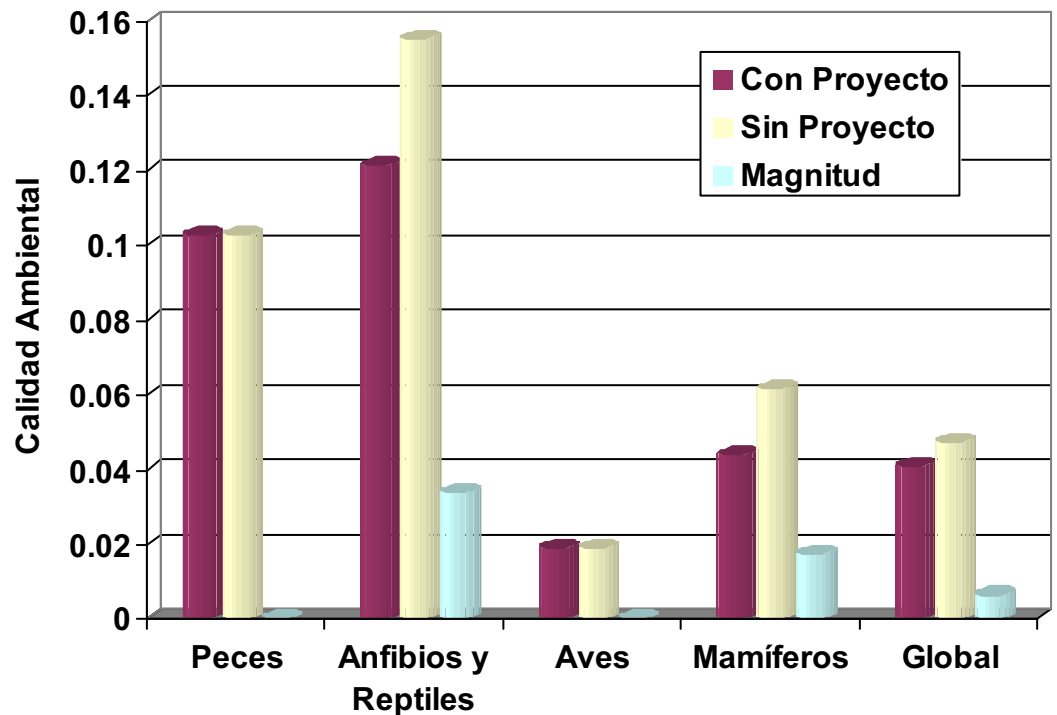
<b>GRUPO</b>	<b>Índice de Distribución de Especies</b>	<b>Índice de Calidad Ambiental con Proyecto</b>	<b>Índice de Calidad Ambiental sin Proyecto</b>	<b>Magnitud</b>
<b>Peces</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Anfibios y Reptiles</b>	18,18	0,1818	0,1818	0,00
<b>Aves</b>	8,20	0,0820	0,0820	0,00
<b>Mamíferos</b>	13,16	0,1316	0,1316	0,00
<b>GLOBAL</b>	9,74	0,0974	0,0974	0,00





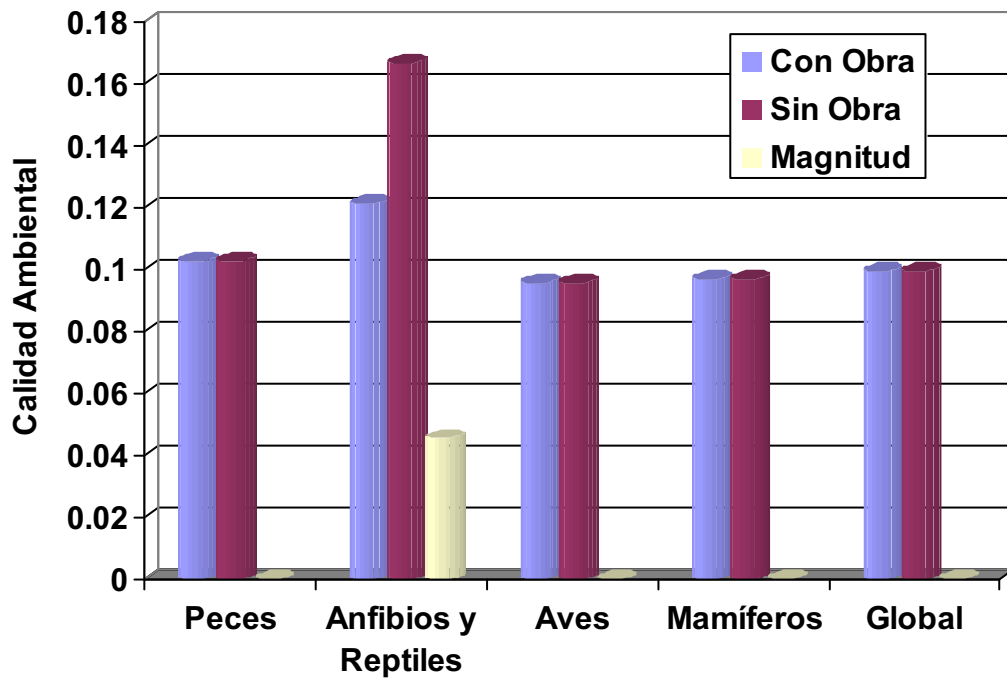


De acuerdo con los resultados generados con la aplicación del índice de especies amenazadas, se puede notar que la magnitud del impacto con y sin proyecto es muy pequeña en todos los casos, siendo el mayor el obtenido para anfibios y reptiles ( $M = 0,0338$ ), lo que significa que muy pocas especies con estatus o amenazadas se podrían ver en problemas con la construcción de la presa. En este sentido quizá resalta *Crotalus basiliscus*, especie que fue registrada solamente en la zona de la boquilla. Así mismo, en el caso de los mamíferos, la especie que estaría podría tener problemas es *Lontra longicaudis*, la cual se presentó en el cauce del Río Bolaños. Tanto en peces como en aves la magnitud del impacto fue cero, ya que no se espera cambio alguno en la composición de especies amenazadas en la zona (gráfica 31).



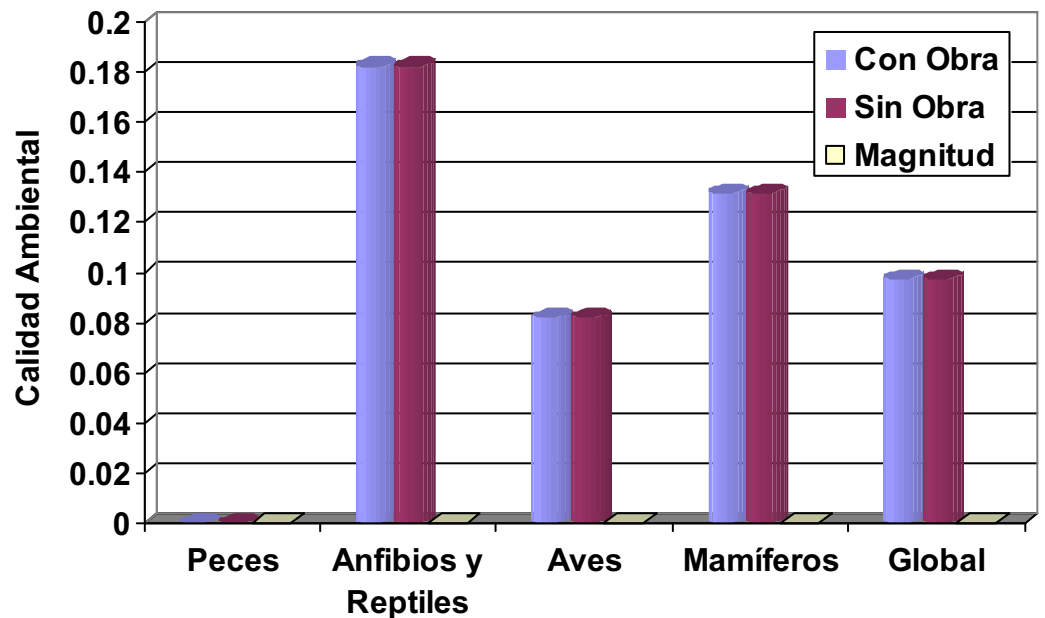
Gráfica 31. Calidad Ambiental con y sin proyecto, así como la magnitud de la misma.

El índice de distribución de especies, arrojó también magnitudes de impacto muy bajas, resultando únicamente con un valor por arriba de cero para anfibios y reptiles (0.0455), ello refiere a que solamente se prevé que *Crotalus basiliscus* pueda presentar cambio alguno. Si bien se podría asumir que también el caso de *Lontra longicaudis* representaría cambio alguno en su presencia en el sitio, es factible que durante el llenado tienda a moverse aguas arriba sobre el cauce del Río Bolaños, una vez estabilizado el sistema es factible que recolonice sitios previamente utilizados como hábitat (gráfica 32).



Gráfica 32. Calidad Ambiental mediante la aplicación del índice de distribución de especies con estatus, con obra, sin obra y la magnitud del impacto.

En función del índice de endemización no se registraron cambios entre la situación con obra y sin obra, lo que indica que las especies endémicas no solo están presentes en la zona de inundación, sino también en el área de influencia, lo que asegura su presencia en el área de estudio del PH La Yesca (gráfica 33).



**Gráfica 33. Calidad Ambiental en función del índice de endemismo, con obra, sin obra y la magnitud del impacto.**

Evidentemente que la presencia de la obra vendría a cambiar el panorama en el lugar. Por principio de cuentas, la construcción del PH La Yesca conduciría a una reducción en hábitat de las especies, particularmente las que tienen como hábitat la Selva Baja Caducifolia, vegetación dominante. Sin embargo, vale la pena hacer notar que la mayor cantidad de especies registradas en el área están presentes tanto en el área de inundación como en el área de influencia. Este proceso de reducción en el hábitat se estaría dando durante los primeros cinco años, que es el periodo de construcción y llenado del vaso de la presa.

Este proceso de llenado de la presa, conduciría a la entrada de aguas contaminadas al cañón del Río Bolaños, lo que conduciría al movimiento aguas arriba de especies como la nutria (*Lontra longicaudis*), posiblemente en el mediano plazo, pero una vez estabilizado el sistema, es factible la probable recolonización de aguas que correspondan al vaso, una vez que el asentamiento de contaminantes se pueda dar. En este proceso, será también cuando la presencia en el vaso de especies como la lobina (*Micropterus salmoides*) se pueda presentar, y con ello el establecimiento de una fuente potencial para una pesquería en la zona.

Una vez llenado el vaso de la presa, se prevé la presencia de especies para las que este tipo de hábitats son ideales para su establecimiento, tal es el caso de los patos, durante el desarrollo del diagnóstico se observó la presencia de *Anas strepera*, *Anas discolors* y *Anas clypeata*, las cuales pueden establecer poblaciones importantes en el lugar.

Cabe hacer notar que establecido el vaso y dado que en el mediano plazo se



pretende la construcción de plantas potabilizadoras en la zona metropolitana de Guadalajara y la presa Arcediano, se permitirá el arrastre de una menor cantidad de contaminantes y su consecuente menor deposición en el sitio del PH La Yesca, favorecerá la presencia de especies en el lugar, sobre todo las acuáticas o que utilizan este hábitat, ya sea permanente o temporalmente.

### **V.6.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO**

#### **Socioeconómico**

El propósito del análisis de impactos socioeconómicos que tendrá la presa La Yesca es determinar cómo se afectará a la población durante las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto. La identificación de impactos está dirigida a servir de base para las alternativas de manejo y mitigación de los impactos de la presa en su región de influencia. En esta sección del estudio se presenta el listado de los impactos que se contempla tendrá el PH La Yesca. Estos impactos se pueden clasificar de la siguientes manera:

- Las variaciones en el sistema urbano y en los asentamientos.
- Los cambios en variables clave de bienestar social tales como empleo, salud, educación y nutrición.
- Los impactos en la vida cotidiana de la población tales como la distribución que hacen de su tiempo, la organización del trabajo y las actividades de entretenimiento.
- Las costumbres de la población incluyendo las relaciones que tienen lugar a nivel familiar, comunitario y regional.
- La calidad del medio ambiente que los rodea.
- Los cambios en las expectativas sociales incluyendo la creación de nuevas oportunidades, acceso a información o cambios en sus valores respecto al futuro de la comunidad.

#### **Variables (indicadores) Ambientales, Funciones de Transformación e índices de Calidad Ambiental**

##### **Variables para construir el índice de desarrollo humano**

Las variables seleccionadas son similares a las utilizadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO):

- Porcentaje de población analfabeta de 15 años y más
- Porcentaje de población sin primaria completa de 15 años y más
- Porcentaje de ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo
- Porcentaje de ocupantes en viviendas sin energía eléctrica
- Porcentaje de ocupantes en viviendas sin agua entubada
- Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento
- Porcentaje de ocupantes en viviendas con piso de tierra
- Porcentaje de población en localidades con menos de 5,000 habitantes
- Porcentaje de población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios

mínimos

- Tasa de mortalidad infantil
- Porcentaje de personas de 15 años o más alfabetas
- Porcentaje de las personas de 6 a 24 años que van a la escuela
- PIB per cápita en dólares ajustados
- Índice de sobrevivencia infantil
- Índice de nivel de escolaridad
- Índice de PIB per cápita

**Unidades:** El índice solo establece las variaciones entre un municipio y otro, de tal manera que el municipio que obtiene un índice negativo es más marginado con respecto al que presenta un índice positivo.

#### **Unidad ambiental: Municipal**

**Función de transformación:** El índice se construye a través del método factorial para todos los municipios de Jalisco y Nayarit considerados como región agregada, por lo cual, estaremos comparando las condiciones de vida con respecto a la región conformada por ambos estados.

**Índice de calidad ambiental:** Para la estimación de este índice proponemos una metodología que se enfoca en detectar las variaciones como base fundamental para tomar decisiones. El municipio que obtenga el valor más alto en la región estimada tendrá el valor de 1 y los otros índices serán referidos a este.

#### **Variables para construir el índice integración social**

- Número de clubes y asociaciones.
- Población total
- Número de huelgas
- Número de crímenes del fuero común
- Número de divorcios
- Población ocupada

**Unidades:** 1 será el número máximo de integración social y 0 significa nula integración social.

**Unidad ambiental:** Municipal y localidad

**Función de transformación:** Se dividirán los valores de las variables con respecto a la población total del municipio usando datos disponibles para el periodo 1990-2005

**Índice de calidad ambiental:** El valor más alto obtenido entre los municipios corresponderá a 1 y los demás serán ponderados con este punto de referencia.

#### **Variables para construir el índice de morbilidad**

- morbilidad
- Incidencia de enfermedades:
- Respiratorias
- Auditivas
- Gastrointestinales
- Transmisión sexual

### **Número de accidentes laborales**

**Unidades:** 1 significa que existen importantes problemas de salud pública y 0 significa que existe una excelente condición de la población en términos de salud pública.

**Unidad ambiental:** Municipal

**Función de transformación:** se sumarán el peso de cada una de las variables.

**Índice de calidad ambiental:** El municipio que obtenga el valor más alto será 1 y el resto se ponderará con este punto de referencia.

### **Variables para construir el índice de potencial económico**

- Distancia a Guadalajara
- Empleos bien pagados
- Nivel de Educación y Oferta Educativa
- Importancia de sectores dinámicos
- Buena infraestructura
- Gobierno eficiente

**Unidades:** 1 potencial económico alto y 0 sin potencial económico

**Unidad ambiental:** Municipal

**Función de transformación:** se sumarán el peso de cada una de las variables.

**Índice de calidad ambiental:** El municipio que obtenga el valor más alto será 1 y el resto se ponderará con este punto de referencia.

### **Identificación de umbrales de estabilidad y bienestar social aceptable (Banderas rojas)**

No existen indicadores universales o precisos sobre cuáles son los umbrales de cambio que son aceptables socialmente en un entorno regional o comunitario determinado o que definan prioridades sociales para la mitigación de los impactos que ocasiona un proyecto como el de La Yesca. Estos umbrales son construidos combinando un enfoque de preferencias reveladas con uno de percepción social de problemas asociados al proyecto.

La consulta con representantes de la sociedad y con gobiernos locales y el trabajo de campo realizado en la comunidad permitirán identificar umbrales de estabilidad y bienestar social aceptables. Estos umbrales son construidos a partir

de las percepciones y valoraciones hechas por los propios residentes respecto al comportamiento de variables clave y las medidas de mitigación que cabría esperar se implementen para prevenir rebasar un umbral determinado.

Para este fin, el trabajo de campo fue dirigido a encontrar respuesta a preguntas tales como el tamaño del problema, qué relación tiene con eventos o procesos asociados al proyecto, qué se considera como límite tolerable, cuáles son las alternativas para su solución, en qué forma puede participar la población local en la solución de los problemas, quién sale beneficiado y quién perjudicado y quién tiene liderazgo para coordinar o encausar la búsqueda de soluciones a los problemas percibidos.

### **Estimación de los principales procesos de cambio sobre el área socioeconómica**

En este resumen se presentan los principales efectos que las distintas etapas del PH La Yesca tiene sobre la dinámica socioeconómica del área de estudio. Específicamente de las etapas de construcción de la presa, la operación (incluyendo el proceso de abandono del proyecto).

#### **Construcción**

En esta fase se efectuarían los principales impactos del proyecto sobre la dinámica socioeconómica. La población absoluta crecería en el corto plazo con la llegada de trabajadores de otras regiones de país, se espera que en un plazo de cuatro años la población crezca en aproximadamente 5 500 habitantes más, este impacto revertirá la caída en la dinámica poblacional del municipio de Hostotipaquillo y acelerará el crecimiento en los municipios de Magdalena y Tequila. El empleo en la región crecerá se ofrecerán 5 000 empleos directos, así como 5 000 indirectos generando la apertura de nuevos negocios, se abatirá el subempleo y los bajos salarios en la región, por lo que en un lapso de cinco años los municipios de Hostotipaquillo, La Yesca, Magdalena y Tequila tendrán un crecimiento económico importante. El incremento de la población y de trabajadores en la región impulsará el crecimiento del número de enfermos y por lo tanto, la demanda de los servicios de salud, cabe señalar que la región no cuenta actualmente con la capacidad para atender el crecimiento repentino de los servicios de salud. Es importante señalar que también se incrementará la demanda por servicios públicos básicos como agua potable y drenaje, por lo que el municipio de Hostotipaquillo requiere prepararse para ofrecer esos servicios a un número sustancialmente mayor de población.

La etapa de construcción requiere de un número importante de trabajadores especializados que llegarán de otras regiones del país y que requieren de esparcimiento, esto implica que los pobladores locales y los que recién llegaron convivirán y generaran un nuevo ambiente social. Se espera que por diferencias culturales y de entendimiento en la etapa de construcción se incremente la delincuencia del fuero común.

La infraestructura carretera tendrá mejorías en general al finalizar el proyecto, sin embargo, durante la construcción ocurren cortes en las carreteras de acceso a la población y cierres totales de vías de comunicación a pequeñas localidades que quedan incomunicadas. Finalmente, la construcción requiere que la población de

las localidades Paso de la Yesca y Mesa de Flores se asienten en otro territorio, esto implica un total de 54 personas que serían reubicadas y que tendrían que indemnizarse por los efectos negativos de dicha acción.

La población de la región a través de una encuesta de opinión y de talleres participativos expreso aceptación al proyecto, ya que ven oportunidades de empleo. A este respecto mostraron la inquietud de que una parte importante de hombres no sean empleados ya que son mayores de 40 años, también consideran que las mujeres no tienen oportunidades de trabajo en este tipo de proyectos. En términos ambientales algunos pobladores mostraron su preocupación porque ranchos productivos sean inundados y especialmente de que el vaso se llene con agua contaminada. También les preocupa la vulnerabilidad de las mujeres de la región, la seguridad pública y en especial las condiciones del proceso de indemnización a los afectados directamente. Por último, en la etapa de construcción no desean quedar incomunicados. En suma, hay una gran aceptación del proyecto, pero tiene preocupaciones específicas que consideran deben atenderse para que el proyecto genere más beneficios.

En suma, los impactos más relevantes del proyecto se generan en esta etapa, éstas afectaciones son importantes en localidades específicas, sin embargo, en el contexto de la región no son de gran significancia. Incluso en indicadores como el índice de desarrollo humano el proyecto no muestra grandes impactos ya que este índice esta conformado por múltiples variables que el proyecto no alcanza a afectar de manera significativa.

#### Operación

En esta fase, el impacto más relevante es sobre la caída de los empleos y la pérdida de demanda de bienes y servicios, por lo cuál el municipio de Hostotipaquillo puede caer en un proceso de estancamiento económico. En esta fase se espera que haya presiones sociales derivadas de madres solteras sin empleo, desempleados en fase de depresión que conlleve a un ambiente social negativo. El cierre de negocios puede provocar la salida de población y de inversión local de Hostotipaquillo a otros municipios de la región ó a ciudades grandes como Guadalajara. También infraestructura educativa, de salud puede quedar subutilizada en esta fase.

## **V.7 RESUMEN CRONOLÓGICO CUALITATIVO DE LOS PRINCIPALES CAMBIOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL**

Con base en la caracterización del medio y del análisis histórico de los procesos de cambio, se aplicaron las funciones de valor y los índices de calidad ambiental para poder establecer parámetros de cambios relevantes en el sistema ambiental. Con base en los resultados obtenidos, se pudieron resumir los principales factores que regulan los procesos de cambio así como las tendencias históricas y los escenarios previstos a futuro.

De acuerdo con los pronósticos realizados el componente agua del subsistema físico presentará los cambios de mayor relevancia, relacionados con modificaciones en el régimen de escurrimiento, la inundación de terrenos forestales y las modificaciones acumulativas a la integridad del sistema que generan los contaminantes aportados por descargas de aguas residuales -principalmente de la ciudad de Guadalajara- y las obras de control de flujo previstas aguas arriba del área de estudio.

Se seleccionaron distintos períodos pasados y futuros para este resumen por su representatividad en las tendencias de cambio. Para ilustrar tendencias y cambios en el subsistema acuático se generaron figuras esquemáticas que ilustran la evolución de la calidad del agua del Río Santiago y sus afluentes.<sup>59</sup>

### **V.7.1 ESCENARIOS PASADOS**

Hace **45 años**, la calidad del agua del Río Santiago era elevada por la baja carga orgánica y de contaminantes aportada por la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG) y la presencia mínima de actividades agroindustriales contaminantes en la cuenca media del Río Santiago. No había entrado en operación la presa Santa Rosa, por lo que no existían variaciones horarias del caudal en el Río Santiago aguas abajo. En la cuenca media del Bolaños se registraron eventos de contaminación contingentes del río generados en puntos de actividad minera activa y desde presas de jales. Entre la desembocadura del Río Chico y del Bolaños, existían aprovechamientos mineros e hidroeléctricos, de baja escala. Cursos de agua al norte del Río Santiago no habrían presentado presiones antrópicas. En las partes de menores pendientes –en general partes altas alejadas del Santiago- existían aprovechamientos de ganadería y agricultura de tumba y quema.

El aislamiento generado por la topografía, el clima y la falta de infraestructura, se refleja en los patrones de desarrollo socioeconómico. La población es escasa y las tasas de emigración eran relativamente bajas, controladas por la actividad minera y la agricultura de subsistencia.

---

<sup>59</sup> La escala horizontal de los gráficos es representativa de distancias entre los distintos cursos de agua. Los colores y achurados representan distintas condiciones de calidad de agua y carga sedimentaria, y el ancho de las líneas guarda una proporción relativa con el caudal medio de los cursos de agua.

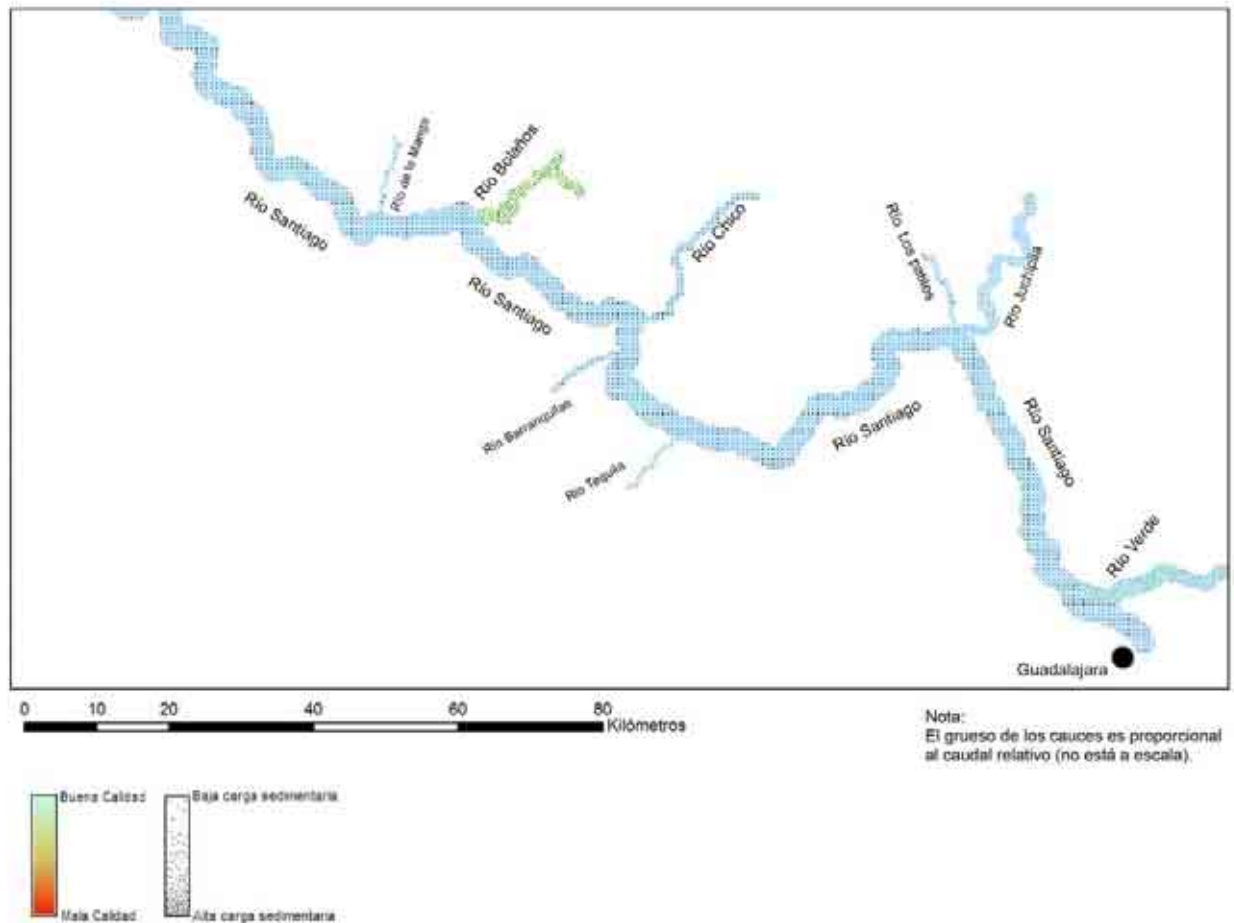


Figura 22. Esquema del subsistema 45 años atrás.

Hace **10 años** ya existía una afectación de caudal del Río Santiago por la variación diaria de las descargas de operación de la presa de Santa Rosa. Esta presa retiene la carga sedimentaria del Santiago, reduciendo el proceso de transporte y deposición aguas abajo.

- En ese entonces, el aumento volumétrico de descargas de aguas residuales sin tratamiento desde la ZCG ya impactaba la calidad del agua del Santiago, en relación también con un acelerado crecimiento demográfico. Aunque la presa de Santa Rosa ha funcionado desde entonces como un regulador de las condiciones del Río Santiago, el proceso de eutrofización desarrollado en su embalse ha propiciado a través del tiempo que la calidad del agua del embalse y liberada durante la generación de energía sea de regular a baja.
- El agua del Río Chico y del Bolaños presenta poca presión antrópica por su condición de aislamiento, al igual que otros afluentes al norte del Río Santiago.
- El aislamiento socioeconómico de la zona La actividad agroindustrial en Tequila genera aguas residuales que impactan la calidad del agua del Río Tequila, afluente del Santiago; y genera presión de cambio de uso de suelo por deforestación del territorio del municipio accesible por los nuevos accesos a la presa de Santa Rosa.

- Comienza a recuperarse la vegetación de las áreas cercanas a Mesa de Flores y otros sectores con acceso hasta las zonas bajas del valle del Santiago (Paso de Santo Domingo camino a San Pedro Anasco, y Sayulimita) por decrecimiento de la actividad minera y baja productividad agrícola.
- Aumento de la deforestación y cambio de uso del suelo en la zona de influencia de Tequila / Amatitán y del camino a la presa de Santa Rosa, presionado por el aumento de la demanda de agave.
- Baja la actividad minera. Crece la demanda del tequila y se acentúa la migración hacia los centros urbanos y el exterior.

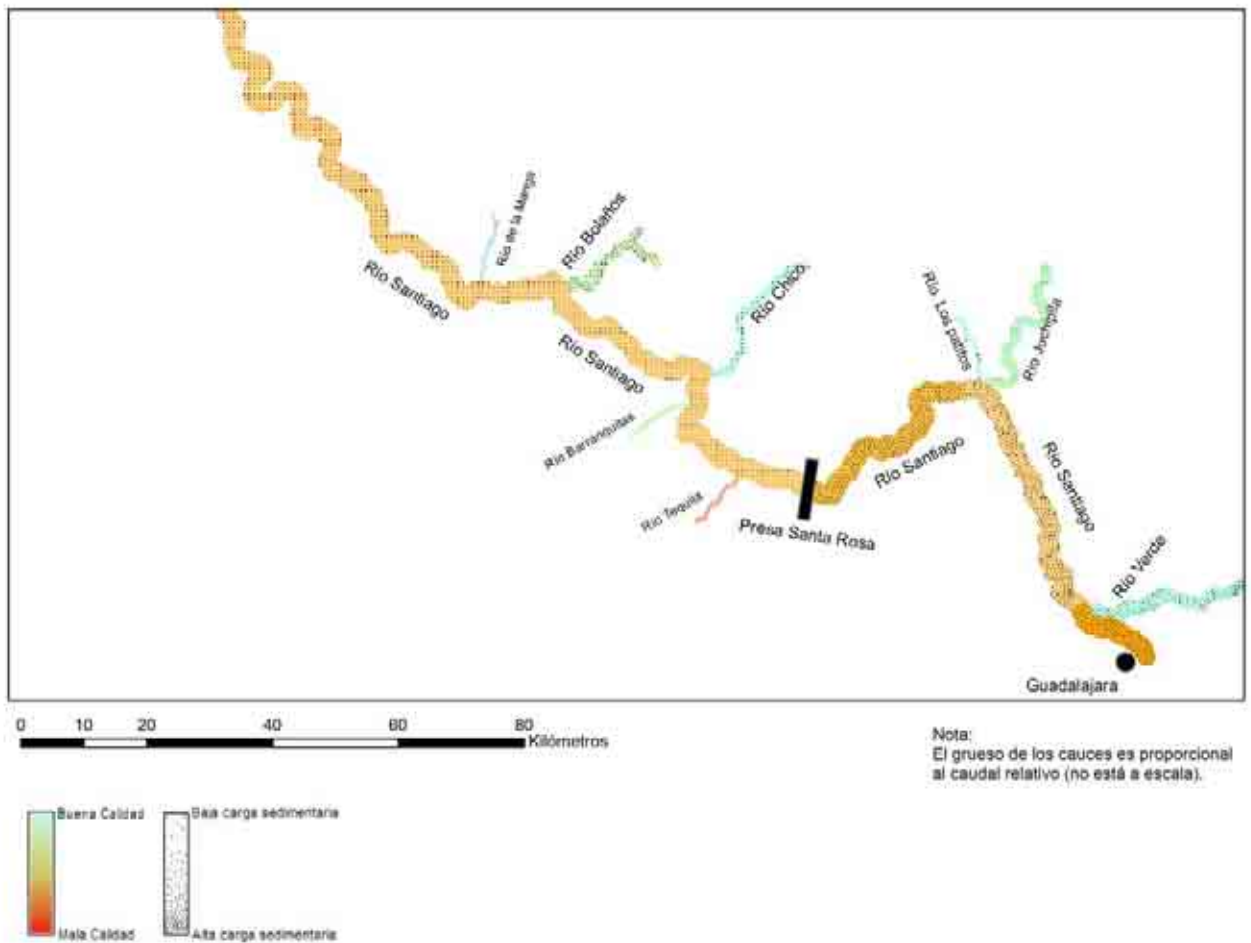


Figura 23. Esquema del subsistema 10 años atrás.



### **V.7.2 ESCENARIO ACTUAL**

El escenario **actual e inmediato**, la ZCG, Magdalena y Tequila –además de gran parte de las plantas agroindustriales- no tratan sus aguas residuales y son finalmente descargadas al Río Santiago o a sus afluentes;

- la calidad del agua y sedimentos del Río Santiago están afectados significativamente por las descargas de aguas residuales desde la ZCG. Hasta el sitio de la boquilla del PH El Cajón se registran sus efectos en la calidad del agua.
  - El PH El Cajón se encuentra en construcción pero en tiempos inmediatos entra en operación. Bajo las condiciones actuales de calidad del agua del Santiago, el proceso de eutroficación sería contemporáneo con el llenado del embalse y alcanzaría un nivel hipertrófico.<sup>60</sup> El embalse alcanzará el sitio planeado para la construcción de la cortina del PH La Yesca.
- la presa Santa Rosa está en funcionamiento, retiene gran parte de la carga sedimentaria y representa un fuerte regulador del caudal del Río Santiago, variándolo considerablemente a lo largo del día;
- el Río Chico y el Río Bolaños tienen una calidad del agua buena y otros afluentes de la margen norte calidad aceptable
- continúa la recuperación de la vegetación de las áreas cercanas a Mesa de Flores y otros sectores con acceso hasta las zonas bajas del valle del Santiago (Paso de Santo Domingo camino a San Pedro Analco, y Sayulimita) por la baja productividad en el sector primario
  - con excepción local de la ganadería extensiva en sectores de baja pendiente, la zona agavera en Tequila y Amatitán y de frutales en la zona cercana a la presa de Santa Rosa
- se mantienen las altas tasas de emigración interna desde rancherías hacia los centros urbanos mayores y a los EUA.

---

<sup>60</sup> No se evaluaron condiciones de calidad aguas abajo por los cambios futuros inmediatos a régimen léntico de el embalse del PH El Cajón. El embalse se estima que estará en nivel de operación a fines del 2006. Se consideró la presencia del embalse en su nivel mínimo en el escenario actual y en nivel de operación en escenario a 5 años

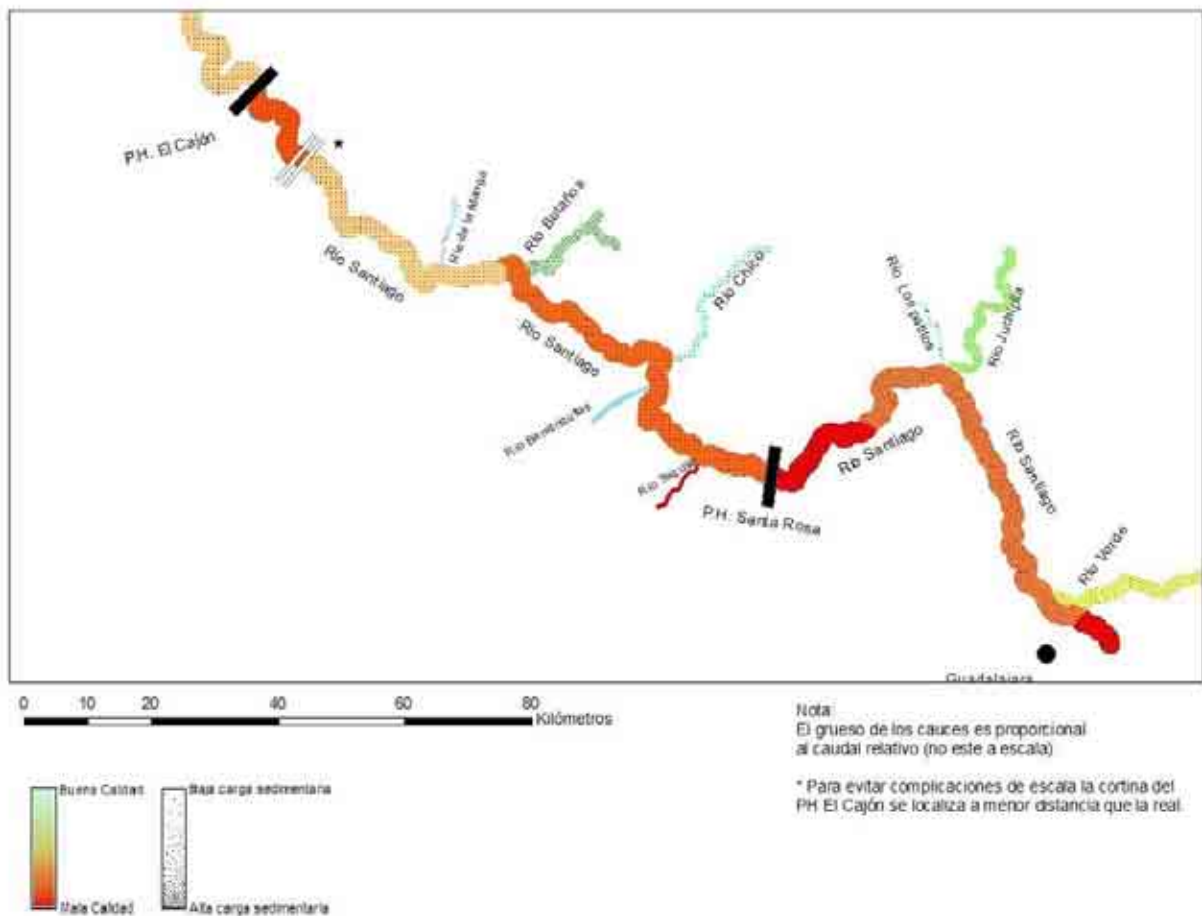


Figura 24. Esquema del subsistema en el futuro inmediato.

### V.7.3 ESCENARIOS FUTUROS

En el **corto plazo (5 años)**, serán intensivos los procesos de cambio ambiental en la zona de la cortina por la presencia del embalse de El Cajón y la construcción de la obra civil, sin que el resto de las unidades hidrológicas tengan una variación distinta a la proyectada sin la construcción de la presa. La hidrología del área de cortina sufrirá cambios significativos locales relacionados con la presencia de ataguías, la formación de cuerpos lénticos en temporadas de lluvias, túneles de desvío, y controles de velocidad de flujo. El resto de las zonas no variará respecto al escenario sin proyecto.

- Localmente se afectará el microsistema ambiental en la zona de construcción de cortina del PH La Yesca y obras principales de ingeniería, por cambios de pendiente, movimiento de tierras, construcción de caminos, y otras actividades asociadas.
- Las plantas de tratamiento de la ZCG estarían en su fase final de construcción, por lo que no se registrarían mejoras significativas en la calidad de agua del Río Santiago.

- Habría una modificación del sistema socioeconómico en Mesa de Flores, Paso La Yesca y la cabecera municipal de Hostotipaquillo – con influencia indirecta en otras poblaciones cercanas - por la presencia de personal del proyecto PH La Yesca; con aumento de demanda de servicios básicos, reversión de la caída en la dinámica poblacional del municipio de Hostotipaquillo y aceleración del crecimiento en los municipios de Magdalena y Tequila
- La población absoluta crecería en el corto plazo con la llegada de trabajadores de otras regiones de país<sup>61</sup>. El incremento de la población y de trabajadores en la región impulsará la demanda de los servicios de salud, y de servicios públicos básicos como agua potable y drenaje.
- Estos cambios son importantes en localidades específicas, sin embargo, en el contexto de la región no son de gran significancia.

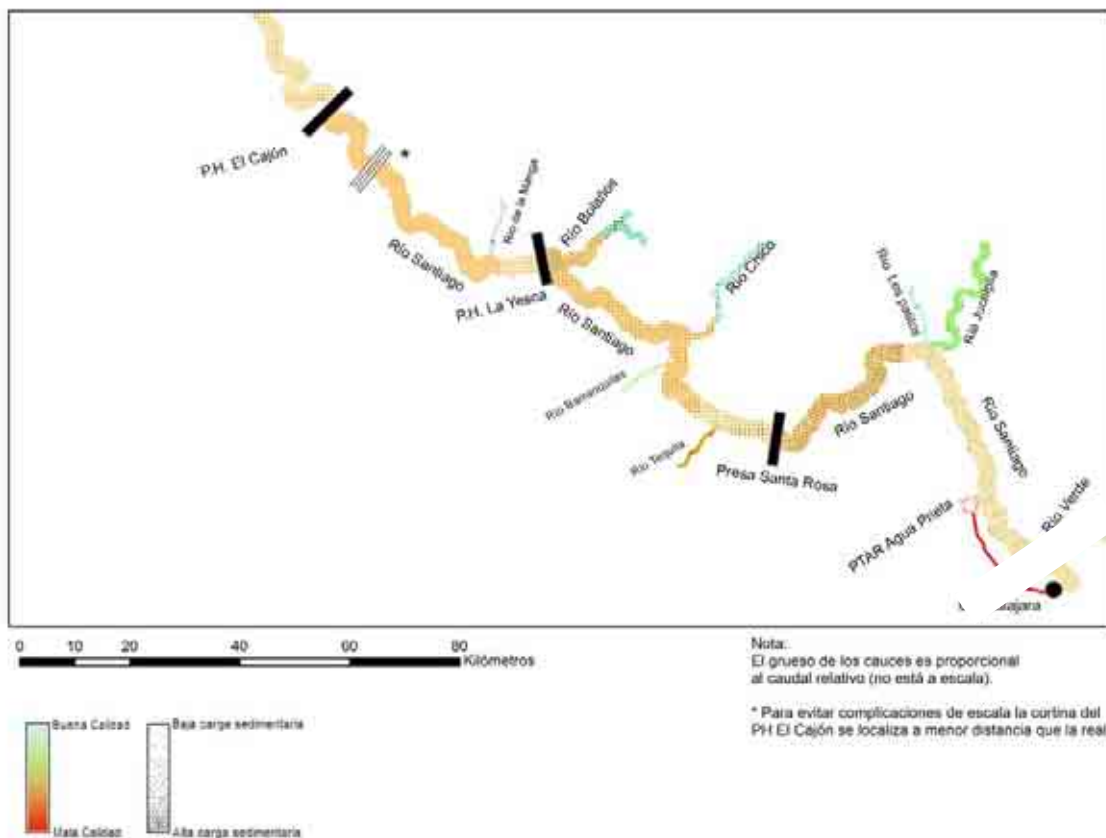


Figura 25. Esquema de situación prevista a 7 años.

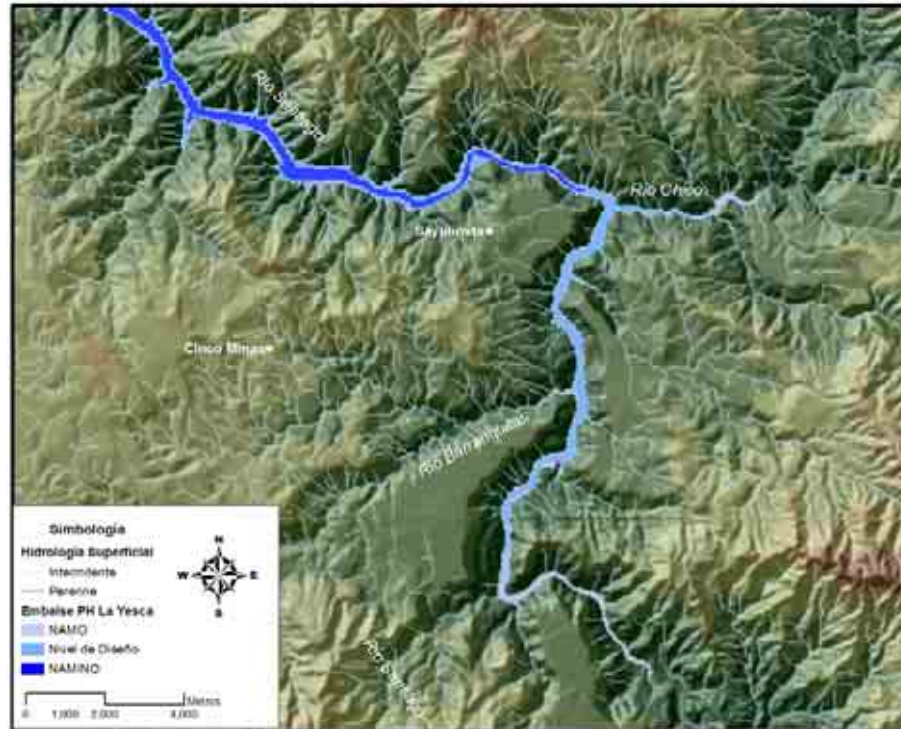
<sup>61</sup> se espera que en un plazo de cuatro años la población crezca en aproximadamente 5,500 habitantes más.

En el mediano plazo (**10 años**), se asume lleno el embalse del PH La Yesca con un flujo influente de calidad mejorada por el funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de la ZCG que podrían contener concentraciones variables de nutrientes. La calidad del agua y descomposición de biomasa inundada mantiene la eutrofización del cuerpo léntico (el grado de eutrofización dependerá de la efectividad en la remoción de nutrientes de los sistemas de PTARs en la cuenca propia del Santiago).<sup>62</sup>

- La disminución relativa de calidad del agua con respecto a la situación anterior es más notoria en las zonas que presentan menor presión antrópica, como son las cuencas bajas de los ríos Bolaños y Chico.
- Existen cambios en la hidrología superficial de la cuenca por la retención de sedimentos en el embalse del PH La Yesca y la pérdida inducida de agua por evaporación y evapotranspiración. En las primeras etapas de la operación del embalse, se dan procesos de generación de gases de efecto invernadero (GEI) relacionados con la eutrofización del embalse.
- En el mediano a largo plazo, inicia el proceso de entrapamiento de carbono y biomasa en el material sedimentario depositado en el fondo y en la cola del embalse (incluyendo residuos orgánicos de flora, fauna, plancton, y carga orgánica transportada por los ríos).
  - Este proceso de entrapamiento sería más relevante en la base del valle del Río Bolaños por el volumen de carga sedimentaria aportada, en contraste con el Río Santiago, donde la presa de Santa Rosa retiene gran parte de la carga sedimentaria.
  - Las fluctuaciones en el nivel del embalse generarán una franja estéril en los laterales del embalse. En la cola del embalse en el Río Santiago la superficie de esta franja será más relevante (figura 26)
- La pesca y el transporte fluvial seguirán desarrollándose facilitados y potenciados, por la eliminación de los riesgos que generaban las fluctuaciones horarias de caudal en el Río Santiago por descargas de la presa de Santa Rosa.
  - Se asume que la mejora de la calidad del agua el río por la entrada en funcionamiento de PTARs efectivas en la cuenca del Santiago, minimizaría el riesgo a la salud por ingesta de pescado con sustancias bioacumulativas.
- Finalizado el pico de demanda de empleo, bienes y servicios de las obras del PH La Yesca, se podría generar en el municipio de Hostotipaquillo un proceso de estancamiento económico. El cierre de negocios puede provocar la salida de población y de inversión local de Hostotipaquillo a otros municipios de la región ó a ciudades grandes como Guadalajara.

---

○ <sup>62</sup> En caso que el sistema de tratamiento sea poco efectivo o no entre en funcionamiento adecuado con anterioridad al embalse en la remoción de nutrientes, podría llegar a alcanzarse un estado hipertrófico (ver resultados del modelado de eutrofización sobre condiciones actuales de calidad del agua en el capítulo VIII).



**Figura 26. Variaciones de posición del embalse del PH La Yesca en el fondo del valle del Santiago.**

En el largo plazo (**15 años**) considerando la posible existencia de la presa Arcediano, el flujo del agua del Río Santiago estaría regulado en la región de la ZCG por esta presa. Las pérdidas en el proceso de abastecimiento de agua para la ZCG de agua extraída del embalse de Arcediano se estiman en 20%, con un flujo ecológico mínimo y el principal aporte efectivo a la cuenca aguas abajo en la descarga del sistema de colección de aguas residuales y la PTAR de Agua Prieta.

El proceso de eutrofización en el embalse del PH La Yesca será reducido por la mejora en la calidad del agua de las descargas de Guadalajara y la renovación de agua de baja calidad en el embalse de Santa Rosa. En temporada de lluvias, el proceso de sedimentación en la cola del embalse en el Río Santiago se acentuaría por la menor retención de sedimentos en la presa.

- Se espera la presencia de PTARs en la región de Tequila, con la consiguiente mejora de la calidad del agua del Río Tequila.
- Otros afluentes del Santiago, presentarían menor calidad relativa por descargas agroindustriales y urbanas y la ausencia de esquemas de reúso y tratamiento puntual; aunque este deterioro no impactaría de manera significativa la calidad del agua en el embalse.
- Puede comenzar a quedar subutilizada infraestructura educativa y de salud instalada en el período de construcción e inicio de operaciones del PH La Yesca.

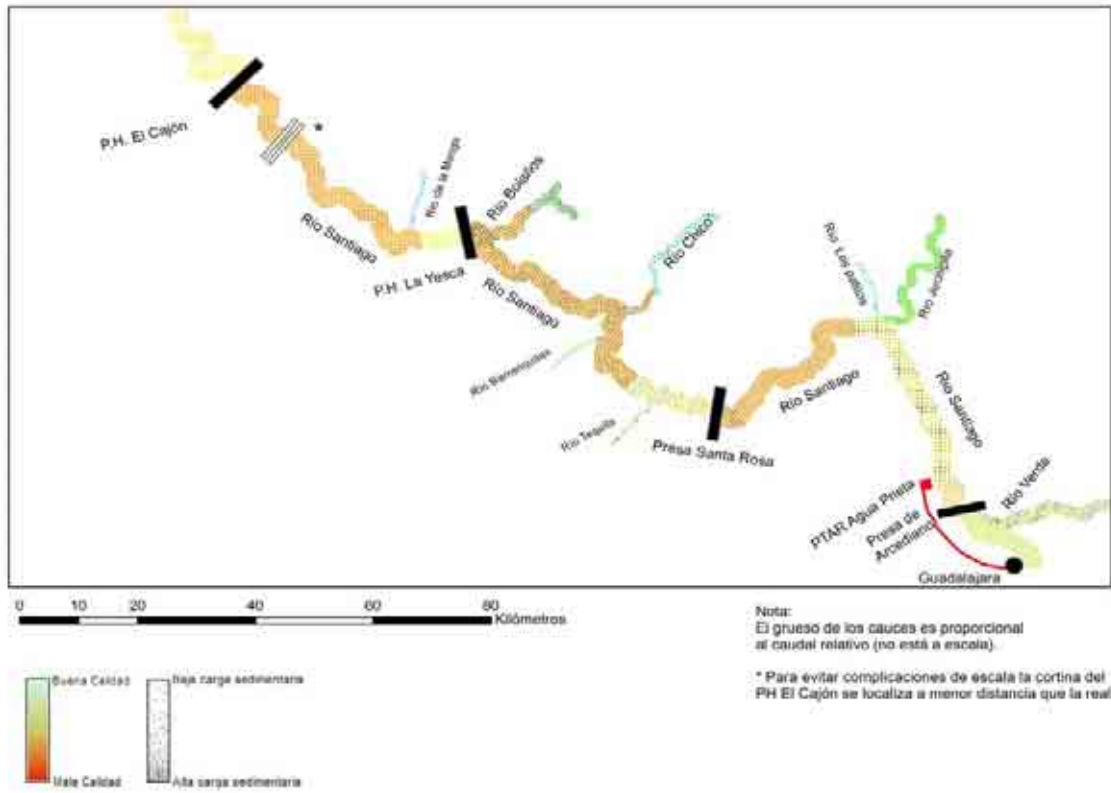


Figura 27. Esquema de situación prevista a 15 años.

<b>VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL</b> .....	<b>2</b>
VI.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN .....	2
VI.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS SEGÚN EL SITIO DE INCIDENCIA DEL IMPACTO	2
VI.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS SEGÚN SU CARÁCTER .....	2
VI.2 AGRUPACIÓN DE LOS IMPACTOS DE ACUERDO CON LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS.....	3
VI.3 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA O SISTEMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN .....	4
VI.3.1 NOMENCLATURA UTILIZADA EN LAS FICHAS TÉCNICAS .....	4
VI.3.2 IMPACTOS EN ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA DEL PROYECTO (ÁREA DE EMBALSE, CORTINA, CAMINOS, BANCOS DE MATERIALES E INSTALACIONES Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS COMO HOSTOTIPAQUILLO, TEQUILA Y LA YESCA).....	5
VI.3.3 IMPACTOS EN ÁREA DE INFLUENCIA AGUAS ABAJO DE LA CORTINA.....	38
VI.3.4 IMPACTOS EN ÁREA DE INFLUENCIA AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA .....	40
VI.3.5 PROPUESTAS DE LOS PROYECTOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN. ....	51
VI.4 MEDIDAS COMPLEMENTARIAS: ESPECIFICACIONES AMBIENTALES. ....	92
1 ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE INFRAESTRUCTURA .....	92
2 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN FRENTE DE OBRA .....	97
3 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	99
4 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES .....	100
5 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS .....	102
6 CONTROL DE EMISIONES .....	105
7 UTILIZACIÓN DE COMPOSTA.....	107
8 REFORESTACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS .....	109
9 INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE SANITARIOS MÓVILES.....	112
10 CONTROL DE LA EROSIÓN.....	114

## **VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.**

### **VI.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.**

Para fines de presentación, las medidas están organizadas para cada etapa descrita en la matriz de impactos, a su vez están subdivididas en:

- área de afectación directa del proyecto y
- área de influencia (aguas arriba y aguas abajo).

En las fichas técnicas de cada medida se indican las acciones a realizar para los impactos identificados, clasificándose de acuerdo a su carácter, de prevención, remediación, rehabilitación, compensación y reducción.

#### **VI.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS SEGÚN EL SITIO DE INCIDENCIA DEL IMPACTO.**

**A.A.-** Impactos en área de afectación directa del proyecto (área del embalse, cortina, caminos, bancos de materiales e instalaciones y municipios aledaños como Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila, Amatitán y La Yesca).

**A.I.A.AB.-** Impactos en área de influencia aguas abajo

**A.I.A.AR.-** Impactos en áreas de influencia aguas arriba

#### **VI.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS SEGÚN SU CARÁCTER.**

Las medidas de mitigación han sido clasificadas de la siguiente manera:

**PR Medidas de Prevención.-** aquellas obras o acciones tendientes a evitar que el impacto se manifieste.

**RE Medidas de Remediación.-** acciones o medidas que buscan recuperar, en la medida de lo posible, las condiciones ambientales anteriores a la perturbación, remediando los cambios al ambiente, por lo que su aplicación es posterior a la aparición de los efectos del impacto ambiental.

**RH Medidas de Rehabilitación.-** aquellas obras o acciones de recuperación de un ecosistema o hábitat degradado.

**CO Medidas de Compensación.-** acciones o medidas que compensen el impacto ocasionado cuando no existen alternativas para su prevención, mitigación o restauración. Estas medidas deberán ser proporcionales al impacto ocasionado.

**RD Medidas de Reducción.-** Acción o medida de minimizar el impacto.



## **VI.2 AGRUPACIÓN DE LOS IMPACTOS DE ACUERDO CON LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS.**

La agrupación y el orden de presentación de las medidas propuestas obedece por un lado al sitio de generación de los impactos, y por otro a la naturaleza de los mismos, de tal manera que sea factible ubicar y calendarizar la ejecución de dichas medidas.

A fin de que puedan ser asignadas a la instancia correspondiente, las medidas por sitio de incidencia de impacto, a su vez se han además agrupado en función del tipo de acciones que éstas implican de la siguiente manera:

**CA Consideraciones de tipo Ambiental.**- medidas destinadas a mantener o recuperar un estado de equilibrio aceptable en el ambiente.

**EC Especificaciones de construcción.**- obras civiles o hidráulicas dirigidas a lograr un mejor desarrollo del proyecto dentro del *entorno* ambiental, minimizando o eliminando posibles impactos.

**NR Normatividad y reglamentos.**- acciones dentro de un marco normativo específico, de índole nacional, estatal o local; así *como* creación de reglas y reglamentos particulares de la obra.

**PS Programas Sociales.**- planteamiento de acciones tendientes a lograr una mejor integración del proyecto en el entorno socio-económico del sitio.

**EA Estudios Adicionales.**- la falta de información referente al sistema ambiental y su respuesta ante un posible impacto, *dificulta* la elaboración de medidas de mitigación del mismo, por lo que se requiere una base de información adicional más sólida, de la cual se desprendan aquellas acciones que deberán tomarse en consideración para atender dicho impacto.

**XX Otras.**- acciones que difícilmente *pueden* ser ubicadas en cualquiera de las anteriores categorías.

Asimismo, cuando compete, se señalan aquellas medidas de índole **Puntual** (de aplicación en áreas muy localizadas menores a una hectárea); **Local** (de aplicación en áreas mayores a una hectárea); **General** (de aplicación en diversos sitios del área de afectación o influencia del proyecto).

### **VI.3 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA O SISTEMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.**

En este capítulo se presentan y describen las propuestas de medidas generales de mitigación de impactos a manera de fichas técnicas organizadas de tal manera que permitan programar su ejecución, visualizar su aplicación y asignar las instancias correspondientes de ejecutarlas. La oportunidad de aplicación de dichas medidas es muy importante, por lo que han sido ordenadas además con base en su calendarización tentativa. Asimismo, al finalizar éstas, se incluyen una serie de propuestas de los proyectos de las medidas de mitigación.

#### **VI.3.1 NOMENCLATURA UTILIZADA EN LAS FICHAS TÉCNICAS.**

La nomenclatura utilizada en dichas fichas es la siguiente:

Nomenclatura utilizada en las fichas Técnicas:

<b>I.- Incidencia del Impacto</b>	
A.A	Área de Afectación directa del proyecto
A.I.A.AB	Área de Influencia aguas abajo de la cortina
A.I.A.AR	Área de Influencia aguas arriba de la cortina

<b>II.- Naturaleza del Impacto</b>	
PR	Prevención
RE	Remediación
RH	Rehabilitación
CO	Compensación
RD	Reducción

<b>III.- Tipo de medida</b>	
CA	Consideraciones de tipo Ambiental
EC	Especificaciones de construcción
NR	Normatividad y reglamentos
PS	Programas Sociales
EA	Estudios Adicionales
XX	Otras

<b>IV.- Ubicación</b>	
Puntual	
Local	
General	

**VI.3.2 IMPACTOS EN ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA DEL PROYECTO (ÁREA DE EMBALSE, CORTINA, CAMINOS, BANCOS DE MATERIALES E INSTALACIONES Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS COMO HOSTOTIPAQUILLO, TEQUILA Y LA YESCA).**

**VI.3.2.1 Etapa: Construcción del Sitio.**

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>1</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Geomorfología
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Espacial</b>
A.A.	PR, RE	EC	Local
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Geomorfología	Mantenimiento y Rehabilitación de caminos. Extracción del material excavado. Apertura y de nivelación de plataformas.	NEGATIVO  Deslaves, pérdida de vegetación y afectación al paisaje.	En diversos puntos del área de afectación (caminos de acceso y área de plataformas)
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Diversas actividades de obra civil y reforestación		Inicio de Construcción	Término de Construcción
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilización de taludes por medio de obra civil.</li> <li>• Construcción de cunetas o drenes pluviales donde se considere necesario, lo anterior para encauzar y asegurar los escurrimientos superficiales, los cuales se dirigirán hacia los drenes naturales, evitando así el arrastre innecesario del suelo (<b>Ver punto VI.3.5.5 Proyecto de obras de caminos</b>).</li> <li>• Reforestación de taludes con especies autóctonas en curvas a nivel y sistema de plantación a tres bolillo, elaborando cepas de tipo común y sistema español (<b>Ver punto VI.3.5.3 Proyecto para el establecimiento de un vivero</b>).</li> <li>• Protección con malla o recubrimientos de concreto, en áreas donde la topografía es muy pronunciada y presenten riesgos de deslaves.</li> <li>• Instalación de anuncios preventivos, donde se localicen puntos específicos de riesgos de derrumbes o deslaves.</li> <li>• La volumetría producto de la remoción de material geológico generada por las obras deberá de ser colocada en sitios donde no obstruyan ni pongan en riesgo el libre tránsito vehicular en los caminos de acceso, así como también afectaciones por deslaves o deslizamientos que dañen la vegetación de la zona, así como a la fauna, principalmente de reptiles.</li> </ul>			

<b>Interacción:</b> Geomorfología – Remoción en masa	
<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se reducirá el riesgo de daño a la infraestructura.</li> <li>• Se reducirá el riesgo de deslaves y remoción en masa.</li> <li>• Se reducirá el riesgo de formación de diques.</li> <li>• Se reducirá el riesgo de pérdida de vegetación y de paisaje.</li> <li>• Mejor accesibilidad por los caminos de ingreso.</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Socavones:</i> Estas obras quedarán abiertos pero en contraparte estos sitios favorecerán y beneficiarán las poblaciones de diferentes tipos de fauna de la zona.</li> <li>• <i>Obras civiles:</i> Estas obras se quedarán una vez construidos, algunos de ellos tendrán un uso por los moradores de la zona.</li> </ul>
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deberá identificar las zonas de mayor riesgo de remoción.</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto potencial:</li> </ul>
<p><b>Riesgos:</b></p> <p>Debido a las condiciones geológicas de la zona, está patente el riesgo de una remoción aún con las medidas de mitigación.</p>	
<p><b>Medidas complementarias:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Organización Espacial de Infraestructura</li> <li>2.- Delimitación del área de ordenamiento</li> <li>3.- Aptitud territorial</li> <li>4.- Estrategia de ordenamiento territorial</li> <li>5.- Control de la erosión</li> <li>6.- Reconocimiento físico de la zona del proyecto</li> <li>7.- Delimitación del área necesaria para los trabajos de construcción</li> <li>8.- Retiro y almacenamiento de suelo vegetal (Despalme)</li> <li>9.- Prevención y corrección de cárcavas</li> <li>10.- Prácticas de conservación de suelos en las zonas ribereñas</li> <li>11.-Estabilización de taludes</li> </ol>	

- 12.- Colocación de fajillas de madera
- 13.- Construcción de terrazas de banco con madera
- 14.- Colocación de malla de alambre
- 15.- Construcción de muros de mampostería y presas de gavión
- 16.- Forestación y siembra de herbáceas
- 17.- Limpieza de áreas liberadas

**VI.3.2.2 Etapa: Construcción.**

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>2</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Calidad del Aire
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
A.A.	PR, RD, RE	CA, NR	Puntual
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Calidad del Aire Emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas</li> <li>• Gases</li> <li>• Contaminantes gaseosos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bancos de Material</li> <li>• Construcción de caminos</li> <li>• Obras de Cortes, dinamitado, excavación y relleno</li> <li>• Operación de maquinaria</li> <li>• Producción de concreto</li> <li>• Trituración y separación de roca</li> </ul>	<p><b>NEGATIVO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la concentración de partículas suspendidas en las áreas donde se localizan los bancos de material, zonas aledañas a la construcción de caminos, áreas del proyecto, en zonas donde se aplique dinamitado, áreas de relleno y en áreas donde se localizan las plantas de producción de concretos.</li> <li>• Incremento en la concentración de gases por equipo de combustión.</li> </ul>	En las inmediaciones de Bancos de Material, caminos en construcción, áreas de cortes, bancos de material dinamitados, áreas de excavación, de rellenos y plantas de producción de cementos.
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humectar las áreas de los bancos de material, construcción de caminos, sitios de cortes, donde se aplique dinamitado, sitios de excavación y rellenos.</li> <li>• Verificar los niveles de emisión de vehículos</li> <li>• Instalar equipo de control de emisiones para polvos en las plantas de producción de concreto.</li> <li>• Instalar equipo de control de emisiones</li> </ul>		Inicio de Construcción	Abandono /Desmantelamiento

<p>para polvos en las plantas de trituración y separación de roca.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar Programas de mantenimiento a los equipos de combustión.</li> </ul>		
<p><b>Descripción de la medida:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar riegos periódicos de las áreas de los Bancos de Material, en caminos de terracería con tránsito constante de vehículos, áreas de cortes, áreas de excavaciones y rellenos para que se mantengan húmedas durante las diferentes actividades, con el propósito de reducir los niveles de emisión de partículas, lo cual se puede hacer mediante el uso de pipas de agua.</li> <li>• Utilizar vehículos especializados para transporte de concreto, verificar sus niveles de emisión para que cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en las normas oficiales mexicanas aplicables NOM-041 SEMARNAT-1999, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, así como la NOM-045-SEMARNAT-1996, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad de humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.</li> <li>• Utilizar lona en vehículos de transporte de materiales para evitar que el polvo se re-suspenda a la atmósfera.</li> <li>• Proteger a los trabajadores mediante el uso de mascarilla para polvos en las zonas de cortes, dinamitado, excavación y zonas de relleno durante las actividades de remoción y transporte de materiales de los Bancos de Material, construcción de caminos, cortes, excavación y rellenos.</li> <li>• Requerir a proveedores de concreto, la instalación de equipos de control para las emisiones de polvos.</li> <li>• Instalar sistemas de control de emisiones de polvos en las plantas de trituración y separación, en las operaciones de recepción, transportación, trituración y separación. <b>(Ver punto VI.3.5.4 Proyecto para el establecimiento de cabinas de polvo)</b>, para éstos dos últimos puntos.</li> </ul>		

**Interacción:** Calidad del aire con diversas actividades (construcción de caminos, obras de cortes, excavaciones, rellenos, dinamitado, operación de maquinaria, producción de concreto, bancos de material y trituración / separación de roca.

<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con material geológico para las obras de construcción.</li> <li>• Mejorar la calidad visual</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Material geológico producto de obras de excavación:</i> Este será uno de los principales impactos residuales ya que no es posible reincorporar el material en los sitios originales por tal motivo se deberá tener sumo cuidado con la selección de los sitios de disposición final para que estos no se conviertan en un estorbo al tránsito vehicular o queden en riesgo de</li> </ul>
--	---

	<p>generar un deslizamiento de este material afectando áreas con vegetación propia de la zona. Esta contemplada la área del futuro embalse para depósito de materiales de desperdicio.</p>
<p><b>Medidas Complementarias:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1.- Organización espacial de infraestructura</li><li>2.- Aptitud territorial</li><li>3.- Mantenimiento y operación de vehículos, maquinaria e instalaciones</li><li>4.- Riego de terracerías</li></ol>	



<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>3</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Geomorfología
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	PR	EA	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Recursos minerales	Llenado del embalse	NEGATIVO  Disminución de la facilidad para la explotación de recursos minerales en la zona del embalse	Todo el embalse
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Acuerdo con el Consejo de Recursos Minerales para garantizar la no afectación a recursos mineros en el área involucrada por el proyecto.		Construcción	Antes del llenado del embalse
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectuar reuniones y acciones en Coordinación con el Consejo de Recursos Minerales para verificar la compatibilidad del proyecto.</li> </ul>			
<b>Interacción: Recursos minerales con llenado del embalse</b>			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento de la ubicación mineralizaciones relevantes facilitar su futura exploración y explotación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>No tiene</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen en la zona a inundar mineralizaciones relevantes con posibilidades de explotación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Apertura de caminos/ brechas</li> <li>Sondeos</li> </ul>	
<b>Medidas Complementarias:</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>Organización espacial de infraestructura</li> <li>Criterios generales para la localización de las áreas</li> <li>Lineamientos y criterios de regulación ecológica</li> </ol>			

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>4</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Geomorfología
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
A.A.	RE	CA	Local
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Geomorfología • Depositación de sedimentos	Operación de la zona de talleres	NEGATIVO Arrastre y sedimentación de materiales de construcción potencialmente dañinos a la flora y fauna acuática, azolve del vaso.	Área de inundación
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Limpieza de la zona		Construcción	Construcción
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de la zona de talleres, obradores y playas, después de su operación, teniendo principalmente cuidado de retirar y limpiar completamente aquellos materiales que podrían ser peligrosos para la flora y la fauna acuática.</li> </ul>			
<b>Interacción: Depositación de sedimentos con la Operación de la zona de talleres</b>			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se reducirá la sedimentación de materiales de construcción potencialmente dañinos al medio acuático.</li> <li>• No se contribuirá significativamente al azolve del vaso.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existirá arrastre de materiales que se depositarán en la zona de la cortina y este aporte de sedimentos contribuirá al azolve de la presa.</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se hará una limpieza eficiente del sitio.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay</li> </ul>	
<b>Riesgos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La limpieza no es hecha con las debidas precauciones.</li> </ul>			
<b>Medidas Complementarias:</b>			
1.- Manejo de residuos sólidos			

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>5</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Suelos
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
A.A.	PR, RD, RE	CA, EC	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
<p>Suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosión</li> <li>• Inundaciones</li> <li>• Desertificación</li> <li>• Contaminación de suelos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmontes, despalmes, cortes, excavaciones, nivelaciones.</li> <li>• Habilitación de caminos</li> <li>• Extracción de áridos (bancos de material)</li> <li>• Levantamiento de la cortina</li> <li>• Utilización de vehículos de carga y transporte y maquinaria pesada</li> <li>• Generación de residuos peligrosos</li> </ul>	<p>NEGATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo impacto en los taludes de los cañones, donde la capa de suelo es prácticamente ausente, ya que el material es muy rocoso (Cortina).</li> <li>• Erosión por construcción de caminos y por la eliminación de la vegetación.</li> <li>• Los motores de combustión interna con los que cuenta la maquinaria y vehículos a utilizar requieren de mantenimiento por lo que se generaran residuo sólidos peligrosos principalmente derivados de hidrocarburos, refacciones utilizadas y estopas con restos de estos residuos.</li> <li>• El</li> </ul>	<p>En las áreas de Cortes, Desmontes, despalmes, área de inundación, Cortina, Bancos de Material y caminos de acceso.</p>

		<p>abastecimiento de combustible de los equipos así como el almacenamiento de éstos también representan un riesgo considerable el cual atenta con la conservación del medio ambiente.</p>	
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de almacenes, correspondientes a combustibles y lubricantes, se colocaran depósitos rotulados con la leyenda "BASURA" y las medidas de mitigación propuestas en las <b>Fichas Técnicas 1 y 2</b></li> </ul>		<p>Inicio de la Construcción</p>	<p>Abandono /Desmantelamiento</p>
<p><b>Descripción de la medida:</b></p> <p>Para casi todas las unidades ambientales descritas en el área de estudio solo se tiene un mínimo impacto, ya que se encuentran en taludes de cañones donde la capa de suelo es prácticamente ausente debido a que la pendiente es casi a plomo o se encuentran fuera de la cota de inundación por el embalse, alejada del sitio donde se tiene proyectada la construcción de la cortina de la presa o por que se encuentran en áreas altas respecto al cauce y alejadas del sitio de la cortina</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las áreas afectadas por el trazo de caminos y por los movimientos para la realización de la obra tendrán un impacto negativo y permanente al medio ambiente. En estas obras se deberán aplicar medidas de conservación de taludes y control de avenidas para evitar erosión y deslaves o desplomes que pongan el riesgo vida humana e infraestructura. <b>(Ver medidas de mitigación de las Fichas Técnicas 1 y 2).</b></li> <li>• La instalación de almacenes, correspondientes a combustibles y lubricantes, deberá hacerse sobre plataformas de material compactado, impermeable, con diques y cárcamos para la recuperación de líquidos, para que en el caso de derrames estos no lleguen a contaminar suelos y agua y, eventualmente, se facilite tanto su recolección como la limpieza del sitio. <b>(Ver medidas de mitigación de las Fichas Técnicas 1 y 2).</b></li> <li>• Los materiales de desperdicio que contengan grasas, aceites gastados y estopas impregnados con éstos, así como filtros de aceite y gasolina, bujías, empaques entre otras, serán considerados como residuos peligrosos y dispuestos de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993.</li> </ul>			
<p><b>Interacción:</b> Suelo con diversas actividades de construcción</p>			

<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la erosión</li> <li>• Disposición y manejo adecuado de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay</li> </ul>
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible derrame de combustibles y aceites</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de suelos</li> </ul>
<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrames de combustible y aceites de la maquinaria</li> </ul>	
<p><b>Medidas Complementarias:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Manejo de residuos sólidos</li> <li>2.- Manejo de aguas residuales</li> <li>3.- Manejo de residuos peligrosos</li> <li>4.- Control de emisiones</li> </ol>	

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>6</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Geohidrología
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	CO, RH	EC/ CA	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Hidrología Subterránea • Manantialismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Llenado del embalse</li> <li>Consumo de agua</li> </ul>	<p>NEGATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de manantiales por inundación.</li> <li>Existencia de población flotante y actividades consumidoras de agua: Aumento de demanda de agua para consumo humano.</li> </ul>	En el área de inundación y área de afectación.
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Estudio adicional sobre disponibilidad de agua		Construcción	Construcción
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Garantizar el abasto de agua para los habitantes de la Mesa de Flores y Paso La Yesca (no mas de 70 habitantes, UdeG, 2005) que dependen de manantiales que quedarán inundados, construyendo pozos, aprovechando otros manantiales, y/o instalando tuberías para traer agua de ríos, según los resultados de estudios específicos.</li> <li>Plantar en el las especies de flora protegidas que pudieran verse afectadas por la desaparición de manantiales.</li> <li>La medida de compensación propuesta sólo considera manantiales que son aprovechados por los pobladores o por especies de flora con estatus de protección que dependan directamente del manantial.</li> <li>Estudios adicionales previos sobre disponibilidad de agua para garantizar el abasto del recurso para los trabajadores del proyecto sin afectar a los pobladores de la zona.</li> </ul> <p>Evaluación hidrológica de aguas subterráneas en las inmediaciones de la localidad de Hostotipaquillo, Jalisco y estudio de factibilidad para la instalación de infraestructura de conducción de agua. <b>(Ver punto VI.3.5.2 Proyecto: Medidas de mitigación / compensación para el aumento de demanda y presión sobre recursos de agua para consumo humano).</b></p>			

<b>Interacción:</b> Manantialismo con Llenado del embalse y consumo de agua	
<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer las opciones de disponibilidad de agua y las opciones para realizar las obras necesarias para el abastecimiento del recurso para los trabajadores y la población.</li> <li>• Mesa de Flores generará una demanda importante de agua potable, que competirá con las fuentes explotadas actualmente.</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanencia de la fuente de abastecimiento de buena calidad para la población local.</li> <li>• Aumento del costo de abastecimiento si deja de ser subsidiada por el estado.</li> </ul>
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe agua en cantidad y calidad suficiente en el subsuelo para abastecer las necesidades de trabajadores y pobladores.</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <p>Paisajístico temporal. Desmonte y apertura provisional de brechas para estudios geofísicos y perforación de pozos.</p>
<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no exista o que sea muy costoso aprovechar la disponibilidad de recursos hídricos de la zona y que haya necesidad de traer agua de otras partes.</li> </ul>	
<p><b>Medidas Complementarias:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Organización espacial de infraestructura</li> <li>2.- Suministro de agua potable en frentes de obra</li> <li>3.- Determinación de la calidad del agua</li> <li>4.- Determinación de los tratamientos previos a su uso</li> <li>5.- Programa de monitoreo de la calidad del agua</li> <li>6.- Manejo de aguas residuales</li> </ol>	

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>7</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Geohidrología
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	PR, CO	EA	Local
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Hidrología Subterránea (Acuíferos) <ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad de aguas subterráneas</li> <li>Flujo de manantiales</li> </ul>	Incremento en la población por las diferentes actividades de la construcción	<p align="center">NEGATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Impacto indirecto ocasionado por el aumento en el consumo de agua debido a la existencia de población flotante y actividades consumidoras de agua: Aumento de demanda de agua para consumo humano.</li> <li>Competencia por recursos hídricos subterráneos en Mesa de Flores y paso la yesca.</li> </ul>	Hostotipaquillo y Mesa de Flores
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Especificaciones de construcción para obras de abastecimiento de agua/ Sustitución de especies en estatus de protección		Construcción	Construcción
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de disponibilidad de agua para asegurar el abastecimiento del recurso en la población actual y futura en el municipio de Hostotipaquillo, para evitar la sobreexplotación de los acuíferos y la contaminación de los mismos, así como para tener una buena red de distribución de drenaje y dar un mejor aprovechamiento a los manantiales que son las fuentes actuales de abastecimiento de agua.</li> <li>Evaluación hidrológica de aguas subterráneas reforzada con geofísica eléctrica sobre en las inmediaciones de la localidad de Mesa de Flores. <b>(Ver punto VI.3.5.2- Proyecto: Medidas de mitigación / compensación para el aumento de demanda y presión sobre recursos de agua para consumo humano).</b></li> </ul>			
<b>Interacción:</b> Acuíferos / Incremento de la Población en la Construcción			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer las opciones de disponibilidad de agua y las</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay</li> </ul>	



<p>opciones para realizar las obras necesarias para el abastecimiento del recurso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consideraciones tipo ambiental para conocer las afectaciones sobre las especies de flora dependientes y las posibilidades de rescatarlas en caso de estar bajo estatus de protección.</li> </ul>	
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen en la zona de inundación manantiales que son aprovechados por pobladores de la región y/o por especies de flora endémicas o bajo protección.</li> <li>• Buena relación municipal.</li> <li>• Disponibilidad de acuerdos con el municipio.</li> <li>• Aceptación del proyecto por parte de los pobladores.</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación en el área del Río Chico por sustitución de especies.</li> <li>• Paisajístico temporal. Desmonte y apertura provisional de brechas para estudios geofísicos y perforación de pozos.</li> </ul>
<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no exista o que sea muy costoso aprovechar la disponibilidad de recursos hídricos de la zona y que haya necesidad de traer agua de otras partes.</li> <li>• Que los manantiales que surjan tengan agua de mala calidad.</li> </ul>	
<p><b>Medidas Complementarias:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Organización espacial de infraestructura</li> <li>2.- Suministro de agua potable en frentes de obra</li> <li>3.- Determinación de la calidad del agua</li> <li>4.- Determinación de los tratamientos previos a su uso</li> <li>5.- Programa de monitoreo de la calidad del agua</li> <li>6.- Manejo de aguas residuales</li> </ol>	

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>8</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Dinámica poblacional
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	PR, RE	PS	Local
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
<i>Socioeconómico</i> • Salud	Permanencia de trabajadores en zona de campamentos y obra. Formación de campamentos	NEGATIVO Daños a la salud	Área de campamentos y cortina
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Programa de prevención de enfermedades en cooperación con servicios de salud		Antes de iniciar el proyecto	Al terminar el proyecto
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfil epidemiológico de los trabajadores.</li> <li>• Diseño e implementación de campañas de prevención de enfermedades, control de alcoholismo, drogadicción, farmacodependencia y atención a la salud.</li> <li>• Sistema de atención de emergencias.</li> <li>• Campañas de salud, incluyendo vacunación.</li> <li>• Análisis epidemiológico de la zona</li> <li>• Control de vectores patógenos</li> <li>• Manejo de alimentos (comedores)</li> <li>• Monitoreo y manejo del agua potable y servicios</li> <li>• Plan de contingencia</li> </ul>			
<b>Interacción: Salud con presencia de campamentos</b>			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evitan epidemias y transmisión de enfermedades</li> <li>• Mejor productividad</li> <li>• Bajan costos de atención médica</li> <li>• Reducción de riesgos asociados a adicciones (violencia, inseguridad en la propiedad, delincuencia, malvivencia, vagancia y mendicidad).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>	

<b>Supuestos:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hay control en el proceso de contratación</li><li>• Se cuenta con recursos humanos y económicos</li><li>• Buena cooperación institucional</li></ul>	<b>Impactos ambientales:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• No tiene</li></ul>
<b>Riesgos:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Daños a la salud</li><li>• Violencia, inseguridad en la propiedad, delincuencia, malvivencia, vagancia y mendicidad.</li></ul>	
<b>Medidas Complementarias:</b> 1.- Instalación y operación de sanitarios móviles	

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>9</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Dinámica poblacional
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	RH, PR, RE	PS	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
<p><i>Socioeconómico</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salud</li> <li>• Educación</li> <li>• Servicios públicos</li> <li>• Vivienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga de aguas residuales de oficinas, campamentos y comedores</li> <li>• Todas las actividades de construcción CC1-CC28 (<b>Ver Matriz Causa-Efecto</b>)</li> <li>• Actividades de la construcción CD1-CD33 (<b>Ver Matriz Causa-Efecto</b>)</li> <li>• Presencia temporal de familias de algunos trabajadores de la obra CE1-CE33 (<b>Ver Matriz Causa – Efecto</b>)</li> </ul>	<p>NEGATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños a la salud</li> <li>• Sobredemanda de aspirantes para los planteles de educación, básica, media básica y media</li> <li>• Demanda y encarecimiento de vivienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En diferentes puntos del área de afectación</li> <li>• Hostotipaquillo</li> <li>• En municipios aledaños (Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila y La Yesca).</li> </ul>
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Programa de calidad de agua Ampliación temporal de oferta educativa Programa de mantenimiento y adecuación de servicios públicos municipales Programa de creación de vivienda temporal		Desde el inicio	Permanente Al termino del proyecto Cuatro Años después de haber iniciado el proyecto
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento de agua</li> <li>• Monitoreo de redes y plantas de tratamiento</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de aulas temporales</li> <li>• Contratación temporal de profesores</li> <li>• Cuidar la calidad del servicios educativo</li> <li>• Creación de aulas temporales</li> <li>• Contratación temporal de profesores</li> <li>• Cuidar la calidad del servicios educativo</li> <li>• Desarrollar un programa de requerimientos y utilización de servicios públicos con base a la experiencia de proyectos anteriores como El Cajón o similares</li> <li>• Diagnostico de necesidades asociadas al proyecto</li> <li>• Estimar la población flotante que pueda asentarse en municipios aledaños</li> <li>• Reconocer la curva de utilización de personal</li> <li>• Prever los diferentes servicios que se puedan requerir</li> <li>• Determinar la capacidad receptora de las comunidades más importantes y cercanas al proyecto</li> <li>• Determinar y acordar con autoridades municipales requerimientos</li> <li>• Creación de un fondo para la creación de vivienda temporal</li> <li>• Esquema de cooperación con el municipio para creación, restauración y adaptación de viviendas</li> <li>• Programas de abandono de campamentos de campamentos tomando en cuenta preferencias sociales a favor de una reutilización parcial.</li> <li>• Exigir al contratista el diseño de campamentos tomando en cuenta la posibilidad de reutilización parcial de los mismos.</li> <li>• Actualización de planes parciales para dar cabida al programa de vivienda</li> <li>• Cooperar con municipio en la definición de linimientos y programas de cambio de uso de suelo dentro de los planes de centro de población o de los planes parciales</li> </ul>	
<p><b>Interacción:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salud con consumo de agua</li> <li>• Educación con las diferentes actividades de Construcción</li> <li>• Servicios públicos y cambio de uso de suelo con todas las actividades de construcción</li> <li>• Vivienda y cambio de uso del suelo con todas las actividades de construcción</li> </ul>	
<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevención de enfermedades</li> <li>• Disminuyen costos médicos</li> <li>• Se mejora la infraestructura</li> <li>• Se mantiene calidad</li> <li>• Se garantiza oferta educativa a nuevos demandantes</li> <li>• Se evitan conflictos sociales</li> <li>• Se gana aceptación del proyecto</li> <li>• Mejora calidad de vida de población y trabajadores</li> <li>• Mayor cobertura de servicios públicos</li> <li>• Mayor aceptación social del proyecto</li> <li>• Se mitiga la inflación a nivel local</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> <li>• Daños provocados por campamentos</li> <li>• Mas Contaminación</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ofrecen viviendas de mejor calidad</li> <li>• Se evitan daños a la estructura urbana</li> <li>• Se gana experiencia local en la gestión de proyectos</li> <li>• Mejora la calidad de vida de los trabajadores y los servicios públicos.</li> </ul>	
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se opera un programa integral</li> <li>• Buena cooperación con autoridades correspondientes</li> <li>• Se adjudican fondos suficientes y oportunamente</li> <li>• Cooperación CFE-SEP Jalisco</li> <li>• Cooperación con ayuntamiento</li> <li>• Asignación oportuna de recursos</li> <li>• Buena comunicación CFE-municipio</li> <li>• Interés por mejorar condiciones de vida de los trabajadores y población</li> <li>• Destinan recursos oportunamente</li> <li>• Buena comunicación CFE-municipio</li> <li>• Interés en mejorar condiciones de vida de trabajadores</li> <li>• Destinan recursos oportunamente</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>
<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resuelve parcialmente el problema</li> <li>• Retrasos en programa y uso ineficiente de recursos</li> <li>• Saturación de escuelas</li> <li>• Uso ineficiente de recursos</li> <li>• Saturación de servicios sobre todo agua</li> <li>• Conflicto CFE y ayuntamiento</li> <li>• Encarecimiento en la dotación de servicios.</li> <li>• Mala ubicación de campamentos</li> <li>• Se ofrece vivienda inadecuada y no útil para reutilizarla una vez abandonada</li> <li>• Desperdicio de recursos</li> <li>• Aumento de precios</li> </ul>	

**Medidas Complementarias:**

- 1.- Manejo de residuos peligrosos y no peligrosos
- 2.- Estimación de la cantidad de residuos a manejar
- 3.- Instalaciones para el manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos
- 4.- Elaboración del proyecto ejecutivo para el almacenamiento temporal de los residuos
- 5.- Construcción y operación
- 6.- Almacenamiento en los Centros generadores
- 7.- Contenedores para el transporte al sitio de almacenamiento temporal
- 8.- Recolección de residuos a las instalaciones de confinamiento
- 9.- Cuantificación y caracterización de las descargas
- 10.- Sistemas de tratamiento y localización
- 11.- Permiso de la descarga de agua residual
- 12.- Operación y mantenimiento del sistema de tratamiento

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>10</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Sistema Sociocultural
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	CO, PR	PS	Cabeceras municipales de la región (General)
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Socioeconómico <ul style="list-style-type: none"> <li>Patrimonio Cultural</li> </ul>	Actividades de construcción CG1-CG33 (Ver <b>Matriz Causa – Efecto</b> )	NEGATIVO Daños al patrimonio cultural	En el área de afectación del proyecto
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Identificar y salvaguardar el patrimonio cultural y arqueológico existente en la región del proyecto		Antes del inicio del proyecto	Inicio de Operación
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectuar convenios de colaboración con el INHA para la identificación, salvamento y rescate del patrimonio</li> <li>Acordar la liberación de áreas utilizadas por el proyecto antes del inicio de su construcción</li> </ul>			
<b>Interacción:</b> Patrimonio cultural y cambio de uso de suelo con todas las actividades de construcción			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se evitan daños al patrimonio</li> <li>Se gana aceptación social al proyecto</li> <li>Mejoran capacidades de protección del patrimonio</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>No tiene</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cooperación entre las entidades públicas correspondientes</li> <li>Se destinan recursos oportunamente</li> <li>El programa queda en manos de personal calificado</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>No tiene</li> </ul>	
<b>Riesgos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Daño al patrimonio</li> <li>Acciones equivocadas</li> <li>Desconfianza social</li> </ul>			



<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>11</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Dinámica Sociopolítica
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	PR, RE, CO	PS	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Socioeconómica • Tejido Social	Todas las actividades de la construcción	NEGATIVO Aparición de conflictos sociales	Área de afectación del proyecto
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Instaurar un programa de identificación atención social y manejo de conflictos		Inicio de la construcción	Un año después de iniciada la operación
<b>Descripción de la medida:</b>			
El programa deberá comprender, entre otros aspectos:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formas permanentes de comunicación social</li> <li>• Establecer mecanismos de comunicación en Hostotipaquillo, La Yesca, Magdalena y Tequila</li> <li>• Considerar personal especializado y experimentado</li> <li>• Monitoreo y atención a quejas y demanda de la ciudadanía</li> <li>• Mecanismos para responder a efectos negativos no previstos sobre el medio social y natural.</li> </ul>			
<b>Interacción: Conflictos ambientales y sociales con todas las actividades de construcción</b>			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se gana aceptación social</li> <li>• Disminuye probabilidad de conflictos</li> <li>• Se reduce intensidad de controversia</li> <li>• Se le da certidumbre a la ejecución del proyecto</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje social y mayores probabilidades de conflictos</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay compromiso con el programa de manejo</li> <li>• Se cuenta con personal con experiencia y conocimientos</li> <li>• Que se designan recursos oportunamente</li> <li>• Que se tiene capacidad de decisión a nivel local</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay</li> </ul>	

<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ola de movilización</li><li>• La oposición al proyecto gana difusión</li><li>• Pérdida de confianza respecto a la efectividad del programa</li></ul>	
---	--

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>12</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Dinámica Socioeconómica
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	CO	PS	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Socioeconómico <ul style="list-style-type: none"> <li>Perdida de suelo y bienes distintos a la tierra</li> </ul>	Actividades de la formación del embalse	NEGATIVO Conflictos Sociales	En diferentes puntos del área de afectación
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Compensación económica		Antes del inicio del proyecto	Hasta después de concluida la obra
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Compensación económica directa a propietarios de las tierras tomando en cuenta la existencia de bienes construidos, el valor del terreno y escuchando a los propietarios en procesos de negociación.</li> </ul>			
<b>Interacción:</b> Pérdida de espacio habitable actual y de recursos naturales para la construcción con todas las actividades de construcción			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se gana aceptación social</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Permanece la sensación de pérdida en las personas</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se tiene un acuerdo sobre valores afectados</li> <li>Se paga conforme a expectativas de los afectados</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de recursos naturales en el ecosistema</li> </ul>	
<b>Riesgos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conflictos sociales y ambientales</li> <li>Invertir en recuperación innecesaria</li> <li>Invertir en recuperación necesaria</li> </ul>			

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>13</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Dinámica Socioterritorial
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	RE	PS	Puntual
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Socioeconómico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema vial</li> </ul>	Llenado del vaso	NEGATIVO Puntual pero agudo para ciertas comunidades debido a la pérdida de vías de comunicación	Palos Verdes, Zona de San Pedro Analco y La Yesca.
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Restitución de puentes antes del llenado		Durante la etapa de construcción	Antes del llenado del vaso
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de puentes sobre el Río Santiago (<b>Ver punto VI.3.5.1 Propuesta de la nueva conexión de caminos entre Santo Domingo de Guzmán y Pueblo Viejo</b>).</li> </ul>			
<b>Interacción: Sistema vial con llenado del vaso</b>			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se reduce la posibilidad del conflicto social</li> <li>• Se mejora la accesibilidad a los poblados</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudios en la comunidad sugieren que otras opciones son inaceptables</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los provocados por ajustes a cambios en los trazos de caminos.</li> </ul>	
<b>Riesgos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no se programe adecuadamente</li> </ul>			

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>14</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Sistema Sociocultural
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	PR, RE	PS	Local
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Socioeconómico <ul style="list-style-type: none"> <li>Vivienda</li> </ul>	Llenado de vaso y zona de obras	NEGATIVO La perdida de vivienda se concentra en dos comunidades	Mesa de Flores y Paso de la Yesca
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Reubicación de comunidades		Al inicio de la construcción	Al inicio de la construcción
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Para Paso de La Yesca la reubicación inmediata, para Mesa de Flores es recomendable dialogar con la comunidad para evaluar opciones alternativas.</li> </ul>			
<b>Interacción: Vivienda con Llenado de vaso</b>			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce riesgos a la población</li> <li>Mejora su calidad de vida</li> <li>Logra una mejor aceptación del proyecto</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dependen de donde se crean los nuevos asentamientos, pero son bajo en general.</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Esta medida funciona bajo el supuesto que hay una negociación clara con las comunidades y que se cumplen los compromiso a tiempo</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dependen de donde se crean los nuevos asentamientos, pero son bajo en general.</li> </ul>	
<b>Riesgos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Que se realice mal el plan de reubicación</li> <li>Que la gente no acepte las viviendas que se construyen</li> </ul>			

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>15</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Dinámica Socioeconómica
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	RE, PR	PS	Puntual
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Socioeconómico <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de vida</li> </ul>	Actividades de la Construcción BW1-BW33 ( <b>Ver Matriz Causa – Efecto</b> )	NEGATIVO Detrimiento y merma de calidad de vida	Principalmente en el municipio de Hostotipaquillo
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Generación de empleos para grupos vulnerables		Desde que se contratan los primeros trabajadores	Hasta la etapa de operación
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Procurar la contratación de grupos vulnerables, específicamente mujeres y personas mayores de cuarenta años de la región.</li> <li>Crear un programa de capacitación para estas personas de acuerdo al tipo de empleos ofrecidos. (<b>Ver Programa de Monitoreo del Medio Social en el Capítulo VII</b>).</li> </ul>			

<b>Interacción:</b> Costo de vida con todas las actividades de construcción	
<b>Beneficios:</b>	<b>Impactos residuales:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se promueve la equidad social</li> <li>Se reducen el potencial de criminalidad</li> <li>Se reducen los incentivos a la prostitución</li> <li>Mejora la calidad de vida de las personas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No tiene</li> </ul>
<b>Supuestos:</b>	<b>Impactos ambientales:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Que la empresa contratista no discrimina a estos grupos vulnerables</li> <li>Que se garantizan las condiciones de seguridad de trabajo correspondientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No tiene</li> </ul>
<b>Riesgos:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>No tiene</li> </ul>	

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>16</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Seguridad e Higiene Ocupacional
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	PR	NR	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Seguridad e Higiene Ocupacional  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad / Integridad física,</li> <li>• Sistema Auditivo</li> <li>• Sistema Respiratorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las diferentes actividades de construcción por el personal laboral</li> <li>• Desviación del río</li> <li>• Levantamiento de la cortina</li> </ul>	NEGATIVO  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la concentración de partículas suspendidas en las áreas donde se localizan los bancos de material, zonas aledañas a la construcción de caminos, áreas del proyecto, en zonas donde se aplique dinamitado, áreas de relleno y en áreas donde se localizan las plantas de producción de cementos.</li> <li>• Incremento en la concentración de gases por equipo de combustión.</li> </ul>	Áreas cercanas a la boquilla (cortina) y diferentes puntos de toda la obra.
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreos para emisión de ruidos</li> <li>• Equipos de protección laboral para el trabajador</li> <li>• Aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas para éste factor ambiental</li> <li>• Medidas de mitigación (<b>Ver Ficha Técnica 2</b>)</li> </ul>		Inicio Construcción	Abandono / Desmantelamiento
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se establecerá un monitoreo para la medición de emisiones de ruido en sitios estratégicos de la zona de obras, los cuales incluirán las áreas de construcción, oficinas y habitación. Las mediciones se harán de manera periódica, una vez al mes por lo menos y en función de los resultados se solicitará al contratista competentes la implantación de acciones para la reducción de ruido o en su caso la dotación de equipo de protección para aquella área dada la emisiones no puedan ser reducidas.</li> <li>• Concientización en la utilización de los equipos de protección personales (mascarillas, tapones atenuadores de ruido, etc.), en lo cual participará la junta mixta de seguridad e higiene, que se constituye para el proyecto.</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación y concientización en el manejo y almacenamiento de materiales peligrosos a fin de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes. <b>(Ver Capítulo III, en los puntos III.3.1 Listado de instrumentos normativos, III.3.2 Cuadro de vinculación con los principales instrumentos normativos con proyecto, III.3.3 Normas Oficiales Mexicanas de ingerencia directa al proyecto y el punto III.3.4 Normas Oficiales Mexicanas de aplicación concurrente.</b></li> <li>• Contar con un señalamiento adecuado con especificaciones que sean legibles y entendibles por la población trabajadora y local mediante el cual se identifiquen áreas peligrosas, restringidas, equipos de seguridad necesarios o peligros</li> </ul>	
<p><b>Interacción:</b> Seguridad e higiene ocupacional con diferentes actividades laborales para la construcción</p>	
<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor seguridad e higiene para el trabajador</li> <li>• Mejor calidad de vida</li> <li>• Disminución de accidentes y enfermedades</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La utilización de equipos de protección laboral</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>
<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidentes laborales por el no cumplimiento de los equipos de protección personal</li> </ul>	
<p><b>Medidas Complementarias:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Medición de ruido en las instalaciones</li> <li>2.- Medición de partículas suspendidas en el aire</li> <li>3.- Auditorias de uso de equipo de protección personal</li> </ol>	



**VI.3.2.3 Etapa: Operación.**

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>17</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Geomorfología
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
A.A.	PR	EC	Local
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Laderas	Variaciones en el nivel del embalse	NEGATIVO Erosión de las paredes del embalse por variaciones del nivel de agua.	Área de embalse
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Estabilización o derrumbamiento de laderas		Operación	Abandono / Desmantelamiento
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollar los trabajos necesarios para determinar los requerimientos para la estabilización o derrumbamiento de la ladera ubicada en el área cercana a la cortina (ver figura 28 capítulo IV)</li> </ul>			
<b>Interacción: Variaciones en el nivel del embalse – remoción en masa</b>			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se reducirá el riesgo de daño a la infraestructura.</li> <li>Se reducirá el riesgo de remoción en masa (azolve).</li> <li>Se reducirá el riesgo de formación de diques.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Debido a las condiciones geológicas y meteorológicas de la zona, existirán continuamente deslaves y remociones, pero se evita su incidencia sobre la infraestructura y la salud humana.</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se logrará identificar las zonas de mayor riesgo de remoción durante los estudios geológicos de detalle de CFE</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay</li> </ul>	
<b>Riesgos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Debido a las condiciones geológicas de la zona, está latente el riesgo de una remoción donde no haya medidas de mitigación.</li> </ul>			

**Medidas Complementarias:**

- 1.- Delimitación del área necesaria para los trabajos de construcción
- 2.- Prevención y corrección de cárcavas
- 3.- Prácticas de conservación de suelos en las zonas ribereñas
- 4.- Estabilización de taludes

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>18</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Dinámica socioeconómica
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AA	PR	PS	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Socioeconómico <ul style="list-style-type: none"> <li>Turismo</li> </ul>	Formación del Embalse	<p>NEGATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Variaciones en el nivel del embalse</li> <li>Regulación del caudal</li> <li>Generación de aguas residuales</li> <li>Acciones de mantenimiento</li> </ul>	Área inundada
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Sistema de información sobre condiciones para estancias en el área		Después del llenado	Permanente
<b>Descripción de la medida:</b>			
Instaurar un sistema de información que pueda ser consultado por los posibles usuarios antes de visitar la zona. <b>(Ver Capítulo VII. Programa de Monitoreo del Medio Social).</b>			
<b>Interacción: Turismo con diversas actividades de la Operación</b>			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora la satisfacción de paseantes</li> <li>Se da certidumbre a operación de negocios</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se opera un sistema de información creíble</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad del Paisaje</li> </ul>	
<b>Riesgos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se pierde confianza</li> <li>Se difunde información adversa</li> </ul>			

**VI.3.3 IMPACTOS EN ÁREA DE INFLUENCIA AGUAS ABAJO DE LA CORTINA.**

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>19</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Hidrología Superficial
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AIAAB	CO, PR	EA	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Hidrología Superficial <ul style="list-style-type: none"> <li>Variación del flujo</li> </ul>	Formación del embalse	<p>NEGATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Retención de sedimentos en el vaso del embalse.</li> <li>Disminución de la profundidad del vaso, y limitación de la vida útil.</li> </ul>	Área del embalse y aguas abajo de la cortina
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de un programa de monitoreo de la evaluación ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del río Santiago</li> </ul>		Inicio de la Operación	Termino de la Operación
<b>Descripción de la medida:</b>			
<p>Estudio ambiental a nivel de cuenca de los impactos acumulativos y sinérgicos producidos por los aprovechamientos y presas en el Río Santiago.</p> <p>Participación en los organismos de cuenca para la gestión de la mejora de la calidad del agua en la cuenca del Río Santiago.</p> <p>Implementación de actividades de monitoreo y modelo parte de un Programa de Evaluación Ambiental del Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Santiago.</p>			

<b>Interacción:</b> Variación del flujo / Retención de sedimentos en el vaso del embalse.	
<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de contaminantes</li> <li>• Mayor oxigenación en el embalse</li> <li>• Disminución de sedimentos</li> <li>• Manejo adecuado de las descargas de la presa</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración física de sedimentos en el fondo del embalse</li> </ul>
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de medidas de prevención y control de eutroficación.</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del agua</li> <li>• Flora y Fauna acuática</li> </ul>
<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eutroficación</li> </ul>	

**VI.3.4 IMPACTOS EN ÁREA DE INFLUENCIA AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA.**

**VI.3.4.1 Etapa de Construcción.**

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>20</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Vegetación
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AIAAR	CO	CA	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Vegetación  • Reducción de diferentes tipos de vegetación, de especies bajo estatus de protección, de valor económico y social.	Desmontes, despalmes, apertura de caminos y construcción / presencia de campamentos	<b>NEGATIVO</b>  En el área de estudio del medio físico y natural existen tres especies que se encuentran en la NOM 059-SEMARNAT-2001, las cuales se verán afectadas ya que se desarrollan tanto a orillas de los caminos actuales, así como en las posibles áreas a desarrollar. Existen diversas especies de cactáceas las cuales se verían seriamente afectadas sus poblaciones. Existen especies de arbustos de la familia Leguminosae que para el estado de Jalisco son especies poco conocidas (ver la descripción de la medida). Reducción de especies forestales y de la vegetación riparia de especies cercanas a los márgenes de los ríos, así como de acuáticas en el área del embalse. Reducción del bosque tropical caducifolio, espinoso y de elementos del bosque tropical subcaducifolio en cañadas.	Aguas arriba de la embalse, áreas cercanas a la boquilla (cortina) y diferentes puntos de toda la obra.
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperación de germoplasma y reforestación con especies de que se encuentren en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial</li> </ul>		Construcción	Al Término del proyecto
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecimiento de viveros en el sitio para reproducir especies propias del lugar, principalmente aquellas representantes de los bosques tropical caducifolio y subcaducifolio, con estatus, endémicas, raras, en peligro de extinción.</li> <li>Se recomienda que el material germoplásmico para la reproducción de las especies sea de preferencia por semillas, ya que se busca contar con una mayor diversidad genética, sin descartar el uso de material vegetativo.</li> <li>Se recomienda seleccionar una zona que se encuentre dentro del área de influencia, que reúna las condiciones agroclimatológicas para poder establecer los tipos de vegetación y especies que se perderán o serán dañadas por el establecimiento del embalse.</li> <li>Por ningún motivo, introducir especies exóticas.</li> <li>Una vez establecida la presa, aplicar la norma de cambio de uso de suelo NOM-062-ECOL-1994, cercano al cuerpo de agua y área de influencia.</li> </ul>			

- Bignoniaceae: *Tabebuia palmeri*: Especies que tienen una fuerte presión por el uso por los habitantes del lugar a tal caso que sólo quedan en el área de estudio cuatro individuos que se localizan en dos cañadas húmedas cercanas al camino entre Mesa de Flores y arroyo El Manguito. Debido a la ampliación del camino y obras en general ponen en riesgo aún más la supervivencia de la especie en el sitio, por lo cual se propone el rescate y traslado de los dos individuos jóvenes que se localizan en el arroyo El Manguito, y de la recolecta de semillas de los árboles adultos, para posteriormente reproducirla en un vivero *in situ* (ver proyecto asociados anexos del vivero en medidas de mitigación), con el fin de reforestar las cañadas cercanas al área de estudio y con ello asegurar su presencia. La recolecta de semillas se debe realizar en los meses de abril a julio y esta debe ser ante de la etapa de construcción y habilitación de caminos. Para la reproducción en el vivero se recomienda un estudio a detalle sobre la viabilidad de germinación, así como de los sitios donde se pretende reintroducir.
- Leguminosae: *Lonchocarpus sp.*, *Acacia picachensis*, *Senna aff. wislizeni* entre otras: Esas especies en el sitio presentan una distribución restringida para el Occidente de México. Son un grupo de especies que aunque no corren el riesgo de desaparecer, pero son especies importantes desde un punto de vista científico y alguna de ellas desde el punto de vista social y comercial. Además son especies excelentes para la reforestación de sitios con problemas de erosión o de aquellos sitios donde sea necesario reforestar con especies aptas para condiciones extremas (falta de agua). Estas especies se propagaran en el vivero propuesto para la reproducción de *Tabebuia palmeri*. La época propicia para la recolecta de semillas es en los meses de enero-mayo. Se debe de realizar durante la etapa de construcción.
- Protección del área

Para flora:

Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Perennifolia Espinosa, Selva Baja Caducifolia Espinosa y Vegetación riparia de *Enterolobium* y *Ficus*

Para fauna:

Vertebrados

- La riqueza biológica presente en el sitio esta influida por un sinnúmero de especies principalmente Neotropicales. El área de estudio representa un gran corredor biológico a través del cual penetran desde la costa (Océano Pacífico) elementos tropicales hacia el continente y desde la parte norte, de especies con distribución restringida y nearticas (Sierra Madre Occidental). Esto lo demuestra para la fauna de la presencia de especies como el ocelote, puma y jaguarundi y desde el punto de vista florístico, la presencia de cuaxtecomate, parota, primavera o del huizache prieto.
- Dada estas características del cañón del Río Santiago, se sugiere la protección de los sitios con mayor relevancia biológica y que menor acceso al flujo humano presenten y con ello contribuir a que el área siga siendo un corredor biológico desde la costa hacia el continente y contribuir al funcionamiento del sistema en la cuenca Lerma-Santiago. Además de algunos sitios que corresponderían hacia el Río Bolaños y Río Chico con el mismo fin que se persigue para la parte del Río Santiago. Con esta área se asegura la permanencia de los tipos de vegetación que se verán hasta cierto punto trastocada su área de distribución.

- Se recomienda realizar un estudio multidisciplinario en el que participen autoridades federales, estatales, organizaciones civiles y centros de estudio para determinar la viabilidad y condiciones necesarias con el fin de establecer un proyecto Área Natural Protegida.
- Estos estudios se deben comenzar desde la etapa de construcción y terminar para antes de la operación del proyecto. **(figura 1. Propuesta de Área Natural Protegida).**





**Figura 1. Área Natural Protegida.**

<p><b>Interacción:</b> Vegetación / Desmontes, despalmes, apertura habilitación de caminos y construcción / presencia de campamentos</p>	
<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección de especies terrestres y acuáticas de estatus de conservación, endémicas y restringidas.</li> <li>• Reforestación</li> <li>• Establecimiento de viveros en el sitio para reproducir especies propias del lugar</li> <li>• Contar con material germoplásmico (diversidad genética)</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Vivero</i> : En el caso de que esta obra se realice también se dejarán las instalaciones en el terreno que sea seleccionado para este fin, beneficiando al propietario del terreno, o podrá ser retirado en el caso de que por solicitud del propietario así lo requiera.</li> </ul>
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de programas de rescate y conservación</li> <li>• Reforestación de las áreas afectadas</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo (Erosión)</li> <li>• Vegetación</li> <li>• Fauna</li> </ul>
<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de especies terrestres y acuáticas de estatus de conservación, endémicas y restringidas.</li> </ul>	
<p><b>Medidas Complementarias:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Conservación y protección de la flora silvestre</li> <li>2.- Actividades para la vigilancia y derribo del arbolado (Desmonte)</li> <li>3.- Programa para el control y prevención de incendios forestales</li> </ol>	

Ficha Técnica No.	21	Rasgo ambiental:	Fauna terrestre y acuática
Incidencia	Naturaleza	Tipo	Ubicación Especial
AIAAR	CO	CA	General
Factor ambiental bajo estudio	Actividad del proyecto que ocasionará el impacto	Generalidades del impacto esperado	Donde ocurrirá el impacto
<p>Fauna terrestre y acuática</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Perdida de diferentes tipos de habitats de fauna terrestre y acuática con estatus de conservación, endémicas y restringidas.</li> </ul>	<p>Desmontes, despalmes, habilitación de caminos y zonas inundables, llenado del vaso</p>	<p>NEGATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de especies faunísticas terrestres y acuáticas.</li> <li>Desplazamiento de especies faunísticas, especialmente terrestres hacia otros lugares, fuera del área de afectación.</li> <li>Perdida de nidos, madrigueras u otros que sirven de refugio a las diferentes especies que ahí habitan.</li> </ul>	<p>Aguas abajo de la cortina, Zona de obras y área de embalse</p>
Medida de mitigación propuesta		Inicio	Término
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programas de rescate y reubicación</li> </ul>		<p>Inicio de la Construcción</p>	<p>Abandono / Desmanteamiento</p>
<p><b>Descripción de la medida:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Reptiles: <i>Crotalus basiliscus</i>:</b> Implementar un programa para el rescate y reubicación. Esto dado que la especie solamente fue registrada en la zona de inundación. Es factible que en el curso del proceso de inundación los individuos se desplacen aguas arriba, sin embargo sería importante asegurar que este proceso se presente.</li> <li><b>Mamíferos: <i>Lontra longicaudis</i>:</b> La presencia de bancos naturales, salientes, isletas y/o rocas, son elementos relevantes en el hábitat de esta especie, por lo que es recomendable asegurar su presencia en el trayecto del afluente del Río Bolaños. Se prevé que la especie inicialmente se desplace aguas arriba, pero al estabilizarse el sistema es factible que recolonice algunos de los puntos originales. Se recomienda un estudio a detalle para la especie lo que permita definir medidas precisas para mitigar el impacto, en el cual se considere un estudio poblacional para la permanencia de esta especie sobre el Río Bolaños.</li> <li><b>Vertebrados: Protección del área:</b> La riqueza biológica presente en el sitio, esta influida por elementos de tipo neartico, pero sobre todo tropicales. Este</li> </ul>			

lugar representa un gran corredor biológico, a través del cual, elementos tropicales penetran al interior del continente, ello se puede corroborar dada la presencia de especies como el ocelote, puma y jaguarundi. Dada esta característica del cañón del Río Santiago, se sugiere la protección de los sitios con mayor relevancia biológica y que menor acceso al flujo humano presenten. Para ello, se recomienda un estudio a detalle al respecto, en donde se definan los sitios a proteger, la categoría, la zonificación del área y la definición de un plan de manejo que asegure su conservación y le de viabilidad al proyecto de Área Natural Protegida (**Ver descripción de las medidas de la ficha 24**)

- Programas de rescate y reubicación.
- Realizar un programa de señalización vial en las diferentes caminos de acceso, con el fin de proteger la fauna del área de estudio del medio físico y natural.
- Generar un programa de comunicación ambiental que se complemente con el punto anterior con el fin de señalar las zonas de interés, paso de animales prohibitivos, información general, etc.

**Interacción:** Fauna terrestre y acuática con desmontes, despalmes, habilitación de caminos y zonas inundables, llenado del vaso y generación de aguas residuales (domésticas).

<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección de especies terrestres y acuáticas de estatus de conservación, endémicas y restringidas.</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de programas de rescate y conservación</li> <li>• Programas de educación ambiental</li> <li>• Programa de vigilancia ambiental</li> <li>• Capacitación y concientización</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fauna terrestre y acuática</li> <li>• Vegetación</li> </ul>

**Medidas Complementarias:**

- 1.- Protección de la fauna silvestre
- 2.- Reglamento de protección para la fauna silvestre

**VI.3.4.2 Etapa de Operación.**

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>22</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Hidrología Superficial
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AIAAR	CO, PR	CA, EA, NR	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Hidrología Superficial  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eutrofización</li> <li>• Calidad fisicoquímica y microbiológica</li> </ul>	Llenado del embalse	<p><b>NEGATIVO</b></p> <p>Eutrofización o disminución de la calidad del agua en la parte del Bolaños que quedará inundada.</p> <p>Aumento en la concentración de nutrientes: disminución de la calidad de agua por eutrofización y limitaciones al desarrollo de la fauna acuática.</p> <p>Afectación a la calidad del agua por mezcla en los cauces tributarios al Río Santiago.</p> <p>Presencia del embalse.</p> <p>Disminución de calidad del agua y generación de gases efecto invernadero - metano y dióxido de carbono- por aumento de la eutrofización.</p> <p>Disminución de la calidad de agua y vida acuática por anoxia.</p>	Aguas arriba de la cortina
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adición de precipitadores de nutrientes</li> </ul>		Inicio de la Operación	Operación

<p><b>Descripción de la medida:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio ambiental a nivel de cuenca de los impactos acumulativos y sinérgicos producidos por los aprovechamientos y presas en el Río Santiago.</li> <li>• Participación en los organismos de cuenca para la gestión de la mejora de la calidad del agua en la cuenca del Río Santiago.</li> <li>• Implementación de actividades de monitoreo y modelo de simulación para el manejo adecuado de las descargas de proyectos hidroeléctricos en cascada en la cuenca media del Santiago, como parte de un Programa de Evaluación Ambiental del Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Santiago.</li> <li>• Este Programa incluye una evaluación de estos aspectos relevantes: Modificación del régimen hidrológico, Transporte de sedimentos, Calidad de agua, Productividad biológica, Productividad pesquera, Aprovechamiento turístico – recreativo e Impacto en los procesos de captura de carbono y generación de gases efecto invernadero (capítulo VII)</li> <li>• La aplicación de medidas de prevención y control de la eutrofización, como ser tratamiento fisicoquímico de descargas en corrientes tributarias, tratamiento de flujos tributarios en presas aguas arriba de su incorporación al embalse, eliminación de fosfatos mediante precipitación química durante el tratamiento de aguas, cosecha de plantas y algas en el embalse, trituración de lirio y/o tule, control químico de algas y malezas.* <b>(punto VI.3.5.2.3.- Medidas para la prevención y control de la eutrofización).</b></li> </ul> <p><i>* Estas medidas de mitigación pueden ser promovidas pero no gestionadas por el promovente. Representan atribuciones y responsabilidad de organismos operadores de agua, comisiones estatales de agua, CONAGUA y /o comites de cuencas; dependiendo de la escala y tipo de proyecto, localización y otros actores involucrados</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Interacción:</b> Presencia de la presa - eutrofización</li> </ul>	
<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir la disponibilidad de nutrientes causantes de eutrofización.</li> </ul>	<p><b>Impactos residuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay</li> </ul>
<p><b>Supuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es factible económica y técnicamente la adición de precipitadores.</li> </ul>	<p><b>Impactos ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación en el área del Río Chico por sustitución de especies.</li> </ul>
<p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que no exista o que sea muy costoso aprovechar la disponibilidad de recursos hídricos de la zona y que haya necesidad de traer agua de otras partes.</li> <li>• Que los manantiales que surjan tengan agua de mala calidad.</li> </ul>	

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>23</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Hidrología Superficial
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AIAAR	CO, PR	CA, EA, NR, PS	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Hidrología Superficial  • Variación del flujo	Llenado del embalse	POSITIVO  • Aumento de navegabilidad y pesca • Fortalecimiento de la navegabilidad como medio de transporte, recreación y pesca.	Aguas arriba de la cortina

<b>Medida de mitigación propuesta</b>	<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
La medida de mitigación propuestas en la <b>Ficha Técnica 22</b>	Inicio de la Operación	Operación

<b>Descripción de la medida:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de monitoreo de riesgos a la salud humana por ingesta de fauna acuática afectada por compuestos químicos bioacumulables, minimiza riesgos y asegura los aspectos positivos de este impacto.</li> <li>• Extensión del camino trunco desde la localidad de Sayulimita hasta el futuro embalse y a manantial El Guayabo.</li> <li>• Las medidas de mitigación propuestas en la <b>Ficha Técnica 22</b></li> </ul>

<b>Interacción:</b> Llenado del embalse / Aumento en la navegabilidad y pesca	
<b>Beneficios:</b>	<b>Impactos residuales:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesca</li> <li>• Fortalecimiento del medio de transporte por navegabilidad del embalse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>
<b>Supuestos:</b>	<b>Impactos ambientales:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de evaluación de riesgos a la salud humana por ingesta de fauna acuática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fauna acuática</li> </ul>
<b>Riesgos:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos a la salud humana por ingesta de fauna acuática</li> </ul>	

<b>Ficha Técnica No.</b>	<b>24</b>	<b>Rasgo ambiental:</b>	Hidrología Superficial
<b>Incidencia</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación Especial</b>
AIAAR	PR	EA	General
<b>Factor ambiental bajo estudio</b>	<b>Actividad del proyecto que ocasionará el impacto</b>	<b>Generalidades del impacto esperado</b>	<b>Donde ocurrirá el impacto</b>
Hidrología Superficial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evapotranspiración</li> <li>• Evaporación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llenado del embalse</li> </ul>	<p>NEGATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas acumulativas de agua en el embalse por evapotranspiración y potenciales cambios en ecosistemas litorales.</li> </ul>	Aguas arriba de la cortina
<b>Medida de mitigación propuesta</b>		<b>Inicio</b>	<b>Término</b>
Control de la flora acuática nociva del embalse		Inicio de la Operación	Operación
<b>Descripción de la medida:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar programas de monitoreos en las riveras del embalse para determinar la superficie de la flora acuática nociva, como lirio, tule, etc.</li> <li>• Implementar programas periódicos de control de la flora acuática nociva</li> <li>• Implementar medidas descritas en la ficha 22</li> </ul>			
<b>Interacción:</b> Evapotranspiración y Evaporación / Presencia de la presa			
<b>Beneficios:</b>		<b>Impactos residuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>	
<b>Supuestos:</b>		<b>Impactos ambientales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la humedad</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo</li> <li>• Vegetación</li> <li>• Paisaje</li> </ul>	
<b>Riesgos:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>			



### **VI.3.5 PROPUESTAS DE LOS PROYECTOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.**

#### **VI.3.5.1 Proyecto: Propuesta de la nueva conexión de caminos entre Santo Domingo de Guzmán y Pueblo Viejo.**

En el área inundada que contempla el proyecto de la Presa La Yesca en el Río Santiago tiene varias afectaciones, una de ellas es el camino que comunica ambos lados de la barranca para conectar diferentes rancherías, mismo que tiene como medio de cruce del Río Santiago, un puente construido recientemente. Según investigaciones del área social se generaría un problema de mayor importancia si este camino y puente quedan inundados al construirse la presa y quedar inundada esta vía de comunicación.

La restitución del camino y del puente es obligada, el diseño y el tipo se definirá posteriormente ya que esta propuesta es una de muchas posibilidades

Actualmente existe un camino de terracería que une rancherías de Santo Domingo de Guzmán con Pueblo Viejo y en su trayecto cruzan el Río Santiago mediante un puente recién construido.

##### **VI.3.5.1.1 Antecedentes**

Actualmente existen terracerías construidas que unen varios poblados, entre ellas el Poblado de Santo Domingo de Guzmán y Pueblo Viejo, que en su trayecto cruza el Río Santiago; las terracerías tienen poco tránsito, teniendo una sola vía con ensanchamientos parciales y pendientes muy pronunciadas, en zonas de laderas.

En el trayecto del camino existe un puente que se ubica en la coordenada  $x=607476.5545$   $y=2334750.7663$  en el lado poniente y en el lado oriente  $x=607522.0693$   $y=2334792.7084$  con una distancia de 50 metros y un ángulo de 43 grados con respecto al playo x-y.

En el caso de la construcción de la presa quedaran las siguientes áreas inundadas.

Las características del camino de terracería desde el Río Santiago (puente) rumbo a Santo Domingo de Guzmán dirección sur oeste, tiene una longitud inundada de 1 393,30 metros y una longitud con una pendiente gobernadora de 12,29% de 1 605,42 m adicional.

Una vez cruzado el puente para llegar a Pueblo viejo dirección noroeste desde el puente la longitud inundada es de 2 586,51 m con una pendiente gobernadora de 0,426%.



### **VI.3.5.1.2 Propuesta de mitigación.**

La medida de mitigación deberá de considerar el construir un nuevo puente y hacer las conexiones con nuevos caminos de terracería hasta conectar a los existentes para reestablecer la comunicación afectada.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha publicado en el año 2004 una ley que establece la norma par la construcción de puentes para los caminos de clasificación “D”, elaborada por el IMT (Instituto Mexicano del Transporte) la cual deberá de aplicarse para puentes que se requieran en la construcción de la obra.

Las Normas que se relacionan con obras de puentes son las siguientes:

	<b>Capítulo</b>	<b>Designación (Norma)</b>
1.	Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares	<b><u>N-PRY-CAR-6-01-001/01</u></b>
2.	Características Generales de Proyecto	<b><u>N-PRY-CAR-6-01-002/01</u></b>
3.	Cargas y Acciones	<b><u>N-PRY-CAR-6-01-003/01</u></b>
4.	Viento	<b><u>N-PRY-CAR-6-01-004/01</u></b>
5.	Sismo	<b><u>N-PRY-CAR-6-01-005/01</u></b>
6.	Combinaciones de Cargas	<b><u>N-PRY-CAR-6-01-006/01</u></b>
7.	Distribución de Cargas	<b><u>N-PRY-CAR-6-01-007/04</u></b>
8.	Consideraciones para Puentes Especiales	<b><u>M-PRY-CAR-6-01-008/04</u></b>
9.	Presentación del Proyecto de Nuevos Puentes y Estructuras Similares	<b><u>N-PRY-CAR-6-01-009/04</u></b>

**N-PRY-CAR-6-01-001/01.-** Ésta Norma contiene los criterios para la ejecución de los proyectos de las estructuras que permitan la continuidad del tránsito sobre un obstáculo que realiza la Secretaría con recursos propios o mediante un contratista de servicios.

**N-PRY-CAR-6-01-002/01.-** Ésta Norma contiene los criterios para la determinación de las características generales necesarias para el diseño de puentes y estructuras similares a que se refiere la Norma *N-PRY-CAR-6-01-001/01, Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares.*

**N-PRY-CAR-6-01-003/01.-** Esta Norma contiene los criterios generales para determinar las cargas y acciones a que se refieren los párrafos E.3.2.3. y E.4.1.1. de la Norma *N-PRY-CAR-6-01-001/01, Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares,* que deben de utilizarse en la ejecución del anteproyecto o del proyecto de un puente o estructura similar que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un contratista de servicios.

**N-PRY-CAR-6-01-004/01.-** Ésta Norma establece los criterios generales para determinar las cargas eventuales debida a la acción del viento , que actúan en puentes o estructuras similares, conforme a lo indicado en el punto a) del párrafo E.4.1.1. de la Norma *N-PRY-CAR-6-01-001/01, Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares* y e la fracción F.1. de la Norma *N-PRY-CAR-6-01-003/01 Cargas y Acciones*.

**N-PRY-CAR-6-01-005/01.-** Ésta Norma establece los criterios generales para determinar las cargas eventuales debido a la acción de sismos, que actúan en puentes o estructuras similares , conforme a lo indicado en el punto a) del párrafo E.4.1.1. de la Norma *N-PRY-CAR-6-01-001/01, Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares* y e la fracción F.1. de la Norma *N-PRY-CAR-6-01-003/01 Cargas y Acciones*.

**N-PRY-CAR-6-01-006/01.-** Ésta Norma establece los criterios generales para definir las combinaciones de cargas a que se refiere el párrafo E.4.1.2. de la Norma *N-PRY-CAR-6-01-001/01, Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares*, que deben de utilizarse en la ejecución del anteproyecto o del proyecto de un puente o estructura similar que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un contratista de servicios.

**N-PRY-CAR-6-01-007/04.-** Ésta Norma contiene los criterios generales para cuantificar los efectos de la carga viva en sistemas de piso de superestructuras de puentes y estructuras similares, a que se refiere la Norma *N-PRY-CAR-6-01-001/01, Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares*, mediante el procedimiento simplificado denominado distribución de cargas, señalando las limitaciones para su aplicación y mencionando los métodos especiales de análisis estructural que se aplican cuando la estructura no satisface dichas limitaciones, para proyectos que realice la Secretaria con recursos propios o mediante un contratista de servicios.

**N-PRY-CAR-6-01-008/04.-** Éste manual contiene el procedimiento para el análisis y diseño de puentes especiales que realiza la Secretaria con recursos propios o mediante un contratista de servicios.

**N-PRY-CAR-6-01-009/04.-** Ésta Norma contiene los criterios generales para la presentación de los proyectos estructurales de nuevos puentes o estructuras similares que realice la Secretaria con recursos propios o mediante un contratista de servicios conforme a lo establecido a la Norma *N-PRY-CAR-6-01-001/01, Ejecución de Proyectos de Nuevos Puentes y Estructuras Similares*.

### **VI.3.5.1.3 Metodología para definir el proyecto.**

#### **VI.3.5.1.3.1 Caminos.**

Para el caso de la definición de los nuevos caminos y de acuerdo a las curvas de nivel del área en cuestión hemos hecho los trazos propuestos bajo el siguiente método:

Sección del puente a Sto. Domingo de Guzmán realizamos diferentes trazos con varias pendientes mediante círculos cuyos diámetros establecerán una longitud definida por las diferentes pendientes propuestas sabiendo que tenemos líneas que representan cotas de nivel a cada 20 m. Ejemplo: para subir 20 m al 5% dividimos  $20/0.05=400$  m que sería el diámetro del círculo y el trayecto lo fijamos mediante círculos de 200 m de radio, generando de este modo cruces entre la línea de las cotas y los círculos que al unirlos generamos el trazo preliminar con una pendiente gobernadora del 7.5% que representa una diferencia de 20 m.

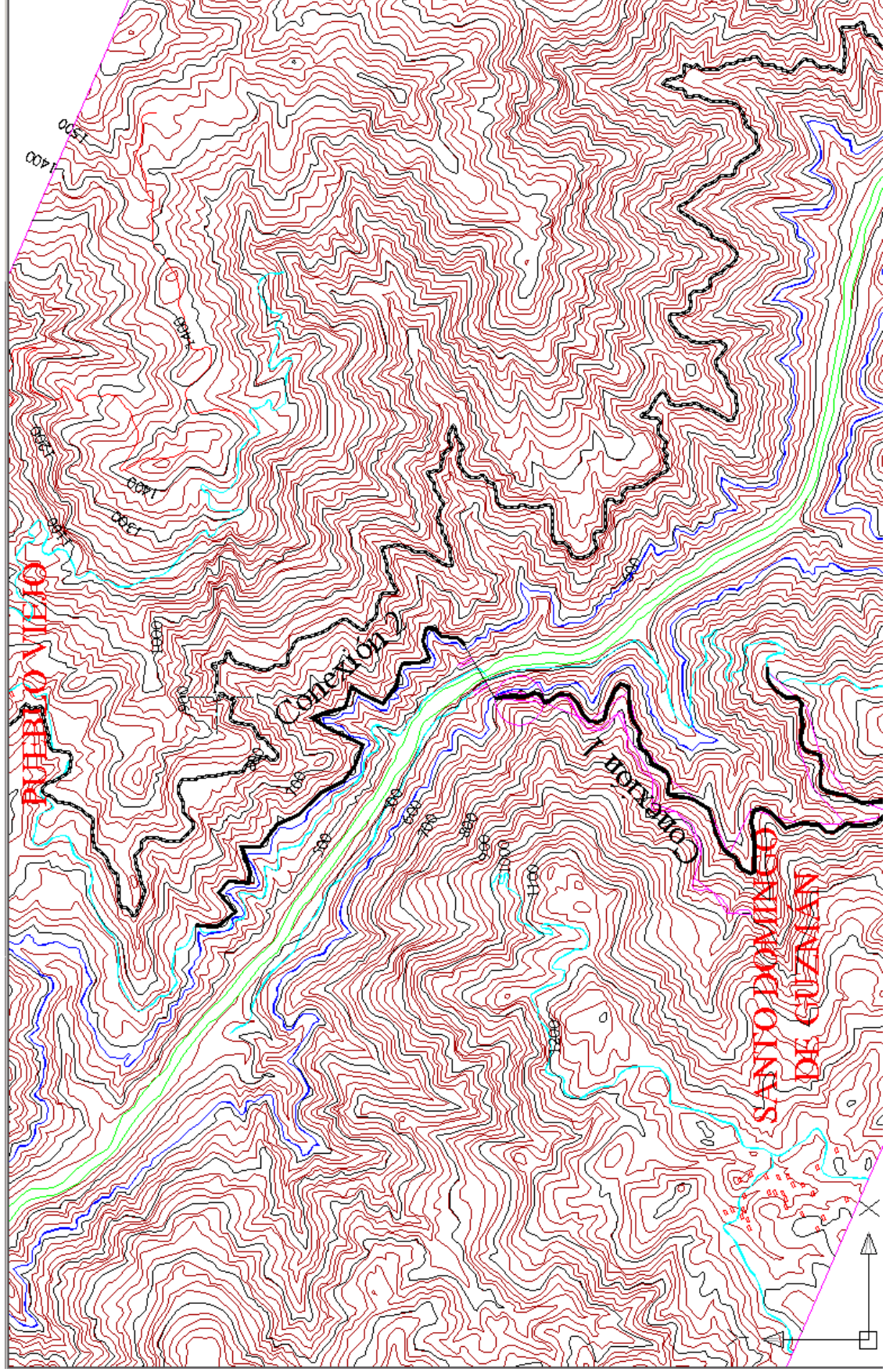
De esta manera establecemos un trazo preliminar que deberá de verificarse en el sitio, una vez decidido el trazo definitivo; se deberá hacer el estudio de curvas-masa donde contemple la compensación de cortes y terraplenes, con el fin de evitar sobrantes, que luego de origen a problemas, con el movimiento de material, afectando a la flora principalmente.



**Figura 2. Maquinaria pesada conformando un camino.**

Para poder realizar la obra antes mencionada y considerando el transporte de maquinaria pesada tanto para la construcción del puente y los caminos, proponemos que en el caso del camino que une al puente con Santo Domingo de Guzmán, debemos librar el tramo de terracería con pendiente gobernadora del 12,29%, ya que existen tramos parciales con pendientes hasta el 25% que dificultan el tránsito de vehículos con maquinaria pesada.

Figura 3. Propuesta de la nueva conexión de caminos entre Santo Domingo de Guzmán y Pueblo Viejo.



### **Construcción del puente.**

Para la construcción del nuevo puente, buscamos un cruce lo más cercano a los caminos existentes para reducir la longitud de construcción de caminos y el lugar más conveniente. La mejor ubicación fue en el mismo lugar donde existe el puente actual cuyas características serían longitud de cruce es de 330 m, cuyos extremos se encuentran ubicados en las coordenadas  $x=607\ 375.8585$ ,  $y=2\ 334\ 721.7322$  al lado izquierdo del flujo de agua en el río y al lado derecho  $x=607\ 653.5101$ ,  $y=2\ 334\ 880.8221$  y un ángulo con respecto al plano x-y.

### **Datos del proyecto.**

Vehículo con carga máxima de H-10 (9 Ton.) con peso uniforme por metro cuadrado es igual a  $130\text{kg/m}^2$  un solo carril.

Con el fin de recomendar un puente que resolviera el caso en la forma más segura y económica hicimos el modelo en el programa SAP-2000 versión 8,1 llegando a las siguientes conclusiones:

Construir un puente de tres claros, dos de 65 m en los extremos y de 200 m en el claro central, el tipo de puente sería de cables conocido como tipo catenaria combinado con cables en diagonales para generar apoyos secundarios, (Puentes atirantados).

Con la combinación de estos dos criterios se controlan los problemas que presenta el puente de catenaria se recomienda que los tirantes se entretrejan con los cables verticales del sistema de catenaria.

El sistema de piso podría ser estructural con el sistema de losacero, si consideramos una sección transversal en ambos extremos llevara una armadura de 2,00 m (la norma pide como mínimo  $L/180$ ), éstas armaduras sirven para dar rigidez lateral y cubrir los esfuerzos dinámicos por cargas móviles ó viento de forma instantánea; En ésta armadura colocando una viga I en la parte inferior podría diseñarse una extensión telescópica, que nos permita construir el puente, al nivel del sistema de piso.

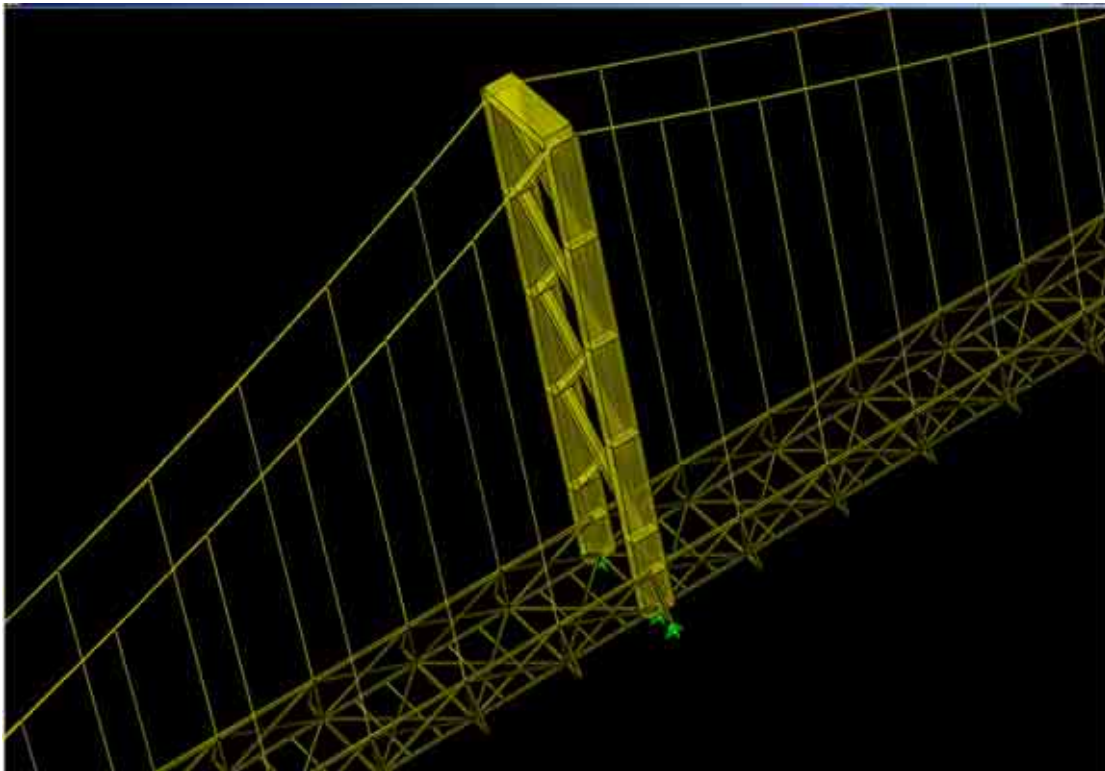
### **Cimentaciones y columnas.**

Las cimentaciones se han considerado aproximadamente para el presupuesto, considerando apoyo en roca, una vez realizado el estudio de mercancía de suelos en los sitios correspondientes se deberá de hacer el proyecto y evaluación definitiva.

Para las columnas las consideramos de concreto armado desde el apoyo hasta la conexión con el puente, es importante considerar los recubrimientos y la aplicación de impermeabilizante integral y cemento tipo III bajo en álcalis, con el fin de proteger el acero. La sección en contra del flujo del agua sería en forma de punta de flecha para generar una superficie aerodinámica que minimiza los esfuerzos de los empujes laterales del agua, sección ( $1,5\text{ m}^2$ ) aproximados.

A partir del nivel NAME + 3,50 m tendremos la columna metálica que en forma

de marco rígido paralelo al flujo del agua del río desde su desplante hasta la parte superior (concreto y acero) con crucetas diagonales que nos darán el apoyo para 830 Ton. Aproximadamente.



**Figura 4. Diagrama de puente tirantado propuesto para el paso de río Santiago en el paso Santo Domingo de Guzmán a Pueblo Viejo.**

#### **VI.3.5.1.3.2 Etapa de aplicación.**

Esta medida de mitigación deberá de aplicársela al inicio de la obra, o en la etapa de construcción; con la finalidad de que la población afectada, observe el cumplimiento del compromiso contraído con C.F.E.

#### **VI.3.5.1.3.3 Costos aproximados para el proyecto.**

En la siguiente tabla se muestran los costos totales por tramo de conexión que contempla el camino de conexión nuevo entre Santo Domingo de Guzmán y Pueblo Viejo. ( Ver costos totales por rubro y las tablas en Anexo 29).

<b>Cód.</b>	<b>Concepto</b>	<b>Importe Total</b>	<b>%</b>
<b>A</b>	<b>LA YESCA</b>		
<b>A01</b>	SANTO DOMINGO DE GÚZMAN A PUENTE	\$ 1,070,892.17	6.60 %
<b>A02</b>	PUENTE A PUEBLO VIEJO	\$ 714,315.81	4.40 %
<b>A03</b>	PUENTE RÍO SANTIAGO	\$ 14,434,099.82	88.99 %
	Total: LA YESCA	\$ 16,219,307.80	100.00%
	Total del Presupuesto (Sin IVA)	\$ 16,219,307.80	



#### **VI.3.5.1.3.4 Resultados.**

La propuesta de la nueva conexión comprende una longitud de 4 684,77 metros con una pendiente media de 7,5% librando el área inundada y la longitud adicional que tiene una pendiente media del 12,29% (más crítica del trayecto actual).

La propuesta es de construir 3 206,43 metros bordeando al nivel de inundación con una pendiente global de 0,31%.

#### **VI.3.5.2 Proyecto: Medidas de mitigación / compensación para el aumento de demanda y presión sobre recursos de agua para consumo humano.**

##### **VI.3.5.2.1 *Evaluación hidrológica de aguas subterráneas reforzada con geofísica eléctrica sobre en las inmediaciones de la localidad de mesa de flores, municipio de hostotipaquillo, Jalisco.***

En la fase de identificación y evaluación de impactos se describió que la existencia de población flotante y en tránsito durante la fase constructiva del proyecto provocaría un aumento de demanda de agua para consumo humano y competencia por el recurso.

El área de Mesa de Flores, propuesta para la instalación de la infraestructura al proyecto (campamentos, talleres y bodegas) es una zona crítica para el abastecimiento de agua de calidad para consumo humano:

- El Río Santiago, adyacente a Mesa de Flores, se encuentra contaminado por descargas de aguas residuales no tratadas
- Los manantiales aprovechados históricamente por la población local registraron niveles no permisibles de metales pesados por su relación con zonas hidrotermales y bajo caudal de descarga
- Las aguas del Río Bolaños tienen asignadas restricciones administrativas para su explotación.

Ante la situación de escasez de agua, aumento de demanda y el riesgo a la salud que representa el uso de la fuente de suministro aprovechada actualmente, se evaluaron preliminarmente áreas cercanas con potencial geohidrológico. Los acuíferos que se alojarían en los valles identificados se recargarían localmente por las precipitaciones -sin fluir a través de volúmenes de rocas afectados por alteraciones hidrotermales- y podrían aportar agua (pipas y garrafones) en cantidad aprovechable y de calidad suficiente para la población flotante durante la construcción.

- En las fases de operación y abandono del proyecto cualquier instalación para el aprovechamiento de los acuíferos representaría una mejor fuente permanente de abastecimiento de agua para la población local.

La evaluación hidrogeológica de los valles de interés se incluye como medida de compensación a la situación de competencia por el agua en la fase de construcción para los habitantes locales.

El objetivo específico de la medida es determinar en tres (3) áreas de mínimo 1 km<sup>2</sup> cada una las condiciones geohidrológicas que controlan la ocurrencia, calidad e hidrodinámica del agua subterránea, así como evaluar la potencialidad y disponibilidad de la misma para la ubicación de uno o más pozos profundos de suministro para consumo humano durante la construcción – y operación posterior – del PH la Yesca.

Para alcanzar estos objetivos se propone estudiar y evaluar los siguientes aspectos:

- Marco geológico en que se aloja y se mueve el agua subterránea y definición de las condiciones geológico-estructurales locales que tienen influencia sobre su ocurrencia y calidad.
- Mecanismo de recarga y descarga de los acuíferos.
- Censo de los aprovechamientos del agua subterránea, cuantificación de los volúmenes de extracción y sus configuraciones piezométricas.
- Caracterización de las obras hidráulicas activas e inactivas
- Determinar la calidad y condición actual de explotación; así como estimar la potencialidad y disponibilidad de agua subterránea.

Geofísica eléctrica (sondeos eléctricos verticales) en sitios estratégicos y de mayor potencial de cada zona, desde el punto de vista hidrogeológico y estructural.

#### **VI.3.5.2.2 *Evaluación hidrológica de aguas subterráneas en las inmediaciones de la localidad de hostotipaquillo, Jalisco y estudio de factibilidad para la instalación de infraestructura de conducción de agua.***

La existencia de las obras de construcción en la zona de cortina y de campamentos y talleres en Mesa de Flores, generará una mayor demanda de servicios en la zona urbana más cercana, la cabecera municipal de Hostotipaquillo. Con el incremento de servicios y de población flotante en Hostotipaquillo al comenzar las obras de construcción del PH La Yesca, se pronostica una mayor competencia por los recursos hídricos al incrementarse la demanda de consumo de agua. El abastecimiento actual del agua en este municipio es limitado debido a que sólo se tienen como fuente de abastecimiento del recurso algunos manantiales aledaños, sin embargo, esta población consume importantes volúmenes de agua en abrevadero y en riego de sus sembradíos y no existe un sistema de medición de agua, misma que se distribuye en contenedores o por una red parcial y en mal estado. Así, el caudal actual de abastecimiento de agua en esta cabecera municipal (aproximadamente 8 l/s) resulta insuficiente.

El aumento de la demanda puede generar un abastecimiento selectivo a determinados sectores de la población que más pueden pagar por el recurso o que tiene facilidades para su transporte.

Para mitigar este impacto es negativo y de relevancia media, pero de potencial impacto social relevante, se analizó la posibilidad de mejorar el abastecimiento de agua a la cabecera municipal desde fuentes de agua subterránea locales.

De acuerdo a la información de campo, existe un pozo ubicado en las cercanías de la cabecera de Hostotipaquillo, precisamente localizado al inicio de la desviación hacia este poblado en la carretera a Magdalena. Este pozo, identificado con el nombre de Tequesquite, actualmente no es aprovechado a su máxima capacidad (alrededor de 30 l/s) debido a la falta de infraestructura para conducir el agua hasta la cisterna de distribución urbana.

De esta forma, el pozo tiene un gasto suficiente y buena calidad para el abastecimiento de la población actual y futura temporal. Las medidas estructurales de mitigación se basan en el desarrollo de estudios hidrogeológicos para localizar nuevos abastecimientos, y la instalación de línea de conducción y bombeo y una cisterna de mayor capacidad.

El plan de desarrollo de un sistema de tratamiento, de conducción y recolección de aguas residuales, requieren un estudio previo de factibilidad y costo – beneficio.

Los estudios hidrogeológicos y cualquier instalación de infraestructura sanitaria representarían un impacto positivo y relevante en el escenario actual y futuro de recurso y sociedad.

#### **VI.3.5.2.2.1 Descripción de actividades para ambas medidas.**

##### **Recopilación, adquisición y análisis de estudios y trabajos previos.**

Recopilación, adquisición, análisis y ordenamiento de la información existente: topográfica, climatológica, geológica, hidrológica (superficial y subterránea), piezométrica, hidrogeoquímica, y toda aquella información relevante y de utilidad para el estudio hidrogeológico a realizar.

##### **Fotointerpretación con fines hidrogeológicos.**

A partir de la interpretación de imágenes de satélite y/o ortofotografías y/o fotografías aéreas verticales, se indicarán todos aquellos rasgos topográficos, geológicos e hidrológicos de importancia, tales como: contactos, fallas, estructuras geológicas, red hidrográfica, pozos, norias, manantiales y rasgos del relieve y urbanos más sobresalientes. Los resultados de la fotointerpretación serán consignados en mapas topográficos base editados a escala convenientes (1:10 000 ó 1:20 000).

### **Definición del marco geológico e hidrogeológico.**

Con soporte en la información precedente y en la interpretación de imágenes de satélite y/o ortofotografías y/o fotografías aéreas verticales, se definirá el marco geológico local, como base para conocer el origen, composición, disposición, posición estratigráfica y discontinuidades geológicas de las diferentes formaciones o unidades litológicas presentes en la zona de estudio.

### **Censo de aprovechamientos.**

Localización en mapas topográficos base (escala 1:10 000 ó 1:20 000), de los aprovechamientos activos e inactivos de agua subterránea existentes en la zona tales como: pozos, norias, manantiales, tajos, etc. El censo incluirá las características constructivas, regímenes de operación, volúmenes de extracción, mediciones piezométricas, elevación del brocal y ubicación en coordenadas UTM (ITRF92) de los aprovechamientos, utilizando GPS portátil con precisión de 0 a 10 m.

Al mismo tiempo se tomarán datos físicos de campo tales como: STD, pH, temperatura y conductividad eléctrica, parámetros que ayudaran a determinar la caracterización de calidades de agua.

Durante los recorridos de campo se tomarán fotografías digitales que ilustren las unidades y rasgos geológicos más importantes, así como los diferentes tipos de aprovechamientos censados. Fotografías que se incluirán en un anexo del informe final.

### **Piezometría de aprovechamientos.**

Con las mediciones piezométricas obtenidas en el censo de aprovechamientos, se confeccionarán planos con curvas de igual profundidad o elevación del nivel estático, indicando las características hidrodinámicas y sus profundidades.

### **Geofísica de exploración – sondeos eléctricos verticales.**

Selección de áreas estratégicas de interés geohidrológico para investigar las características físicas del subsuelo, por medio de *un mínimo de 3 líneas geofísicas de resistividad eléctrica (SEV's)* para cada de las tres (3) zonas seleccionadas. Técnica indirecta que mide la resistividad geoeléctrica de las rocas y materiales del subsuelo, con lo cual y mediante interpretación de resultados, se puede determinar la presencia y probable calidad del agua.

La modalidad empleada son los sondeos eléctricos verticales, aplicando configuraciones electródicas tipo Schlumberger, arreglo que se empleará según las características particulares de las características geohidrológicas y el ambiente geológico del área a evaluar. Las profundidades de investigación geoeléctrica se fijarán una vez definida la zona a investigar y objetivos a alcanzar. Sin embargo se anticipa que tendrán aberturas mínimas  $AB/2 = 500$  m.

El procesamiento de la información se realiza por métodos interactivos computarizados, que proporcionan información sobre resistividades y espesores de los diferentes materiales geológicos que integran el subsuelo, resultados que aunados al marco geológico, conducen al modelado general de las diferentes capas y estructuras del subsuelo, mismos que combinados con los conceptos y esquemas geohidrológicos, definirán la profundidad y características de los horizontes o unidades litológicas con potencial de reservas acuíferas.

### **Marco hidrogeológico y disponibilidad del recurso.**

Con objeto de definir la disponibilidad del recurso, se establecerán las condiciones y características hidrogeológicas generales de las tres (3) zonas evaluadas. De acuerdo a los resultados y el análisis del marco hidrogeológico de los acuíferos, se determinará la factibilidad técnica de exploración/explotación del recurso.

### **Procesamiento de la información e interpretación de resultados.**

Con apoyo en un Sistema de Información Geográfica (SIG) se procesa y analiza la información colectada y generada, así mismo se integra todo el material gráfico y cartográfico necesario para mostrar y soportar los resultados, interpretaciones, conclusiones y recomendaciones finales del estudio.

Todos los resultados e interpretaciones de las actividades y trabajos desarrollados se integran en un informe final impreso y en formato digital (CD), informes que se acompañarán con suficiente material gráfico, cartográfico y analítico generado, incluyendo conclusiones y recomendaciones, así como una relación de los estudios e investigaciones previas consultadas y literatura bibliográfica y cartográfica utilizada.

### **Tiempos de ejecución estimados para el desarrollo de estudios y factibilidad de uso de acuíferos para consumo humano**

- 20 días hábiles de trabajos de campo
- 10 días hábiles de procesamiento y análisis de la información recopilada
- 07 días hábiles de redacción e impresión de un Informe Final

#### **VI.3.5.2.3 Medidas para la prevención y control de la eutrofización.**

Existen diversas técnicas disponibles para la prevención y el control de la eutrofización en embalses y cuerpos lénticos en general. La aplicación y conveniencia de éstas depende de la configuración misma del vaso y de la cuenca, así como de su *factibilidad*<sup>1</sup> y de los *beneficios* asequibles en el entorno y dentro del embalse mismo.<sup>2</sup>

Para la prevención y control del fenómeno de eutrofización, se realizó una selección de medidas y actividades recomendadas por la literatura y luego un

<sup>1</sup> Entendida como la conjunción de la disponibilidad de recursos y tiempo, así como la disponibilidad de las técnicas necesarias para su implementación.

<sup>2</sup> Considerándose beneficios de corte ambiental, económico, político y social, por ejemplo.

análisis preliminar de prefactibilidad considerando cualitativamente los posibles resultados y eficiencia de su implementación contra los potenciales costos ambientales, económicos y sociales. El análisis de las medidas potenciales de aplicación se adjuntan en el Capítulo VIII.

### **Evaluación Preliminar de las Técnicas de Prevención y Control de Eutrofización**

Como parte de una evaluación de prefactibilidad para la selección de las medidas de mitigación aplicables, se analizaron alternativas de prevención y alternativas de control de la eutrofización del embalse. A continuación se describe las principales características, ventajas y limitaciones de las técnicas disponibles.

*Estas medidas de mitigación no pueden ser promovidas pero no gestionadas por el promovente. Representan atribuciones y responsabilidad de organismos operadores de agua, comisiones estatales de agua, CONAGUA y /o comités de cuencas; dependiendo de la escala y tipo de proyecto, localización y otros actores involucrados*

#### **Técnicas de prevención de la eutrofización disponibles.**

*Canalización y derivación de aguas negras y residuales.*

Esta técnica consiste en evitar que las aguas residuales ricas en nutrientes sean descargadas en el embalse o en sus tributarios. Para ello, se construyen estructuras de derivación (canales) o se entuban las descargas, y son conducidas hasta otro punto para su descarga. No obstante, aún cuando el cuerpo de agua de interés pueda ser protegido por esta técnica, posiblemente sólo se esté transportando el problema de un lugar a otro, a menos que en el otro punto de descarga se tenga la capacidad de lograr la depuración del agua residual sin un detrimento considerable en la calidad del agua y en la funciones ecosistémicas. Esta medida depende de organismos operadores, comisiones estatales y de comités de cuencas.

*Eliminación de fosfatos mediante precipitación química durante el tratamiento de aguas previo a su descarga en corrientes tributarias al embalse.*

Esta técnica consiste en aprovechar las instalaciones existentes de tratamiento de aguas residuales para utilizar productos tales como alúmina, cloruro férrico o carbonato de calcio para formar precipitados de fósforo removibles en las propias plantas de tratamiento antes de su entrada al embalse. Además, existen trenes de tratamientos de tipo biológico los cuales combinan etapas anaerobias/anóxicas con etapas aeróbicas para eficientar la remoción de nutrientes mediante el empleo de microorganismos. La efectividad de esta técnica depende, desde luego, de la existencia de instalaciones de tratamiento y del funcionamiento de las mismas. Además, supone la factibilidad de tratar en dichas plantas además de las aguas residuales, a las aguas de corrientes tributarias que dependen de organismos operadores de PTARs y decisiones de organismos de cuencas

### **Técnicas de control de la eutroficación disponibles.**

Las técnicas de control de la eutroficación tienen como objetivo la remoción de nutrientes (fósforo y/o nitrógeno) del agua contenida en el embalse. Entre las técnicas de control de la eutroficación disponibles para el Sistema Hídrico La Yesca, se encuentran las mencionadas a continuación, cuya explicación se incluye a continuación a partir de Ryding, S.-O. & Rast, W. (1989).

*Estas medidas de mitigación no pueden ser promovidas pero no gestionadas por el promovente. Representan atribuciones y responsabilidad de organismos operadores de agua, comisiones estatales de agua, CONAGUA y /o comités de cuencas; dependiendo de la escala y tipo de proyecto, localización y otros actores involucrados*

### **Cosecha de plantas y algas en el embalse.**

Esta técnica consiste en la remoción de maleza acuática y plantas por medios mecánicos. Sus efectos son inmediatos con beneficio para la salud humana,<sup>3</sup> los valores estéticos del embalse y la práctica de deportes acuáticos, pero no constituyen una solución real del problema. Los costos asociados pueden elevarse debido a que se requiere repetir la técnica frecuentemente (el tule, por ejemplo, alcanza un desarrollo de tres a cuatro metros del altura durante un período entre tres y cuatro meses,), así como la necesidad de disponer de los residuos de plantas: los residuos suelen quemarse sobre los bordos, pues se ha intentado aprovechar el lirio como alimento para animales, pero es una planta baja en proteínas y su contenido de humedad provoca diarrea en el ganado, por lo que no se recomienda su uso como forraje. Por otra parte, existen los riesgos a la salud de los trabajadores encargados de la cosecha, debido a la permanencia prolongada de éstos en agua contaminada.

---

<sup>3</sup> Las macrófitas acuáticas (principalmente lirio y tule) ofrecen en sus hojas un medio adecuado para el desarrollo de mosquitos, además de que en sus raíces se hospedan caracoles, siendo tanto los unos como los otros vectores de enfermedades.

#### **VI.3.5.2.4 Implementación de Un Programa de Evaluación Ambiental del Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Santiago.**

El impacto producido por la presencia de una presa, aún de grandes dimensiones, estudiado individualmente puede no ser considerable a nivel de la cuenca completa. La presencia de varias presas en el mismo sistema hídrico, que además están en *cascada*, como es el caso de la cuenca media y baja del Río Santiago con las presas de El Zapotillo, Colimilla, Intermedia, Arcediano, Santa Rosa, La Yesca, El Cajón y Aguamilpa; puede generar efectos mayores significativos por impactos sinérgicos y acumulativos que no es posible cualificar ni cuantificar con la información disponible y generada para la evaluación de impacto ambiental de una sola de estas presas.

El efecto principal de la retención de sedimentos en embalses y la pérdida de agua por evaporación en la cuenca del Río Santiago desde cuerpos lénticos artificiales – por ejemplo – se podría manifestar en la zona costera con potenciales cambios en la formación de depósitos sedimentarios de los que depende el desarrollo de humedales costeros o cambios en la salinidad de cuerpos de agua.

Los procesos de cambio en la zona de descarga del Santiago y humedales litorales no son lineales – existen cambios en los regímenes de descarga estacional, control de inundaciones, cambios en el uso del suelo, modificación de carga sedimentaria, etc. – y no se cuenta con información antecedente que permita manejar las incertidumbres del sistema complejo y las tendencias reales del potencial efecto de la existencia de presas y aumento de demanda de agua cuenca arriba.

Para poder caracterizar los impactos acumulativos y sinérgicos a nivel de cuenca y poder establecer cuales su relevancia, significancia, compensabilidad, o mitigabilidad se requiere realizar una evaluación ambiental regional.

Por lo anterior es que se propone como medida de compensación que se realice un programa de investigación para evaluar el efecto ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago, el cual tendría como objetivo principal cuantificar los efectos que sobre la calidad del agua, biota acuática así como a la vegetación asociada al flujo del río, por el desarrollo del sistema de presa hidroeléctricas en el río Santiago.

Dada las características de las obras existentes en el río, este programa estaría desarrollado para retomar la experiencia de lo ocurrido en él para retroalimentar la planeación y diseño de futuros proyectos.

Este programa tendría un alcance físico desde el embalse del PH Santa Rosa hasta la desembocadura del río Santiago en el Océano Pacífico y tratará de evaluar los impactos que se ocasionan durante la construcción, el llenado del embalse, y la operación de las centrales hidroeléctricas.

También se incorporara en este programa una identificación y diagnóstico de riesgos para los embalses por la actividad minera desarrollada en el río Bolaños, y cualquier otra zona de la cuenca.



Los aspectos esenciales que se han determinado como relevantes y que se van a analizar son los siguientes:

- Modificación del régimen hidrológico
- Transporte de sedimentos
- Calidad de agua
- Productividad biológica
- Productividad pesquera
- Aprovechamiento turístico – recreativo
- Impacto en los procesos de captura de carbono y generación de GEI

Se propone realizar esta evaluación de acuerdo con metodologías con buen resultado en otras cuencas internacionales o interdistritales, considerando la prospectiva de cambios globales a largo plazo y enmarcada en los lineamientos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (*Millennium Ecosystems Assessment*)<sup>4</sup>

El tiempo de ejecución de este programa se estima que será de 30 a 36 meses y se propone que inicie 3 meses después de autorizado el proyecto.

#### **VI.3.5.2.4.1 Implementación de un programa específico de monitoreo y modelo de simulación entre la presa de Santa Rosa y el PH El Cajón.**

- Desarrollo e implementación de un programa de monitoreo y construcción cuantitativa de escenarios prospectivos de flujos de las presas en “cascada” y calidad de agua del sistema Santa Rosa- La Yesca - El Cajón-. El programa de monitoreo incluye a los embalses de la presa de Santa Rosa, del PH El Cajón y del PH La Yesca.<sup>5</sup> El monitoreo alimenta la calibración de un modelo de simulación volumétrico, de tiempos de retención y calidad del agua similar al aplicado en este estudio (ver Capítulo VIII, Simulación de la Eutrofización del embalse de La Yesca). Las decisiones de manejo de niveles en las distintas presas basadas en resultados del modelo incorporan prospectiva de los mejores escenarios ambientales bajo distintas tasas de precipitación y caudales aforados en puntos críticos.

<sup>4</sup> *Millennium Ecosystems Assessment: Strengthening capacity to manage ecosystems sustainably for human well being.* [www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org). Este reporte – en prensa en su versión en español – del cual José Sarukhán (UNAM/ CONABIO) fue presidente de la Junta Editora destaca que:

“La degradación de los servicios de los ecosistemas ya es un obstáculo importante para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) acordados por la comunidad internacional en septiembre de 2000, y las consecuencias perjudiciales de esa degradación podrían empeorar considerablemente en los próximos 50 años. El consumo de los servicios de los ecosistemas, que ya no es sostenible en muchos casos, continuará aumentando como consecuencia de un crecimiento probable del PIB mundial de entre tres y seis veces para 2050, a pesar de que se prevé que el crecimiento de la población mundial se hará más lento y se estabilizará a mediados de siglo. No es probable que la mayoría de los importantes generadores directos de cambio en los ecosistemas disminuyan en la primera mitad del siglo, y dos generadores – el cambio climático y la carga excesiva de nutrientes – serán aún más severos. Muchas de las regiones que hacen frente a los mayores retos para alcanzar los ODM ya coinciden con las que tienen problemas importantes de degradación de los ecosistemas. Los pobres rurales, que son el principal grupo meta de los ODM, tienden a ser los que más dependen de los servicios de los ecosistemas y los más vulnerables ante los cambios en esos servicios. De manera general, cualquier progreso que se alcance en la consecución de los ODM de erradicar la pobreza y el hambre y de mejorar la salud, y en el objetivo de la sostenibilidad ambiental, probablemente no será sostenible si la mayoría de los servicios de los ecosistemas de los que depende la humanidad continúan degradándose. Por el contrario, la gestión adecuada de los servicios de los ecosistemas brinda oportunidades para hacer frente exitosamente a las múltiples metas del desarrollo de manera sinérgica. No existe una solución simple a estos problemas, ya que provienen de la interacción de muchos retos reconocidos, entre los que se incluyen el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la degradación del suelo, siendo cada uno de ellos de difícil gestión. Las acciones emprendidas en el pasado para aminorar o revertir la degradación de los ecosistemas han generado importantes beneficios, pero esas mejoras por lo general no han mantenido el mismo ritmo que las crecientes presiones y demandas. No obstante, existe un enorme espacio para la acción, a partir de y añadiendo más a las instituciones, políticas e iniciativas ya existentes, que contribuirían a disminuir la severidad de esos problemas en las próximas décadas. De hecho, tres de los cuatro escenarios detallados que desarrolló la Evaluación sugieren que los cambios importantes en las políticas, instituciones y prácticas pueden mitigar algunas de las consecuencias negativas de las presiones crecientes sobre los ecosistemas, aunque no todas ellas.”

<sup>5</sup> con énfasis en el monitoreo de la calidad del agua durante el llenado de El Cajón y posteriormente el llenado de La Yesca.

- Para completar el estudio que alimente al modelo de estas variaciones y las relaciones con las condiciones de flujo y calidad en otros puntos de la cuenca, el monitoreo durante las fases de llenado y operación de El Cajón debería incluir estaciones de muestreo de calidad del agua en diversos puntos de los Ríos Santiago, Bolaños, La Manga (incluyendo el aforo contemporáneo de caudales); y en el embalse de Santa Rosa a diferentes profundidades.
- El objetivo de generar escenarios prospectivos para el embalse de La Yesca, requiere del monitoreo de distintos puntos a diferentes profundidades del embalse de El Cajón durante su llenado.
- Esta información deba maximizar la posibilidad de calibrar modelos predictivos para el manejo de volúmenes o flujos en cada punto de los embalses, estimar la evolución de la calidad del agua y representaría un insumo específico del Programa de Evaluación Ambiental del Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Santiago.

#### **VI.3.5.2.5.- Extensión del camino trunco desde la localidad de Sayulimita hasta el futuro embalse y a manantial El Guayabo.**

Unos de los efectos indirectos de la presencia del embalse proyectado es el cambio de régimen lótico, con gran variación de caudal diario, a un régimen léntico que favorecerá las actividades de transporte fluvial y de pesca. En el área de estudio, y en particular en la zona cercana al poblado de Sayulimita, el acceso al cauce actual del Río Santiago - y por lo tanto al embalse - es difícil por la elevada pendiente y topografía irregular. Los pobladores locales realizan el trayecto de descenso y ascenso a pie y en animales de carga desde el poblado de Sayulimita para abastecerse de agua desde la única fuente confiable de agua subterránea existente en la zona que son afloramientos existentes en la margen izquierda del Río Santiago, un manantial conocido como El Guayabo.

El embalse artificial generado por la presencia de la presa no afectará este manantial. Las mejores posibilidades de pesca y de transporte fluvial representan un impacto relevante y positivo para la población local.

La terminación y mejora de un camino existente que fue construido parcialmente por CFE para acceder hasta el futuro embalse en el área de Sayulimita impactaría positivamente, a la vez, en el abastecimiento de agua de la población local. De esta forma se tendría un impacto positivo indirecto del proyecto que haría instrumental el impacto benéfico relevante y directo de mejoras de transporte y pesca para la población con influencia de Sayulimita, además de mejorar el acceso a fuentes de agua para consumo humano.

En las condiciones actuales la única forma de llegar hasta el nivel que alcanzará la presa es caminando o en animal, pues existe sólo un camino en muy malas condiciones que llega hasta aproximadamente 1,5 km antes del manantial El Guayabo, y que podría continuarse no sólo hasta dicho manantial, sino hasta el nivel de operación del embalse.

Esta medida de mitigación tiene relación con la presencia de la presa, es decir, con la transformación del Río Santiago en embalse. Indirectamente la construcción de este camino además de proporcionar facilidad al acceso del lago -y los beneficios que esto conlleva como el transporte fluvial, mejorar la pesca y el tiempo de traslado de los peces desde el embalse hasta el poblado- también contribuye a la mejora en el acceso a agua de buena calidad que escasea en esta zona y que actualmente es de difícil acceso.

### **VI.3.5.3 PROYECTO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN VIVERO.**

Se propone una reforestación con especies de (papelillo rojo) *Bursera schlechtendalii*, (papelillo amarillo) *Bursera fagaroides*, (ceiba) *Ceiba aesculifolia* y (pochote) *Pseudobombax ellipticum*, (palo brasil) *Haematoxylon brasiletto*, (cacalósúchil) *Plumeria rubra*, (huevos de toro, panícuca) *Cochlospermum vitifolium*, (ciruelo) *Spondias purpurea*, (tronadora) *Tecoma stans*. (Ver Anexo 28 Descripción de las especies de reforestación propuestas).

#### **Vivero.**

El vivero tendrá como propósito fundamental la producción de plantas para abastecer las demandas de los programas de reforestación.

El vivero propuesto es de tipo temporal y muy probablemente se localizará en un área de difícil acceso, pero muy cercano a las zonas donde se realizará la plantación. Generalmente se ubican en claros del bosque, donde se produce por períodos cortos (de 2 a 4 años cuando mucho) e intermitentes, ya que la producción debe coincidir con la temporada de lluvias. La infraestructura para su funcionamiento debe ser la mínima necesaria para eliminar otros impactos y que requiera de poca inversión. Sin embargo su desventaja puede radicar en que su inaccesibilidad lo hace difícil de vigilar y por lo tanto la producción está más expuesta a daños por animales, vandalismo entre otros.

En los siguientes apartados se harán una serie de sugerencias que son importantes para la elección del sitio de establecimiento, los requerimientos toman en cuenta tanto aspectos técnicos, como aquellos relacionados con características ambientales (bióticas y abióticas) y sociales.

#### **Criterios para el establecimiento.**

Se reconoce que la mala elección del sitio donde se establece el vivero repercute en una baja calidad de la producción de plántulas, lo cual finalmente se reflejará en una alta mortalidad en la plantación. Por ello, es fundamental la selección del sitio donde se establecerá el vivero. Aunque las condiciones del sitio son más determinantes cuando la producción se obtiene a raíz desnuda (por camas de crecimiento), también es importante considerar varios de los factores que a continuación se mencionan, cuando la propagación se hace por medio de envases (bolsas o tubos de polietileno). A continuación se presentan una serie de aspectos técnicos que se deben considerar.

### **Ubicación.**

Debe de estar asentado en zonas que dispongan de acceso, pues esto facilita en gran medida no sólo los trabajos que en él se desempeñan, sino que favorecen y agilizan el transporte de las plantas a los lugares de plantación.

### **Forma del terreno.**

El terreno del vivero no debe ser necesariamente cuadrado sino de preferencia rectangular. Si tiene pendiente, es recomendable que la parte más larga sea transversal a la dirección de la pendiente.

### **Topografía.**

El terreno que se elija para el establecimiento debe tener una pendiente ligera (idealmente de 0,5%), que asegure un buen drenaje sin que cause erosión, aunque esta última característica está relacionada con otras peculiaridades del suelo como son su textura y profundidad.

Considerando estos aspectos, se recomienda un sitio con pendiente ligera, cuando la textura del suelo sea de tipo arenosa, en tanto que para un suelo de textura fina la pendiente deberá ser suave ( 2% a 3% ) . Esto se debe a que el incremento en la pendiente favorece la erosión de los suelos arenosos, pero mejora el drenaje superficial en los de textura fina ( suelos pesados ). Cuando se presenta el caso de un suelo profundo y arenoso pero con pendientes mayores al 10.5, el problema se resuelve nivelando el terreno ( aquí el suelo producto de los cortes puede usarse para cubrir las hondonadas ) hasta obtener el patrón de pendiente deseado. No se recomienda esta práctica para suelos con textura fina, especialmente para aquellos que presentan distintas en sus horizontes.

### **Textura del suelo.**

De las características texturales del suelo, se derivan algunos problemas particulares de manejo en el vivero. Por ejemplo, cuando se realiza cultivo de plantas a raíz desnuda, suelos de textura gruesa ( arenosos y migajón-arenoso ), se trabajan rápidamente, facilitan la extracción de plántulas, además de promover el crecimiento vegetativo ( debido a su rápido calentamiento). En cambio los de textura fina, por tener una baja permeabilidad requieren mayor empleo de tiempo antes de su cultivo, aunado a que una vez secos, es común la formación de costras y rajaduras que pueden ocasionar daños físicos en las plántulas al momento de extraerse . En caso de usar envases de crecimiento se pueden presentar los mismos problemas si son llenados con un suelo de estas características.

Por esto se sugiere que el establecimiento de viveros sean en sitios con suelos de textura arenosa a migajón-arenosa ( siendo esta última la más deseable), con un máximo de 15% de arcilla o 15% de limo, profundidad de suelo al menos de 120 cm sin diferencias texturales entre los dos primeros horizontes del suelo . En caso de utilizar envases de crecimiento la tierra con que se llene debe presentar las características texturales señaladas.

### **Drenaje.**

Un drenaje deficiente del terreno provoca encharcamiento que dificultan las labores y entorpecen la aireación del sitio donde crecerán las plantas, lo cual repercute en su establecimiento y desarrollo. Como ya se mencionó, el drenaje se encuentra en función de la textura y profundidad de suelo. Así tenemos que en los suelos de textura gruesa o media el drenaje varía de excesivo a muy bueno, en los de textura fina de muy bueno a malo o inconsistente. No obstante, en ocasiones el drenaje se ve afectado no sólo por la textura sino también, por la presencia de capas endurecidas en los primeros 75 cm de profundidad.

Aunque este problema se puede mejorar mediante subsoleos y establecimientos de cultivo protectores de sistema radical profundo, los costos se incrementan.

Por ello, para tener un drenaje eficiente que permita el contenido adecuado de humedad en el suelo se requiere de una profundidad del suelo de por lo menos 1,5 m. Un drenaje deficiente en los envases de crecimiento provoca los mismos efectos.

### **Abastecimiento de agua y calidad de agua de riego.**

Uno de los aspectos fundamentales que debe considerarse al planear el establecimiento es la disponibilidad de agua. Obviamente la cantidad requerida está en relación con el tamaño del vivero y el de la producción. Independientemente del tipo de cultivo que se emplee para producir las plántulas (raíz desnuda o envases), es evidente que los viveros necesitan un suministro de agua abundante y constante, ya que las plantas que se producen se encuentran en pleno desarrollo y un inadecuado abastecimiento puede provocar la muerte por marchitamiento o bien daños a las plántulas de los que difícilmente se recuperan. Es entonces sugerible que el asentamiento del vivero se haga en lugares que tengan fuentes de agua accesibles.

El agua se puede obtener de manantiales, ríos estanques o una combinación de éstos; asimismo es recomendable contar con fuentes de agua accesorias como pueden ser tanques o pozos al interior del vivero. Independientemente de obtener la cantidad de agua de riego necesaria, también debe de ser de buena calidad, pero lo que es importante determinar su calidad antes de establecer el vivero.

Como las características del agua de riego dependen de la fuente de origen, esto provoca que la concentración de sodio, calcio y magnesio varíen con respecto a su origen. Cuando el agua contiene como elementos principales al calcio y magnesio (agua dura) ayuda a crear en el suelo una buena estructura. En cambio, el agua que tiene gran cantidad de sodio y bajos contenidos de calcio y magnesio, provoca que la arcilla y la materia orgánica del suelo absorban rápidamente al sodio, lo que ocasiona una alta dispersión de éstos y por lo tanto promueve una estructura del suelo indeseable, ya que el suelo disperso se asienta debajo de la superficie formando una capa ( de 10 a 20 cm de grosor ) que puede impedir el paso de las raíces o del agua. También se ha encontrado que altos contenidos de sodio en el agua de riego causan quemaduras en las hojas de algunas especies al ser absorbido por las plantas .

Otro aspecto que debe considerarse en la calidad de agua es la cantidad de sólidos en suspensión. Si el contenido de éstos es alto, puede provocar un aumento en los costos de mantenimiento del sistema de riego, pues la presencia en el agua de sedimentos, algas, semillas, etc. puede obstruirlo. Por otra parte, esta situación también incrementa los costos del manejo del suelo ya que el uso de agua con elevados contenidos de limo o coloides puede promover la compactación superficial del suelo reduciendo su permeabilidad al agua y la aireación. De manera general se puede decir que el agua de riego tiene calidad aceptable cuando contiene menos de 200 ppm (partes por millón) de sólidos en suspensión, lo que equivale a una conductividad eléctrica de aproximadamente 330 microhoms/cm a 25°C, cuando el valor de la tasa de absorción de sodio es menor de 10 y el contenido de boro es menor a 0,5 ppm. Por todo esto es necesario hacer análisis químicos del agua de riego que permitan conocer las siguientes características: concentración total de sales de solubles; contenido de sodio con relación al calcio más magnesio; contenido de carbonatos y bicarbonatos; presencia de boro (Bo) u otros elementos químicos en cantidades tóxicas y el contenido total de sólidos en suspensión.

### ***Clima.***

Es muy importante conocer qué tipo de plantas se encuentran adaptadas a las condiciones climatológicas que rijan la zona. Asimismo, es necesario contar con los registros climáticos que indiquen las épocas de riesgo, como son, sequías y cantidad y distribución del período de lluvias. Estos pueden ser complementados (o bien en caso de no contar sustituidos) con la información climática que los habitantes de la zona tradicionalmente manejan. Con base en estos datos se puede hacer una planeación del momento adecuado para llevar a cabo las labores del vivero (siembra, trasplantes, podas fumigaciones, etcétera).

### ***Tipo de suelo.***

Para la propagación de la planta en vivero, ya sea a través de camas de crecimiento (raíz desnuda), almácigos y/o envases individuales, es importante tomar en cuenta algunas características químicas del suelo como son de acidez o alcalinidad (pH) y su fertilidad.

El pH del suelo y su fertilidad varían considerablemente dependiendo de su origen (roca madre que le dio origen) y uso al que ha sido sometido (agrícola, forestal, etc.) Asimismo, las características del pH se encuentran muy relacionadas con el contenido de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las plantas, por esto, el rango de pH más recomendable es de neutro (pH=7) a ligeramente ácido (pH = 6,5) o ligeramente alcalino (pH = 7,5). Así una vez que se elija el terreno donde se establecerá el vivero o la mezcla de suelo con que los envases serán llenados, se tiene que realizar un examen completo y cuidadoso del perfil de suelo (del terreno del vivero o sitio de donde se obtendrá la tierra) para que las muestras de éste se sometan a los análisis físico-químicos de rutina en un laboratorio especializado (porcentaje de materia orgánica, textura, pH, sodio, potasio, calcio y magnesio, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases y textura).

### ***Mano de obra.***

Debe considerar la disponibilidad de mano de obra con que cuenta la zona donde se pretende establecer el vivero. De no hacerlo se corre el riesgo de retraso o malogro de la producción del vivero. Por ello, es de gran ayuda contar con un calendario de actividades detalladas, que permita cuantificar las necesidades de mano de obra en el tiempo y cotejarlo con la disponibilidad de ésta en el área de trabajo. Mujeres y hombres son igualmente capaces de desempeñar las labores, pero las primeras son más cuidadosas para realizar la siembra de semillas, trasplantes, deshierbes llenados de envases. Además, la demanda de empleo de esta instalación puede encaminarse a brindar trabajo a grupos vulnerables.

### ***Construcción del vivero.***

Básicamente el vivero debe contar con las siguientes instalaciones: semilleros, áreas de envasado, platabandas, lotes de crecimiento, bodega y equipo de riego.

### ***Acondicionamiento y limpieza del terreno.***

Antes de llevar a cabo cualquier construcción o actividad en el terreno, es necesaria la remoción total de piedras y cubierta vegetal (herbácea y arbustiva), los árboles deben quedar de pie para dar sombra y para amortiguar impactos indeseables. Bajo lo posible el desmonte debe hacerse manualmente o con la ayuda de yuntas. La limpieza del terreno es una actividad muy importante ya que facilita las labores en el vivero, evita la competencia de la vegetación original del terreno con las plantas que se producen y facilita el control de insectos (hormigas, grillos, etcétera). Quedará prohibida la aplicación de herbicidas y la quema de biomasa por lo que ésta se empleará para formular compostas.

### ***Plagas y enfermedades.***

Antes de iniciar la producción de plántulas en el vivero, es necesario identificar las malezas, nemátodos, hongos, parásitos e insectos presentes en el área, con el propósito de elegir el método de control físico / mecánico y recomendado para el ambiente que se pretende establecer el vivero en terrenos que con anterioridad se dedicaron a la agricultura. Esto es debido a que siempre se encuentran asociados a los cultivos agrícolas semillas de malezas, nemátodos, hongos e insectos que puedan atacar a las plántulas enfermándolas y/o provocando su muerte, lo cual finalmente incrementa los costos de producción y disminuye su calidad. Por ello, el conocimiento del uso previo al que se sometió el suelo y su condición actual, son dos factores importantes de considerar al establecer el vivero, estos indicarán las necesidades de preparación del terreno para la siembra, sobre todo si la producción se obtendrá a través de camas de crecimiento. Este criterio no debe ser desechado cuando se prepare el medio de germinación y crecimiento para el caso de siembra en semilleros y envases de crecimiento.

Como una medida de prevención es recomendable conocer el uso al que fue sometido el terreno durante los últimos 5 años y la presencia de plagas o enfermedades. Cuando de manera inevitable se requiera una fumigación del

sustrato antes de sembrar, con la finalidad de eliminar la mayoría de los hongos patógenos y malas hierbas presentes en el sitio. Solo se aceptara el uso de plaguicidas autorizados por el CICLOPLAFEST.

Evidentemente los problemas que se presentan en la preparación del medio del crecimiento dependen del uso previo que ha recibido el suelo. Por ejemplo, en suelos agrícolas los problemas por malas hierbas implican recurrentemente el uso de herbicidas y labores manuales de deshierbe, aparte de plagas y enfermedades asociadas a los cultivos. En el caso de suelos forestales, la limpieza, remoción de piedras y nivelación del terreno son muy costosas y requieren de mucho tiempo, sin embargo en contraparte, es claro que cuando el vivero se establece dentro de sitios sin perturbación humana hay menor incidencia de enfermedades y malas hierbas. Asimismo, la infección de las plántulas por micorrizas o bacteriorrizas se puede dar de forma natural y segura, dado que estos microorganismos a menudo son endémicos del suelo del.

Una vez limpio el terreno se inicia su nivelación. El movimiento de tierra puede ser en forma manual o mecánica, aunque es preferible hacerlo de modo manual. Cuando en la nivelación del terreno sea indispensable el uso de maquinaria pesada, ésta se realizará cuando el suelo esté seco con el fin de evitar problemas de compactación. Como ya se dijo, la pendiente del terreno está estrechamente relacionada con las características texturales y de drenaje del suelo ( ver pendiente, textura y drenaje del terreno ).

#### **Cercado de terreno.**

El objetivo de cercar la zona que compete al vivero es fundamental el proteger a las plantas tanto de animales que pueden dañarlas, como de las corrientes fuertes de aire ( no necesariamente cualquier tipo de cerca cubre esto último).

El tipo de cerca que puede ser utilizada está en función del presupuesto y el material disponible en la zona de asentamiento. Con base en esto se sugiere los siguientes tipos de cerca.

#### **Enramadas.**

Se programa autorizar biomasa de los desmontes originados por el proyecto evitando cortes y podas de vegetación viva. La ventaja de ser económica en un corto plazo, aunque vista a futuro resulta de poca durabilidad y seguridad. Además como el material requiere ser constantemente renovado, lo que puede causar problemas.

#### **Cerca viva de especies con crecimiento arbustivo.**

El desmonte de terrenos para el inicio de las obras será una fuente importante de material vegetativo, ideal para la formación de cercos vivos, por lo que se debe hacer una selección previa de material.

Probablemente, estas cercas en un inicio resulten ser algo costosas en términos de inversión, tiempo y esfuerzo; sin embargo, a futuro son las idóneas, ya que su funcionamiento y seguridad será permanente. Por otra parte su mantenimiento



sólo requerirá, ocasionalmente, el desrame sin ningún otro tipo de inversión. Es conveniente que este tipo de cercas acompañe a aquellas que no son de duración permanente, pues al desarrollarse las primeras, poco a poco irán sustituyendo a las cercas que necesitan ser constantemente renovadas.

### **Cortinas rompevientos.**

Este tipo de barreras se establece sembrando dos hileras de árboles plantados por el sistema de tresbolillo, utilizando especies de hojas perennes.

### **Alambradas.**

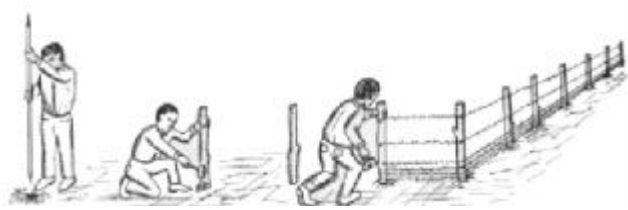
Las cercas de este tipo se construyen rodeando el terreno con alambre de púas por postes. Estos son enterrados en la periferia del terreno ( mínimo 30 cm de profundidad ) manteniendo constante la distancia elegida para ellos. Estos al ser enterrados deben quedar suficientemente firmes y cercanos (mínimo 1m máximo 3 m) para que resista la tensión que será ejercida sobre ellos al instalar y tensar el alambre de púas.

Los postes que se utilizan para este tipo de cerca pueden ser de diferentes materiales, tanto biológicos como no biológicos.

Los postes de material biológico se obtienen cortando ramas gruesas de árboles ( 10 a 15 cm de diámetro ) que se encuentran mediante la aplicación de chapopote en la parte que va ser enterrada. Para esta actividad se requiere que los postes aplanados de la base y descortezados en la parte que va a ser enterrada, se dejen secar alrededor de una semana al sol y posteriormente se les aplica el chapopote (derretido al fuego con petróleo) con una brocha dejándolos secar antes de ser enterrados.

Los árboles que se utilicen para formar la cerca deben ser de constitución dura y que almacenen poco agua, ya que de lo contrario los postes se pudren fácilmente, obligando a una sustitución más constante. Además este continuo requerimiento de postes puede causar un desequilibrio en la vegetación de la zona.

Se recomienda utilizar postes de especies de árboles que se propaguen por estaca. Este tipo de cercas presentan muchas ventajas, ya que se están produciendo propiamente árboles vivos, quedará una cerca permanente sin necesidad de una inversión económica a futuro. Una vez que los postes fueron colocados se inicia el tendido del alambre de púas, el cual se fijará en cada poste con grapas, restirándolo lo más posible. El número de hilos de alambre que se recomienda es mínimo de 7. Para evitar la entrada de animales pequeños al terreno, se sugiere que en los primeros 50 cm ( del piso hacia arriba ) la distancia entre cada hilo de alambre sea de 10 cm por arriba de los 50 cm, la distancia entre hilos se determinará de acuerdo a las necesidades ( figura 5 ).



**Figura 5. Cercado de terreno: construcción de alambradas.**

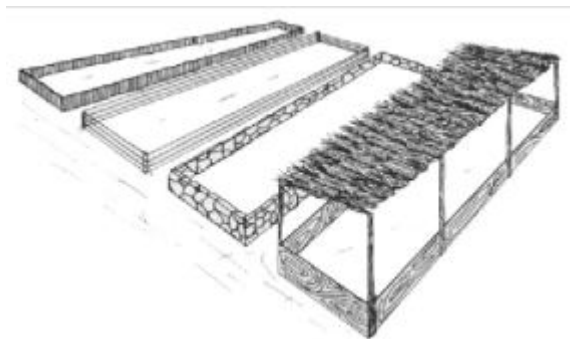
Las cercas no biológicas pueden utilizar postes de tubo galvanizado o concreto para sostener el alambre de púas o la malla ciclónica. Aunque muy durable, su desventaja radica en alto costo económico. Independientemente de los recursos económicos con que se cuente para el cercado, lo más recomendable es utilizar la combinación de cercas no biológicas con árboles o arbustos.

### **Construcción de platabandas.**

La función de las platabandas es la de dar el sostén a los envases que contienen las plántulas, protección del exceso de agua de lluvias e insolación; pues en las primeras etapas de crecimiento las plantas son muy susceptibles de sufrir daños por estos agentes. Asimismo, para proteger a las plantas de los vientos es recomendable que tanto las platabandas como los semilleros se ubiquen en el sentido de los mismos.

Para su construcción se requiere de horcones o postes, largueros, travesaños, estacas, alambre recocado, guarniciones de cemento, ladrillos y algún tipo de material que pueda formar un techo que asegure una sombra homogénea, por ejemplo carrizo, hojas de plátano, ramas de árboles etcétera. Esto dependerá del material que se encuentre disponible en la zona (figura 6).

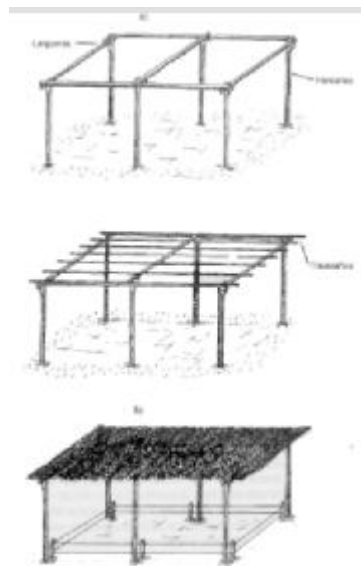
El sombreado y dimensiones de estas estructuras varía dependiendo del tamaño del terreno, el tipo y número de plantas que se desea producir, sus requerimientos de luz y tiempo de estancia en el vivero; además, de la comodidad requerida para llevar a cabo labores eficientes. Los rangos sugeribles para las platabandas son: 12 a 15 m de largo; 1 a 1,20 m de ancho; y altura de 1,20 m a 1,80 m. según convenga.



**Figura 6. Materiales usados en las platabandas.**

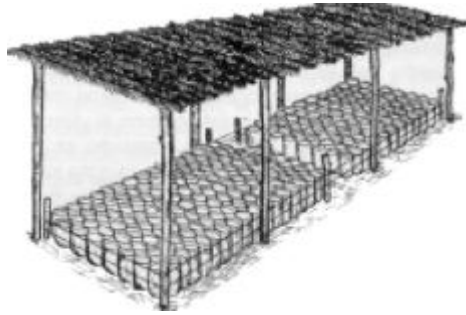
Los horcones, largueros, travesaños y estacas se obtienen de ramas de árboles de la región. Se sugiere poner chapopote en la base de los horcones antes de ser enterrados para aumentar su durabilidad, o bien utilizar horcones de especies que se reproduzcan por estaca, ya que estas podrán funcionar permanentemente requiriendo sólo dirigir su crecimiento. Los largueros y travesaños son ramas ligeras y delgadas de árboles que se colocan sobre los horcones y se amarran con alambre recocado para mantenerlos fijos. Una vez que se han fijado estas estructuras se coloca la sombra, de tal manera que se forme un techo uniforme. El sombreado posteriormente es fijado poniendo sobre él travesaños que se fijan a los largueros y horcones con alambre recocado (figura 7 ).

Con el objeto de contener las bolsas donde crecerán las plántulas al interior de la platabanda, se coloca un hilo de alambre recocado en todo el perímetro a una altura de 10cm. ( o más dependiendo de la altura del envase). Este alambre es sostenido por pequeñas estacas que van enterradas en el piso. Se recomienda que las estacas con el alambre se coloquen por lo menos 10 cm hacia dentro del perímetro de la platabanda, con la finalidad de asegurar la sombra a las plantas ( figura 6 y 7 )



**Figura 7. Proceso de la construcción de platabandas a) estructura  
b) sombra y barreras de contención para los envases.**

Es importante dejar pasillos entre las platabandas 1 m para facilitar y asegurar un riego homogéneo, además cada 5 ó 6 platabandas de deben dejar espacios de 4 ó 5 m para facilitar la entrada de vehículos que transporten las plantas (figura 8) .



**Figura 8. Plantabandas con envases.**

Si se cuenta con capital suficiente las plantabandas pueden ser construidas con materiales que tengan mayor duración. Por ejemplo, los horcones pueden ser sustituidos por tubo, los largueros y travesaños por varilla los contenedores de los envases por guarniciones de cemento de 8 cm de ancho por 10 cm alto, ladrillos enterrados verticalmente o madera de desecho y finalmente la sombra por pliego de polietileno (plástico) o malla de polietileno.

De todas las recomendaciones hechas, la última es la de mayor importancia, ya que la duración de la sombra vegetal es muy corta y necesariamente su sustitución debe hacerse constantemente; además produce mucha basura que cae sobre las plántulas, pudiendo afectar su desarrollo. Estas desventajas incrementan fuertemente los costos en términos energéticos, económicos y ecológicos, siendo más recomendable la malla de polietileno, cuya duración es mayor, además de presentar una mayor facilidad en su manejo.

Si las plantabandas van a ser de material biológico es recomendable que se construyan conforme se necesitan, esto evita desperdicio de material.

### **Tipos de riego.**

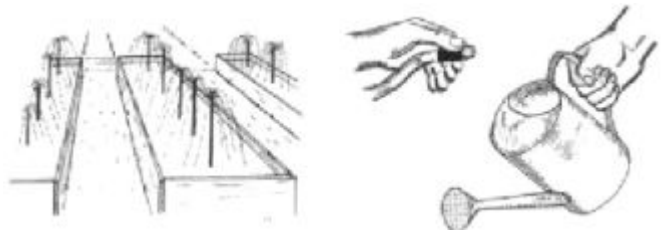
Una vez decidida la ubicación de las camas de crecimiento, semilleros (almácigos) y plantabandas, los sistemas de riego y caminos deben ser diseñados e instalados. En las prácticas para el cultivo de plantas en vivero el método más común es el riego por aspersión (puede ser fijo o móvil) o bien con mangueras y chiflón (móvil). Ambos pueden satisfacer adecuadamente las necesidades de agua por las plantas.

En el riego por aspersión es necesario poner especial atención en la longitud que debe tener (dependerá del tamaño y distancia de camas de crecimiento, almácigo plantabandas, etcétera), diámetro de la boquilla de la manguera, presión del aspersor, espaciamiento entre líneas de riego y posición y distancia entre aspersores; ya que estos elementos son los que permiten uniformizar la distribución del agua en el vivero.

Una vez que el sistema de riego fué instalado es necesario antes de hacerlo funcionar, asegurar que el tamaño de la gota sea adecuado. Esto se logra a través de la calibración de la boquilla a de la manguera y la presión del aspersor (en caso de usar chiflón también se puede regular) De no realizar esta operación se puede dañar las condiciones superficiales del suelo, lo cual puede afectar negativamente el proceso de germinación de las semillas. Para evitar estos

problemas se recomienda que en la etapa de germinación se use una boquilla con un diámetro menor al normal, que permita reducir el efecto de goteo.

En caso de no contar con ningún equipo o infraestructura de riego, éste se puede efectuar por medio de regaderas de cebolla manuales, cuidando que el agua no lleve sedimentos y que la caída de agua de la regadera sobre las plántulas no sea muy fuerte; además, se debe asegurar que la distribución del agua sea abundante y pareja para todas las plantas ( figura 9 )



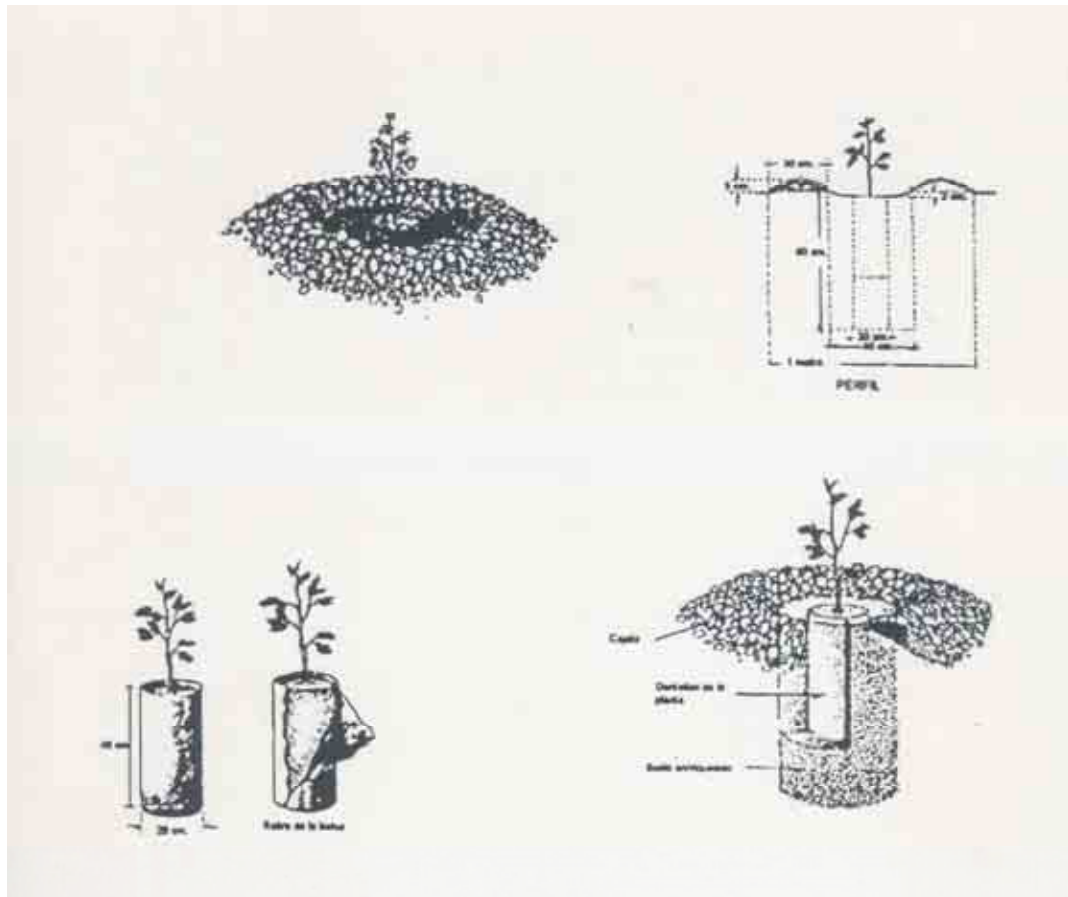
**Figura 9. Tipos de riego.**

### **Fertilización.**

Se recomienda incorporar a la cama de siembra y a las cepas abono orgánico (producto de la lombricultura o composteo). Además se debe utilizar parte del material de despalle que se retiró antes de la remoción del suelo, cuando menos tendrá que quedar una capa de suelo de 20 cm.

### **Reforestación.**

Para la plantación de las especies obtenidas en el vivero se realizará en el sitio donde se colocará la planta un hueco de 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho el cual se denomina cepa, a la cual se le colocará en el fondo 10 cm de abonos orgánicos para facilitar y favorecer el desarrollo de la planta, se colocará la planta a la cual previamente se le ha retirado la bolsa que lo contenía, colocando el individuo al centro de la cepa procurando que el tallo quede poco hundido, se colocará la tierra producto de la excavación de la cepa compactando ésta ligeramente ( apisonándola ), por último se realizará un borde alrededor denominado cajete. ( ver diseño grafico figura 10)



**Figura 10. Diseño y tratamiento de la cepa.**

### **Bodega.**

Es importante contar con un almacén que permita guardar los insumos y herramienta necesarios para realizar las actividades del vivero. Asimismo, se deben considerar las posibilidades de almacenamiento de las semillas que van a ser usadas para obtener la producción de plántulas. Es claro que las necesidades que esto demanda implica no sólo un lugar para guardar fertilizantes, herramientas, bolsas, etcétera; sino también una infraestructura que permita la operatividad en el almacenamiento y reservación de la longevidad de las semillas. Por ello la bodega debe ser una construcción fresca, con buena orientación y principalmente sin problemas de humedad. Además, en su construcción no se debe olvidar que las semillas que se almacenen tienen que estar separadas de los materiales, por lo que debe haber compartimientos que permitan su aislamiento. Por otra parte, su ubicación al interior del terreno debe ser accesible de tal forma que se realice en forma eficiente el transporte de materiales y herramientas al lugar de trabajo.

Será necesario para la construcción del vivero, bodega y depósito de agua una superficie de 160 m<sup>2</sup> para reproducir las plantas. Se recomienda que el sitio donde se construya esta obra sea pensada en su posible ampliación ya que de continuar con el proyecto de construcción de la Presa Hidroeléctrica se requerirá de una producción mayor de individuos tanto en número como especies.

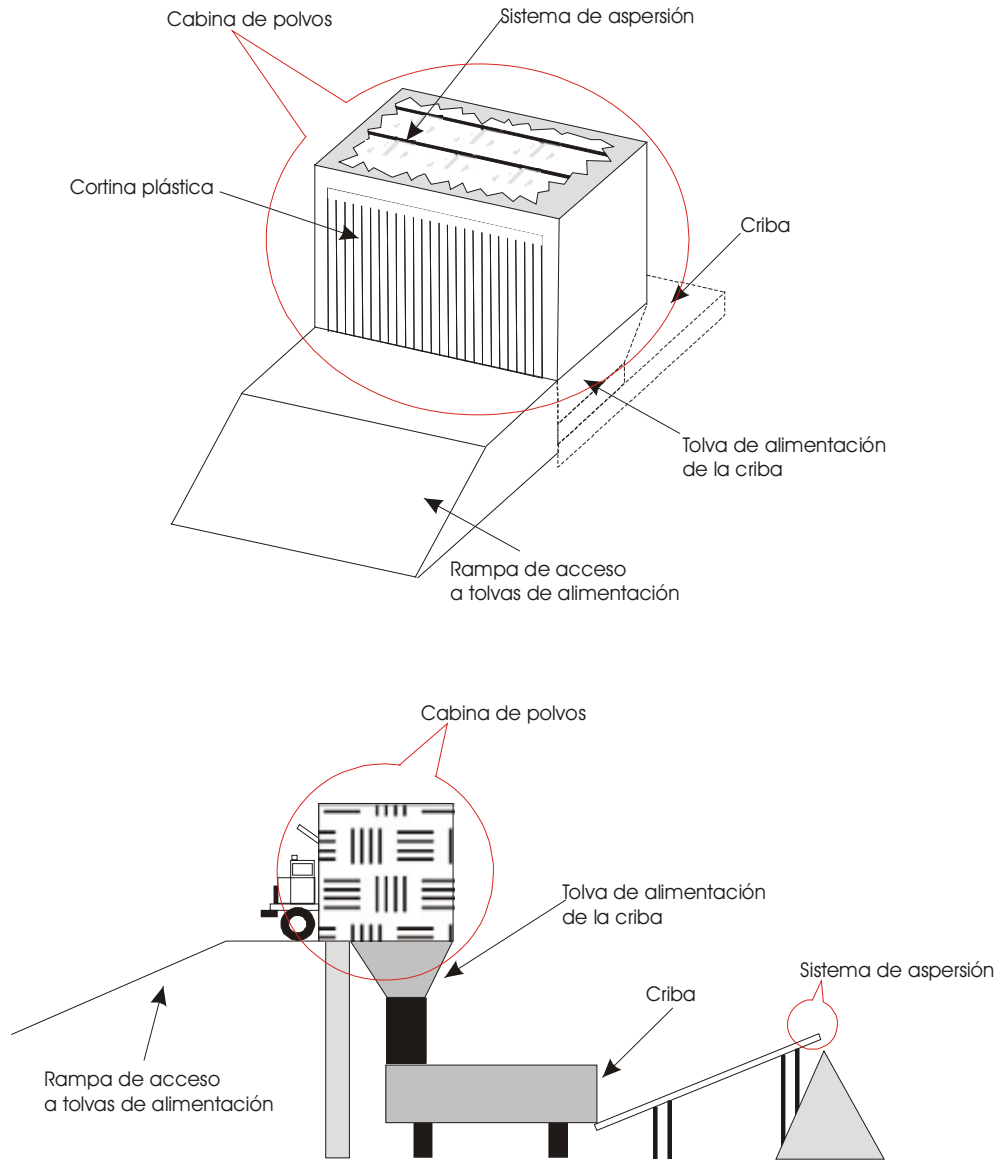
Por otra parte en el caso de ser posible la obtención de individuos de las especies mencionadas en viveros comerciales o propiedad de organizaciones oficiales como CONAFOR, SEMARNAT, SEMADES, INADES, SAGARPA, entre otras, éstas podrán ser adquiridas para darles crecimiento vegetativo o para plantación directa, siempre y cuando presenten buenas condiciones fitosanitarias y que se garantice técnicamente la supervivencia de los individuos en campo.

#### **Bodega de desechos peligrosos (Agroquímicos).**

El uso inevitable de agroquímicos autorizados generará desechos peligrosos, dichos materiales necesitarán de un pequeño almacén para su resguardo temporal. Posteriormente estarán disponibles para un correcto destino final, por lo que se podrá contratar servicio de empresas especializadas para su manejo.

#### **VI.3.5.4 Proyecto para el establecimiento cabinas de polvos.**

La generación de polvos en los proyectos donde se realizará el movimiento de tierras se convierte en uno de los impactos mas notorios al generar emisiones a la atmósfera principalmente en los sitios donde los materiales geológicos son triturados o cribados, siendo el área donde mayor polvo se dispersa, las tolvas de alimentación y la salida de los transportadores. Por lo que como medida de mitigación se propone la colocación de una cabina de polvos sobre las tolvas de alimentación de acuerdo al siguiente diseño.



**Figura 11. Diseño de cabina de polvos.**

### **VI.3.5.5 PROYECTO DE OBRAS PARA CAMINOS.**

#### **Especificación de vado de mampostería y concreto.**

Características y condiciones generales:

El trabajo consiste en la construcción de un vado de mampostería y dentellón en ambos lados paralelos al camino. Existen dos tipos de vados: el de concreto para caminos primarios y el de mampostería para caminos secundarios, con el fin de encausar los escurrimientos pluviales, detener la erosión y evitar daños al camino con el tránsito de vehículos.



### Procedimiento.

Excavación del área de trabajo con un trascabo o retroexcavadora pequeña; para la construcción del vado de concreto la profundidad es 30 cm aproximadamente; si es de mampostería la profundidad será de 35 cm En las partes laterales paralelas al camino y al borde del vado, se realizara un excavación en forma lineal de 25 cm de ancho y de profundidad de 30 cm con la finalidad de colocar el dentellón de concreto (una trabe de dimensiones 25 de ancho y 50 de altura), donde queda integrado al vado.

Al terminar la excavación se proceder al afine del terreno, dándose una compactación por medio manual o con maquinaria, colocando posteriormente una plantilla de 5 cm con concreto pobre  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ .

Se habilita la cimbra para los dentellones a base de ladrillo block jalcreto, asentada con mortero arena de río proporción 1:5, quedando esta perdida, así se procede a la colocación del armado del dentellon.

Para el vado de concreto se coloca una doble parrilla de varilla de 3/8" en cuadro, con separación de 20 cm, amarrada con alambre recocido, la parilla inferior se colcara a 5 cm de altura de la plantilla; y el acero superior tendrá un recubrimiento de 7 cm abajo del nivel terminado del vado. Para el vado de mampostería se colocar la piedra braza ahogada en un cama de concreto, el concreto debe de ser de resistencia de  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ , para ambos casos. El vado de concreto debe ser vibrado, con acabado escobillado tipo calle, el vado de mampostería deberá ser acabado a una cara en su superficie sin vibrado.

Es importante mencionar que los colados de concreto son en una pieza para evitar juntas frías, y así mismo recomendamos el uso de impermeabilizante integral al 1% del peso del cemento marca Sika, producto Sikalite o similar.

Análisis de precio unitario total de un vado de mampostería.

Construcción de vados de mampostería de 6,50 de largo por 8,00 m de ancho y con espesor de 30 cm asentado en concreto hidráulico de  $f'c=200 \text{ kg./cm}^2$ , incluye materiales, mano de obra, herramienta y equipo (Análisis por pieza). (Los precios totales por rubro / concepto se encuentran en el anexo 29).

Concepto	Importe Total
Vado de Mampostería	\$ 24,054.82
Costo por $\text{m}^2$	$24,054.82/(8*6.50)= \$ 462.59 \text{ m}^2$

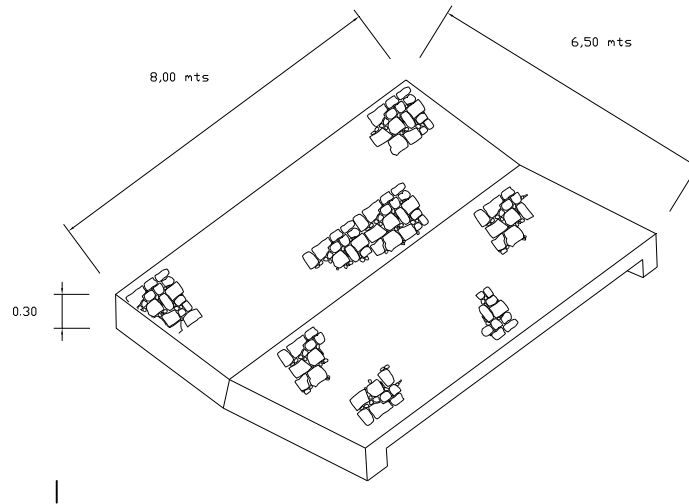


Figura 12. Plano tipo vado de mampostería

Análisis de precio unitario total de un vado de concreto para caminos primarios.

Construcción de vados de concreto de 6,50 de largo por 8,00 mt de ancho y con espesor de 30 cm, asentado en concreto hidráulico de  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ , incluye materiales, mano de obra, herramienta y equipo (Análisis por pieza). (Los precios totales por rubro / concepto se encuentran en el anexo 29).

Concepto	Importe Total
Vado de Concreto	\$ 33,470.34
Costo por $\text{m}^2$	$33,470.34 / (8 \times 6.50) = \$ 643,66 \text{ m}^2$

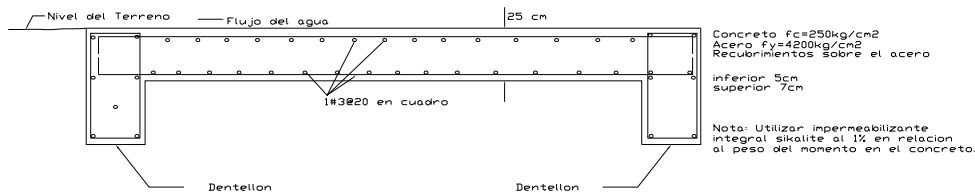


Figura 13. Plano tipo vado de concreto

### **Especificación de cuneta de concreto.**

Características y condiciones generales:

El trabajo consiste en la construcción de una cuneta de concreto simple de  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  con acabado escobillado y con espesor de 8,00 cm promedio y una sección transversal según el dibujo.

Procedimiento

Se realiza la excavación en forma manual de una profundidad de 30 cm por 1,60 de ancho para dar cabida al cuerpo de la cuneta.

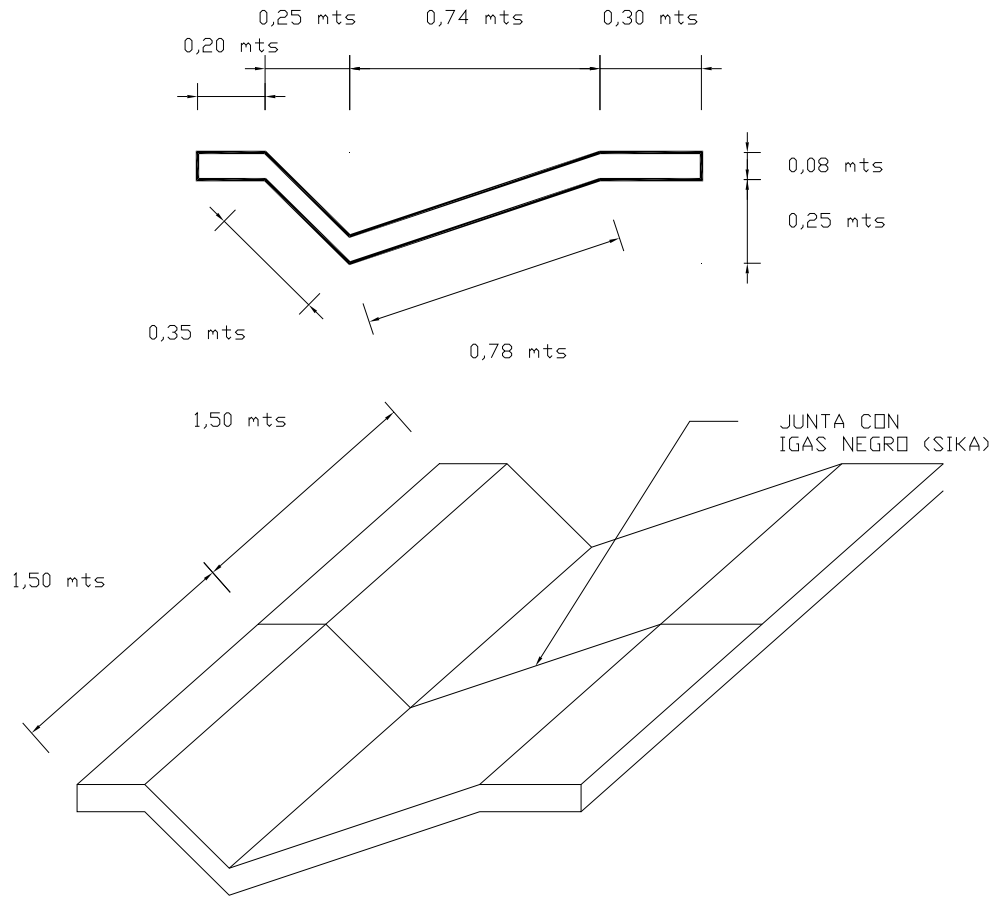
Al terminar la excavación se proceder al afine del terreno, dándose una compactación por medio manual o con maquinaria, colocando posteriormente una plantilla de 5 cm con concreto pobre  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  De acuerdo a al forma de la letra "V" para dar cabida a los escurrimientos pluviales.

Recolocan las cimbras laterales con duela de pino y se procede a colocar el concreto de pobre  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  el la misma forma "V" con un espesor de 8 cm. Promedio, con el acabado escobillado tipo calle, es importante mencionar que cada 1.50 ml de de colocar una junta de igas negro perpendicular al sentido del camino, como junta de dilatación del concreto.

Análisis de precio unitario total de una cuneta de concreto

Construcción de cuneta de concreto simple,  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ , incluye mano de obra, herramienta y equipo. (Los precios totales por rubro / concepto se encuentran en el anexo 29).

<b>Concepto</b>	<b>Importe Total</b>
Cuneta de Concreto	\$ 404.59



**Figura 14. Plano tipo cuneta de concreto.**

### **Especificación de elementos de una alcantarilla.**

Características y condiciones generales (cabezote de mampostería y colocación de tubo formet):

El trabajo consiste en la construcción de cabezotes de mampostería de piedra brazaunteada con mortero cemento arena de río proporción 1:5, el tipo de material por excavar para el desplante y construcción de los cabezotes será de acuerdo a sitio, las juntas entre las piedras serán de 1,50 cm, de espesor como máximo, durante la construcción se deberá comprobar la alineación y dimensiones de los cabezotes.

Procedimiento.

Consiste en el trazo y nivelación manual de área de trabajo, limpiando el área de trabajo. Se localiza la ubicación de los cabezotes de mampostería en la zona lateral del camino su área de desplantes 1,00x1,50 m y 30 cm de profundidad, se realiza la excavación del material.

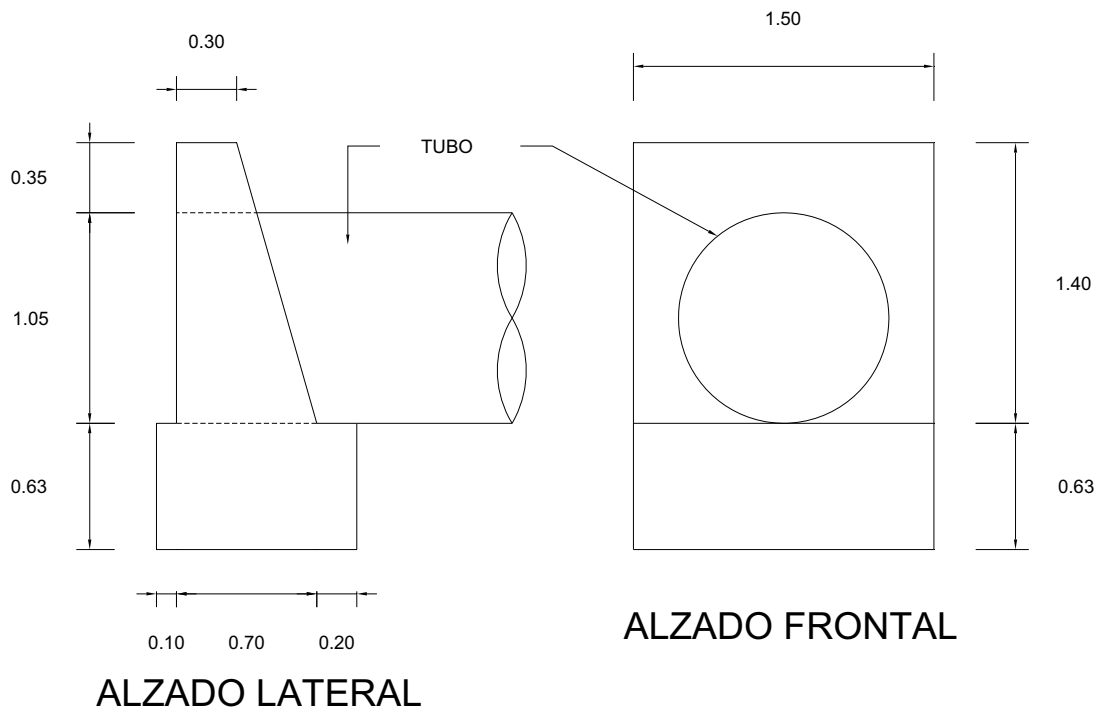
Al terminar la excavación se proceder al afine del terreno, dándose una compactación por medio manual o con maquinaria, colocando posteriormente una plantilla de 5 centímetros (cm) con concreto pobre  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  e procede a realizar la base de del cabezote con piedra braza asentada con mortero arena de río proporción 1:3, al llegar a los 63, cm de altura, que es el diseñado para el nivel de tubo, en la longitud del tubo que cruza el camino se coloca un cama de grava de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, con una altura de 30 cm como cama para recibir el tubo, se coloca el tubo formet de 1,05 m, para recibirlo con el muro de piedra, de 1,40 a 1,50 de altura, perpendicular al a la dirección del tubo, con la función de encofrar el tubo.

Para tapar el tubo se coloca el material de corte de terreno, se compacta el material en capas de 20 cm (se le conoce como apostillado de tubo), hasta llegar al nivel de camino.

Análisis de precio unitario total de una alcantarilla.

Construcción de cabezotes de mampostería de 3ª, con piedra braza y mortero cemento arena de río 1:5, incluye mano de obra, herramienta y equipo. (Los precios totales por rubro / concepto se encuentran en el anexo 29).

<b>Concepto</b>	<b>Importe Total</b>
Alcantarilla	\$ 17,545.91



**Figura 15. Plano tipo de una alcantarilla.**

### **Especificación de lavadero de mampostería.**

Características y condiciones generales:

El trabajo consiste en la construcción de un lavadero de mampostería, la mampostería será de piedra braza ahogada en concreto simple de  $f'c=150 \text{ kg./cm}^2$ , el lavadero será de 1,50 de ancho con alerones de 40x40 cm y 20 cm de espesor, deberá color en el nivel de la plantilla de desplante a intervalos de 30 y 40 cm, rocas que sobresalgan 10 cm, aproximadamente que se le conoce como acabado pico y bola.

Procedimiento.

El lavadero se construye junto con el cabezote de salida, con el fin de que sea una sola estructura y no existan juntas de construcción.

Se identifica el área del lavadero mediante un trazo manual para establecer los límites del área de trabajo, de dimensiones de 2,00 m de largo (forma perpendicular a la boca del cabezote), por 1,50 m de ancho, con una profundidad de 20,00 cm.

Se realiza la excavación del área establecida, con una profundidad de 20,00 cm; se compacta el terreno natural por medios manuales.

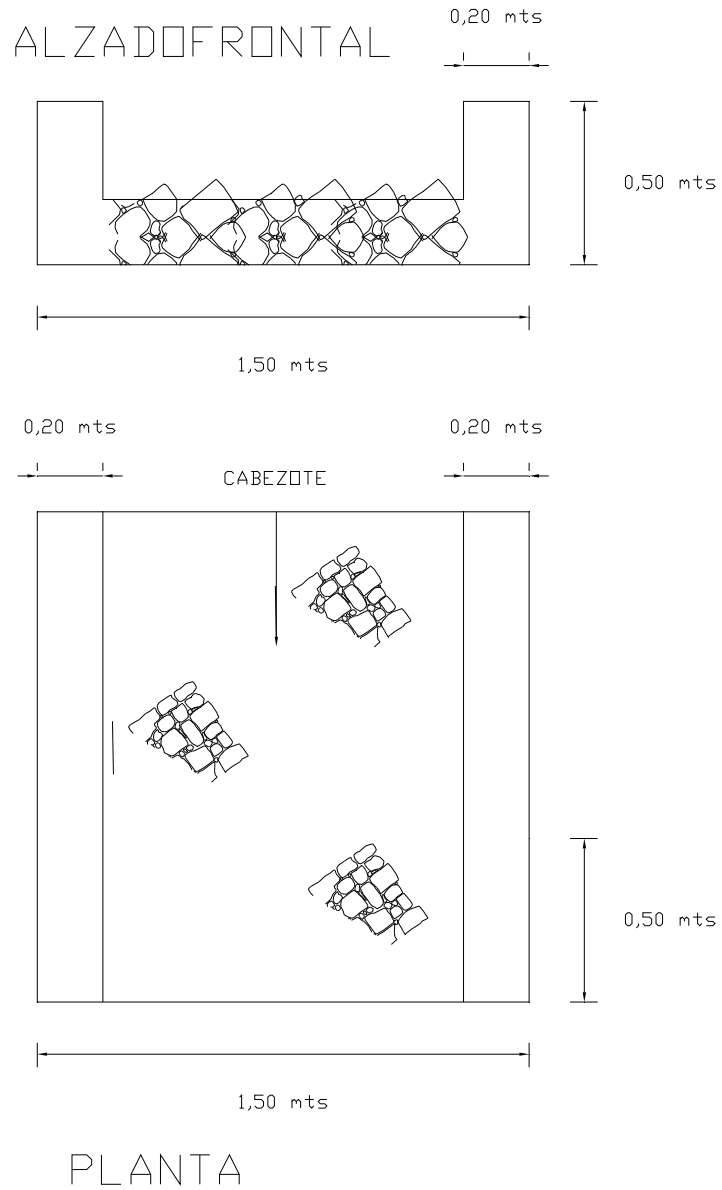
Se coloca la piedra braza dejando que piedras que aproximadamente 10,00 cm, de altura del nivel piso terminado en su parte superior, se vacía el concreto de  $f'c=200,00 \text{ kg/cm}^2$  (concreto ciclópeo), quedando una cara en limpio. (El nivel de piso terminado es el mismo de la salida del cabezote de mampostería).

Sobre esta base de lavadero en los laterales paralelo a la salida de se construyen muros de mampostería de piedra braza asentado con mortero arena de río proporción 1:3, con tres caras en limpio con dimensiones de 30 cm de altura del nivel de piso terminado y 20 cm de ancho, con la finalidad de encauzar los escurrimientos pluviales y evitar la erosión a la salida del cabezote.

Análisis de precio unitario total de un lavadero de mampostería.

Construcción de lavadero de mampostería de 3ª, acabado rustico a pico y bola con piedra braza, incluye mano de obra, herramienta y equipo. (Los precios totales por rubro / concepto se encuentran en el anexo 29).

<b>Concepto</b>	<b>Importe Total</b>
Lavadero de Mampostería	\$ 1,385.09
Costo por $\text{m}^2$	$1,385.09 / (2 * 1.50) = \$ 461.94$



**Figura 16. Plano tipo lavadero de mampostería.**



### **Impactos residuales.**

Los impactos residuales que permanecerán una vez aplicadas las medidas de mitigación son:

*Obras civiles en caminos* : Estas obras también se quedarán una vez sean concluidos los trabajos de exploración, pero serán de beneficio para los pobladores de la zona y directamente los propietario de los predios donde se ubiquen estas obras sobre los caminos.

*Vivero* : En el caso de que esta obra se realice también se dejarán las instalaciones en el terreno que sea seleccionado para este fin, beneficiando al propietario del terreno, o podrá ser retirado en el caso de que por solicitud del propietario así lo requiera.

*Material geológico producto de obras de restauración de caminos y área de embalse*: Este será uno de los principales impactos residuales ya que no es posible reincorporar el material en los sitios originales por tal motivo se deberá tener sumo cuidado con la selección de los sitios de disposición final para que estos no se conviertan en un estorbo al tránsito vehicular o queden en riesgo de generar un deslizamiento de este material afectando áreas con vegetación propia de la zona.

## **VI.4 MEDIDAS COMPLEMENTARIAS: ESPECIFICACIONES AMBIENTALES.**

### **1 ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE INFRAESTRUCTURA.**

#### **1.1 Delimitación del área de ordenamiento.**

La delimitación del área de ordenamiento se hace con base en el conocimiento del terreno. Para ello se establecen los alcances y requerimientos de la obra, y se revisan los requerimientos de infraestructura, en función del tipo de construcción, procesos constructivos, personal, servicios y gobierno.

De manera paralela se revisa la información documental acerca de los rasgos físicos, bióticos y socioeconómicos del sitio del proyecto, a fin de establecer un marco general de trabajo. Uno de los aspectos más importantes de dicha revisión, es el relativo a la topografía de la zona, ya que ésta puede ser el factor que limite o condicione el uso del suelo; para su análisis es recomendable el uso de fotografía aérea reciente y de planos topográficos en escala 1:5000 o menor.

Como resultado de la revisión documental, se establecerán, de manera preliminar, las limitantes de la zona tales como pendientes fuertes, fuentes de abastecimiento de agua, barreras naturales, áreas de vegetación natural conservadas, centros de población o ceremoniales, entre otros; o bien, identificar áreas potenciales de utilización para el ordenamiento. Toda esta información se revisará con el detalle que las fuentes de información lo permitan y serán verificadas posteriormente en campo.

Una vez concluida la revisión documental, se propone una localización preliminar de las áreas de ordenamiento, clasificadas éstas por grandes rubros, tales como polígono de estructuras principales, áreas industriales, campamentos y servicios, bancos de material, etc. Se estima que estas áreas abarcarán unas 60 ha y, en todo caso, deben quedar ubicadas dentro del llamado polígono de protección del PH La Yesca, el cual ya está definido y abarca 200 ha. De esta manera se pretende concentrar las actividades relacionadas con la construcción, así como las afectaciones derivadas de las mismas.

Posteriormente se realizan recorridos de campo a fin de verificar la información documental. Los recorridos se realizarán de manera exhaustiva, tratando de revisar con el mayor detalle posible los aspectos relativos a los rasgos biológicos, tipos de vegetación, estado de conservación, uso actual y potencial, vocación del suelo, registros de fauna, población asentada o cercana al área de ordenamiento, infraestructura, fuentes de abastecimiento de agua potable y/o servicios, de tal forma que éstos resulten menos dispersos.

#### **1.2 Estimación de tendencias de poblamiento temporal y definitiva.**

Se refiere a la determinación de la población que se asentará en el área de ordenamiento y a partir de la cual se realizarán las estimaciones de dotación de agua, generación de residuos, superficies necesarias para oficinas, campamentos, recreación, gobierno, etc. La estimación se realiza con apoyo en las áreas técnicas responsables de la elaboración y seguimiento de los

programas de trabajo y de utilización de personal. En función de ellos, se planeará, además de las superficies utilizables, el tiempo en que se deberá contar con determinada infraestructura para servir a la población esperada.

Con el área correspondiente de CFE se precisará la población, instalaciones y servicios que la operación de la central requiera, a fin de integrar este rubro como parte de la planeación.

### **1.3 Aptitud territorial.**

La aptitud territorial se define como la posibilidad que tiene un área de ser aprovechada para ubicar la infraestructura requerida para desarrollar el proyecto.

Entre los aspectos prioritarios que deben considerarse están la topografía y los otros factores restrictibles o permisibles.

*Topografía:* Se requiere establecer, del total de la superficie del ordenamiento, aquellas áreas que cuentan con aptitudes para la construcción del equipamiento. Se sugiere diferenciar rangos de pendientes de la siguiente manera: de 0 a 15%, las cuales se considera podrán soportar cualquier tipo de uso; el segundo rango, de 16 a 35% de pendiente, las cuales se considerarán como zonas con uso condicionado. Las superficies con pendientes superiores al 35 %, se considerarán como no aptas para su utilización, a menos que por condiciones del sitio en particular, no se disponga de áreas que caigan dentro de los dos primeros rangos.

Las superficies identificadas se cuantifican y señalan en la tipografía 1:5000 en que se trabaja el ordenamiento.

*Factores permisibles y restrictivos:* Se refiere a elementos que de acuerdo a criterios técnicos, ambientales, reglamentarios y de diseño, limiten el uso de ciertas áreas. Se consideran en este rubro las zonas federales, que serán básicamente las relativas al escurrimiento principal y sus afluentes, su determinación se realizará por el procedimiento que marca la Ley de Aguas Nacionales; su uso será exclusivamente para la extracción de materiales y construcción de cierta infraestructura de la obra, como trituradoras, almacén temporal de agregados y almacén temporal de desperdicios industriales. Área del embalse, se refiere a la superficie de inundación al nivel de aguas máximo extraordinario; su utilización será altamente restringida para ocupaciones de tipo permanente y estará condicionada para uso temporal, siempre y cuando no interfiera con los trabajos y estructuras del proyecto.

La parte utilizada deberá ser planeada de manera que se establezca el manejo y disposición final que tendrán los residuos que en ella se generen y los equipos y materiales que se empleen en la misma. Podrá tener un uso compatible con la extracción de materiales y aprovechamiento de los recursos.

#### **1.4 Definición de políticas territoriales.**

Una vez reconocido el sitio, determinado las condicionantes de uso y la vocación del suelo, se establecen las políticas territoriales, las cuales normarán los destinos que finalmente tengan las áreas seleccionadas dentro del área de ordenamiento, su forma de utilización y alcances de las mismas. Las políticas serán tantas como las características del sitio lo amerite; cada una deberá ser consensuada y prevista desde un enfoque multidisciplinario, que contenga las observaciones técnicas, ambientales, sociales y otras que se considere tenga relación con el desarrollo de la actividad.

Las políticas de protección, conservación, aprovechamiento y restauración, deben en todos los casos, ser consideradas, además de las que se identifiquen para cada caso en particular. De manera general, estas políticas tendrán los siguientes preceptos, mismos que serán validados, actualizados y/o adecuados a cada obra en particular.

*Protección y conservación:* Tienen como objetivo principal el preservar el ambiente natural con características sobresalientes.

*Aprovechamiento:* Está dirigida a las áreas que presenten condiciones para el establecimiento de la infraestructura del proyecto

*Restauración:* Se refiere a la necesidad de asignar acciones, programas y recursos para el restablecimiento y recuperación de áreas o recursos alterados por actividades relacionadas con la construcción del proyecto, o bien, que compensen los efectos de éste sobre el medio ambiente.

#### **1.5 Estrategia de ordenamiento territorial.**

Una vez que se ha establecido el marco general para la utilización de las superficies involucradas en el ordenamiento, se establecerán, de manera particular, las condiciones que se deberán cumplir en cuanto a criterios para la localización de las áreas, así como lineamientos y criterios de regulación y preservación ecológica. Las consideraciones que se deberán tener en cada caso son las que se señalan en las actividades 2.5.1 a 2.5.5.

##### **1.5.1 Criterios generales para la localización de las áreas.**

Como estrategia de ordenamiento, se deben considerar al menos, los siguientes dos criterios generales para la localización de las áreas:

**Cota máxima para asentamientos humanos.** Se refiere a establecer un límite altitudinal de crecimiento o aprovechamiento del terreno; la cota estará en función de las posibilidades o restricciones que represente la dotación de servicios, accesibilidad y topografía.

**Áreas ocupadas por las estructuras principales.** Se refiere a las superficies donde se alojarán las obras principales del proyecto, ya sea durante su construcción como para la operación. Su uso será únicamente el industrial.

### **1.5.2 Lineamientos y criterios de regulación ecológica.**

Los lineamientos y criterios de regulación ecológica son recomendaciones de carácter normativo, dirigidos a los sectores involucrados en el área de ordenamiento. Su objetivo es inducir un aprovechamiento racional sostenido de los recursos naturales, empleando tecnologías limpias y no degradantes. Pueden ser, además, indicaciones restrictivas en cuanto a prácticas inadecuadas de manejo de recursos, o bien disposiciones legales de reglamentación sobre la materia.

Dichos lineamientos y criterios son establecidos de manera particular para cada una de las áreas seleccionadas, en función de las políticas territoriales y del uso propuesto definidos para el sitio. Estos criterios van en relación al control de los residuos, la delimitación de áreas donde la tala o retiro de vegetación sea controlada, la reforestación o áreas verdes, el control de la cacería, el establecimiento de medidas para el manejo y conservación de suelos, el manejo de especies de flora y fauna, entre otros

Una vez establecidos los criterios y lineamientos de regulación ecológica, se procederá a relacionar, para cada sitio en particular del área de ordenamiento, la siguiente información: ubicación, superficie, uso actual, uso propuesto, políticas y lineamientos y criterios de regulación ecológica. Esta información podrá ser concentrada en un cuadro, donde las columnas sean cada uno de los conceptos señalados y los renglones cada una de las zonas seleccionadas en el ordenamiento.

### **1.5.3 Preservación ecológica.**

Un aspecto relevante en la elaboración del ordenamiento, es el establecimiento de zonas que se predeterminen como áreas donde, dadas sus características ambientales quede restringido su acceso. Los criterios que se deben seguir para el establecimiento de las mismas son: la existencia de especies de flora y fauna catalogadas en algún estatus; la localización de sistemas naturales frágiles o en peligro de desaparecer por presiones antropogénicas; la presencia de ecosistemas que se consideren únicos o que signifiquen una representación importante del medio que será alterado; áreas donde se considere que existen elementos que los hacen valiosos en cuanto a los aspectos de carácter científico, estético, paisajístico o histórico; si se requiere instrumentar programas de conservación de suelos y agua para proteger cuencas hidrológicas, hábitats silvestres o centros de población.

### **1.5.4 Definición de usos e intensidad del suelo.**

Como resultado del análisis de los medios natural y socioeconómico, de establecer con precisión la aptitud territorial, de definir la tendencia de crecimiento de la población dentro del proyecto y de reconocer los requerimientos propios para la ejecución de las obras del proyecto, se determinan los usos, destinos y reservas del suelo. Esta definición, a condición de ser adecuada para cada proyecto y condiciones del sitio en particular, se sugiere que incluya los siguientes rubros:

- Uso habitacional: densidades alta ( $\geq 250$  hab/ha): personal obrero, supervisión y contratista; media (100 a 250 hab/ha): personal técnico, supervisión y contratista; y baja ( $\leq 100$  hab/ha): ejecutivos, supervisión y contratista. Considerar aquellas de tipo permanente si fuese el caso.
- Servicios y comercios: Comedores para la supervisión y los contratistas, de tipo general y para ejecutivos; casa de visitas, centro comercial, comercios al detalle, lavanderías. Considerar aquellas de tipo permanente si fuese el caso.
- Recreación: unidad deportiva, zonas de convivencia y actos cívicos, centro cultural y entretenimiento, zona ecológica recreativa. Considerar aquellas de tipo permanente si fuese el caso.
- Administración y gobierno: oficinas técnicas y administrativas de supervisión y contratistas; oficina sindical; oficinas permanentes para operación de la central; destacamento militar; clínica-hospital; centrales de bomberos, correos, telégrafos y teléfonos; retén, helipuerto.
- Industrial y de extracción: plantas dosificadoras, trituradoras, talleres en general, almacenes, bancos de almacenamiento, desperdicio, carpintería, entre otros.
- Usos especiales: áreas ocupadas por las estructuras principales, subestación eléctrica, polvorín, gasolinera, almacén temporal de materiales y residuos peligrosos.
- Cada una de las superficies identificadas, su uso e intensidad, debe ser relacionada, codificada y representada en la cartografía 1:5000 donde se elabora el ordenamiento territorial.
- La información generada debe incluir como complemento lo relativo a la localización de las fuentes de abastecimiento de agua potable y de servicios y los sistemas de manejo y disposición de los residuos. Esta información será también señalada en los planos 1:5000 donde se elabora el ordenamiento.

### **1.5.5 Instrumentación y control.**

El ordenamiento territorial de la infraestructura, debe ser sometido a la consideración y aprobación de las áreas involucradas, incluyendo las de operación de la futura central y las coordinadas por la Residencia General de Construcción; como resultado de la aprobación se tendrá un instrumento de planeación de la ejecución de la obra hidroeléctrica.

El ordenamiento territorial será de observancia obligatoria para la supervisión, contratistas y subcontratistas; cualquiera de las partes que durante la ejecución del proyecto requiera de alguna modificación en las áreas asignadas, sea en superficie, localización, intensidad, uso, o el empleo de áreas no consideradas en el ordenamiento, deberá solicitarlo a la Residencia General de Construcción, quien en coordinación con las áreas técnicas, administrativas, ambientales y/o sociales involucradas, tomará la decisión que se considere más adecuada para el desarrollo de la construcción, considerando, en su caso, las gestiones legales que implicarán dichas modificaciones.

## **2 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN FRENTES DE OBRA.**

### **2.1 Objetivos.**

- Garantizar el abasto del servicio de agua potable para la población que trabajará en la construcción del proyecto, así como satisfacer los requerimientos de agua para las actividades de construcción.
- Determinar las características de la calidad del agua del río y determinar las medidas y controles que deben establecerse para satisfacer la calidad requerida para consumo humano y las diferentes acciones del proyecto.
- Diseñar el sistema para la toma, almacenamiento y distribución del agua necesaria para campamentos, oficinas, talleres, edificios de gobierno, etc.

### **2.2 Proceso.**

Se determinará la demanda de agua para las diferentes acciones del proyecto y la calidad de agua requerida para cada una de ellas, así como la calidad de agua del río.

Con la propuesta de organización espacial de la infraestructura se establecen las políticas de utilización de los recursos acuáticos a fin de hacer compatible las necesidades de utilización del agua con la disponibilidad y las características del agua del río. Las políticas, deben considerar el aprovechamiento racional y la conservación del agua así como el establecimiento de las medidas de protección del recurso

Con base en la información de la infraestructura del proyecto, la ocupación de las áreas, la población que se espera durante la construcción y las actividades o procesos en los que interviene la utilización de agua, se establecen los consumos que se tendrán en las diferentes actividades relacionadas con la obra, considerando al menos los siguientes usos:

- Consumo humano. consumo directo y proceso de alimentos, etc.
- Servicios. Baños y sanitarios, lavanderías, riego de áreas verdes, etc.
- Industrial. Servicios de lavado de maquinaria, proceso de agregados, proceso de concretos, etc.

### **2.3 Determinación de la calidad del agua.**

Se realizará una caracterización de la calidad del agua del río considerando los parámetros que establezca la normatividad y/o los requisitos de calidad necesarios para el proceso al que se destinará.

El agua para consumo humano debe cumplir con los criterios y requisitos señalados en las normas oficiales mexicanas; en el caso de los usos de servicios y/o industriales debe considerarse, además, de los ordenamientos legales, aquellos requisitos que demande su utilización; por ejemplo, la calidad del agua requerida para el lavado de los materiales durante la trituración puede ser diferente a la requerida para la elaboración de mezclas de concreto.

## **2.4 Determinación de los tratamientos previos a su uso.**

Una vez obtenidos los resultados de las determinaciones de la calidad del agua, éstos son correlacionados con aquellos que la normatividad o proceso determinen. Con esta información, cuando sea necesario, se definen los tratamientos específicos para cumplir con los requisitos de calidad. Así por ejemplo, en el caso del agua potable, se pueden establecer mecanismos o sistemas de purificación y/o cloración, para eliminación de patógenos o coliformes.

En el caso de agua de servicios o industrial, se determinan los tratamientos para eliminación de sólidos por ejemplo, color, olor, dureza o cualquiera de los parámetros que estén fuera del rango requerido por el proceso.

Es recomendable que los sistemas de tratamientos que se indiquen en cada caso, se elijan bajo una relación costo/beneficio congruente con la calidad requerida, especialmente para los usos destinados a servicios o industrial; para este tipo, se debe evaluar la posibilidad de modificar alguna fuente de abastecimiento.

En particular, para el uso de consumo humano, la selección de tratamientos debe ser estricta, incluyendo entre el análisis de alternativas, la instalación de plantas de tratamiento móviles o desmontables, que pueden ser retiradas del sitio luego del uso, pero que tengan la capacidad de tratamiento del agua, para el fin que se persigue. De no encontrarse fuentes adecuadas para este uso, el agua debe ser suministrada desde el exterior mediante la contratación de empresas debidamente registradas o por el mismo Contratista, quien en su caso, debe obtener los permisos, concesiones o autorizaciones que le sean requeridas por las autoridades municipales, estatales y/o federales. En esta situación debe cumplir con los requerimientos legales en la materia en relación con el aprovechamiento y transporte.

## **2.5 Programa de monitoreo de la calidad del agua.**

Con la finalidad de mantener la calidad del agua requerida para cada uno de los usos, se establece un programa de monitoreo que considere la frecuencia, tipo y métodos de determinación de los parámetros a ser controlados. Cuando el agua requiera de tratamientos previos a su utilización, en el programa de monitoreo se debe considerar que es necesario contar y conocer los parámetros físico-químicos, previo a su entrada al sistema de tratamiento, con la finalidad de eficientizar su operación previamente a su conducción a los sistemas de almacenamiento y/o distribución, particularmente la destinada al consumo humano y a los servicios.

Los programas de monitoreo pueden ser establecidos en diferentes niveles y como efecto, en diferente frecuencia. El monitoreo y tratamiento del agua para consumo humano debe ser permanente (diario, horario, etc.).



## **2.6 Registros de análisis físico - químicos y aplicación de tratamiento.**

La toma de muestras, determinación de parámetros y aplicación, en su caso, de tratamientos para cumplir con las condiciones de calidad del agua que cada uso requiere, se debe llevar de manera ordenada, siguiendo técnicas adecuadas.

El Contratista debe llevar una bitácora para el seguimiento del programa de monitoreo de la calidad del agua, registro de los análisis físico - químicos y aplicación de tratamientos.

## **3 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.**

Para el manejo de los residuos municipales, se colocarán contenedores en áreas estratégicas de los diferentes frentes de trabajo, los cuales deben ser colectados periódicamente para conducirlos al relleno sanitario o al sitio de disposición que indiquen o autoricen las autoridades municipales. Todos los residuos susceptibles de ser reciclados serán seleccionados para su envío a los centros de acopio y para su reutilización.

La recolección de los desechos sólidos se realizará en vehículos cerrados y empleados exclusivamente para tal fin. Se llevará un seguimiento para que la recolección se realice diariamente en todos los frentes de trabajo y para que no exista mezcla de residuos peligrosos y no peligrosos.

Asimismo, se promoverán acciones de educación ambiental a fin de promover la separación de residuos y en su caso, la reutilización de los mismos.

Los desechos industriales no peligrosos tales como escombros, madera, chatarra, etc., serán confinados en los bancos de desperdicio habilitados para la disposición de los materiales producto de excavaciones y cuya calidad no resulta adecuada para su colocación en la obra de contención o cuyo volumen no es manejable. Es necesario aclarar que por la experiencia que se ha tendido en proyectos anteriores gran parte de la chatarra será reciclada, para lo cual se pondrá a disposición de las empresas del ramo.

En el caso del material producto de la excavación y que no sea utilizado en algún frente de trabajo, se tienen identificados sitios para su disposición.

Para un mejor manejo de los residuos producidos durante la construcción de la obra, se identificarán los centros generadores y se agruparán, según el tipo de residuos generados, en dos clases:

- **Industriales:** aquellos residuos generados dentro de los talleres y almacenes del proyecto, pero que no se encuentren clasificados como peligrosos.
- **Domésticos:** aquellos residuos generados dentro de las oficinas y campamentos. En cada centro generador, los residuos que pueden ser reciclados como envases, papel, cartón, metales, entre otros.

El Contratista es el responsable de que tanto los trabajadores como las visitas que entren a las instalaciones se apeguen al programa de manejo de residuos municipales depositando los residuos en los contenedores y se mantengan limpias las instalaciones, para lo cual es necesaria la continua vigilancia dentro de la obra.

Es importante señalar, que en el sitio del proyecto se considerará la instalación de un Centro de Acopio de Reciclables con almacenamiento temporal, la instalación de un Relleno Sanitario y la instalación de una Planta Generadora de Composta.

#### **4 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES.**

Realizar las acciones necesarias para el manejo y el tratamiento de las aguas residuales domesticas e industriales, de tal forma que las descargas cumplan con la legislación ambiental vigente en la materia y de forma particular con las condiciones impuestas por la Comisión Nacional del Agua (CNA) en los permisos de descarga.

##### **4.1 Identificación de centros generadores.**

Con base en la información de la infraestructura del proyecto, la ocupación de las áreas de ordenamiento, la población que se espera durante la construcción y las actividades o procesos en los que interviene la utilización de agua, se identifican los centros generadores de aguas residuales y se clasifican de acuerdo a su uso:

- *Industrial:* incluye talleres, plantas dosificadoras y plantas trituradoras, entre otras, pero que no contengan en ningún caso, residuos que pueden ser clasificados como peligrosos;
- 
- *Domésticas:* incluye campamentos, comedores, sanitarios, regaderas, lavaderos, lavanderías, así como oficinas de Supervisión, oficinas de plantas y talleres, instalaciones del Contratista, de gobierno, etc.
- 
- *Pluviales:* las provenientes de las precipitaciones las cuales son captadas y descargadas mediante sistemas independientes a los anteriores.

##### **4.2 Cuantificación y caracterización de las descargas.**

Como base para calcular el volumen de las descargas, el gasto se estima en función de la población que haga uso de las mismas, el número de muebles de servicio con que cuenten, o ambas, según convenga. En caso de considerar la población, la dotación de agua por persona se debe estimar con base en información que se disponga, no se deben considerar dotaciones inferiores a 160 litros/persona/día.

### **4.3 Sistemas de tratamiento y localización.**

Con base en la información anterior se proponen los sistemas de tratamiento para las descargas de aguas residuales tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- En la medida de lo posible, construir el menor número de plantas de tratamiento, proyectando colectores que concentren las descargas a un punto o puntos determinados.
- Los colectores, no deben mezclar aguas residuales de las instalaciones industriales con las domésticas o pluviales. Estos colectores, son individuales para cada tipo de servicio.
- Los colectores provenientes de clínicas, plantas de trituración, mezclado de asfaltos, dosificadora de concreto, patios de servicio de mantenimiento de maquinaria y equipo, estación de combustible y área de trabajo de los talleres, deben contar con pisos de concreto hidráulico, colectores perimetrales de los escurrimientos sobre la base de rejillas tipo Irving y un sistema de tratamiento primario (trampas de grasas, pozas decantadoras, etc.) previo a su descarga al colector general o contar de forma independiente con un sistema de tratamiento particular.
- El sistema de tratamiento debe ser eficiente para el tratamiento de las aguas residuales de las características que se determinaron.
- 
- Las condiciones físico-químicas de la descarga, deben cumplir con las normas oficiales mexicanas vigentes para cada caso específico.

### **4.4 Permiso de la descarga de agua residual.**

El registro de la descarga se realiza ante la CNA, el permiso se obtiene para cada una de las descargas que se tengan.

### **4.5 Operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.**

En su caso, los muestreos se realizan conforme lo estipule el permiso otorgado por la CNA, tanto en lo relativo a la frecuencia, como a los parámetros y formas de muestreo que la autorización señale.

## **5 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.**

### **5.1 Medidas generales.**

Los residuos peligrosos serán tratados conforme a la normatividad vigente, almacenados de manera temporal dentro de la zona adecuada para el efecto y transportados por empresas autorizadas a los sitios de disposición final. Se conservarán las evidencias de los movimientos que estos residuos tengan dentro de la obra y hasta su disposición final.

### **5.2 Gestiones.**

El manejo de residuos peligrosos, requiere de un Registro, el cual se tramita ante SEMARNAT, llenando el formato que la misma dependencia tiene elaborado y pagando los derechos correspondientes.

Las empresas prestadoras de servicios de recolección y disposición de residuos peligrosos, deben tener vigentes sus registros y autorizaciones correspondientes.

Se informará semestralmente a la SEMARNAT del movimiento de residuos peligrosos, Para tal efecto se contará con la bitácora mensual de generación, la copia de los manifiestos de generación, traslado y confinamiento de los residuos peligrosos.

El personal que manejará los residuos peligrosos tendrá la capacitación necesaria para ello. Para el manejo de los residuos peligrosos se utilizarán los tipos de envase o contenedor adecuado para cada tipo de residuo, tanto para su almacenamiento como transporte.

Cada ocasión que se retiren residuos de las instalaciones, se elaborará el manifiesto de entrega - recepción; en este manifiesto se señalan los tipos de residuos, volúmenes y la disposición final que dará la empresa confinadora.

### **5.3 Identificación de los residuos peligrosos.**

La identificación se basa fundamentalmente en determinar si el residuo de que se trate se encuentra listado en alguna de las cuatro tablas que forman parte de la NOM-052-SEMARNAT-1993.

Si el residuo no se encuentra relacionado en la norma referida, y se tienen dudas acerca de su potencial peligrosidad, se deben determinar las características de corrosividad (C), reactividad (R), explosividad (E), toxicidad al ambiente (T), inflamabilidad (I) y biológico infecciosas (B), atributos que en conjunto se les denomina características CRETIB. La determinación de las características CRETIB, se realiza conforme lo señala el inciso 5, clasificación de la designación de los residuos, de la norma oficial mexicana referida. Esta determinación se basa fundamentalmente en el análisis de algunas propiedades de los residuos.

#### **5.4 Estimación de la cantidad de residuos peligrosos a manejar.**

Una vez identificados los residuos peligrosos, se procede a la estimación del volumen que se pretende manejar en el proyecto por unidad de tiempo. Esta información es concentrada y se determina un esquema de la generación de residuos peligrosos, el cual es la base para la determinación de las operaciones necesarias para el almacenamiento temporal de los mismos, equipo e instalaciones requeridas y necesidades de contratación de mano de obra y servicios.

#### **5.5 Instalaciones para el manejo de los residuos peligrosos.**

A partir del esquema para la generación de los residuos peligrosos, se define la instalación del almacén temporal, los dispositivos y contenedores, los señalamientos y sistemas de seguridad, el personal calificado, equipo y servicios requeridos para el manejo.

##### **5.5.1 Elaboración del proyecto ejecutivo para el almacenamiento temporal de los residuos.**

Para las instalaciones requeridas, se debe elaborar un proyecto, donde los residuos se manejen de conformidad con las características de incompatibilidad que marca la NOM-054-SEMARNAT-93.

El proyecto de almacenamiento temporal debe contemplar las siguientes condiciones: que el sitio seleccionado no se encuentre en zonas que tengan conexión con acuíferos, debiendo estos estar retirados al menos 500 m de cualquier cauce; que los vientos dominantes en la región no sean en dirección de las zonas donde se concentren áreas de oficinas, campamentos o lugares de trabajo de personal; que la pendiente del terreno se encuentre entre el 5 y 30%; que se cuente con un acceso transitable todo el tiempo y con la geometría para el rodamiento de vehículos pesados.

El sitio de almacenamiento es dimensionado en función del tipo de residuos que se manejen, tanto por su volumen y tipo de envase en que es necesario manejarlos. Debe considerarse que la instalación cuente con alumbrado, cerca perimetral, drenaje, trampas para fugas y derrames, control de acceso, piso de concreto hidráulico, equipo contra incendio, señalización, bodega, sistema de alarmas y radiocomunicación.

El proyecto debe presentar el personal requerido y el manual de operación de la instalación, donde se considere el proceso seguido desde el envasado, recolección, transporte y maniobras dentro de la instalación. Asimismo, debe indicar las posibles alternativas para su retiro del área de la obra.

### **5.5.2 Construcción y operación.**

En la construcción del almacén temporal de residuos peligrosos se deben seguir las siguientes condiciones:

- Ejecutar el desmonte y despalle dentro del área delimitada con marcas visibles (estacas, cal, etc.)
- Construcción de la cerca perimetral con malla ciclónica y altura mínima de 2,60 m
- Piso de concreto hidráulico con pendiente de 2 %.
- Construcción de techo de material no inflamable.
- Construcción de drenaje pluvial en cepas de sección rectangular, recubiertas de concreto y cubierta con rejilla tipo Irving o similar.
- Suministro y mantenimiento de extinguidores con polvo químico para incendios tipo A, B, C de 9 Kg.
- Construcción de cisterna para captación de fugas o derrames, de concreto armado y acabado pulido.
- Instalación y mantenimiento de señalamientos de seguridad.

### **5.6 Almacenamiento en los Centros generadores.**

El Contratista debe colocar en los centros generadores de residuos peligrosos, tales como la zona industrial y los talleres de mantenimiento de la maquinaria, contenedores donde sean depositados los residuos, para después ser transportados al almacén temporal.

Debiendo clasificarlos de la siguiente forma:

- a) Aceites y grasas, gastados
- b) Solventes
- c) Materiales contaminados
- d) Envases y/o empaques
- e) Piezas mecánicas de mantenimiento a unidades.

Las características de los contenedores o envases donde se depositan los residuos deben ser adecuadas para el tipo de residuo que se maneje en ellos. Bajo ninguna condición los residuos tendrán contacto con el suelo, estopas, madera, envases, plástico, entre otros.

El área donde se colocan los contenedores de residuos peligrosos en los centros generadores debe de estar alejada, del área de residuos sólidos municipales. Cada contenedor debe contar con un área de 2 x 2 m, con piso de concreto y solo se utiliza para la colocación del contenedor. Esta área, cuenta con un letrero que indique que la zona esta destinada exclusivamente para depósito de residuos peligrosos.

Las áreas de generación de residuos peligrosos (talleres o almacenes de sustancias) deben tener piso de concreto, canaletas recolectoras y fosa de captación de derrames o fugas.

### **5.7 Contenedores para el transporte al sitio de almacenamiento temporal.**

Los contenedores para el manejo de residuos desde los centros generadores hacia el sitio de disposición temporal, deben de cumplir con la siguiente especificación:

- Tambos de 200 litros y con una tapa que se encuentre unida por medio de una bisagra, para que los residuos permanezcan tapados. El material de los tambos será adecuado a las características del residuo.
- Deben estar en perfectas condiciones, sin abolladuras o otros daños.
- Deben estar pintados y contar con una etiqueta que indique el tipo de residuo apeguándose a lo establecido en las normas vigentes aplicables en la materia.

### **5.8 Recolección de residuos a las instalaciones de confinamiento.**

Los contenedores serán recogidos diariamente de los centros generadores y transportados al almacén temporal. Los camiones deben circular a una velocidad máxima de 40 km/h y no salirse de la ruta establecida en el programa de almacenamiento de residuos peligrosos. Durante el transporte de los residuos, los vehículos utilizados, deben de estar correctamente identificados.

## **6 CONTROL DE EMISIONES.**

### **Objetivo:**

Minimizar las emisiones a la atmósfera de los vehículos, maquinaria e instalaciones utilizadas en el proyecto.

### **6.1 Mantenimiento y operación de vehículos, maquinaria e instalaciones.**

El Contratista debe contar con un programa de mantenimiento, para los vehículos y maquinaria que se encuentre trabajando dentro del área del proyecto, para realizar periódicamente los servicios que disminuyan las emisiones a la atmósfera producto de la combustión en los motores. Este programa se desarrollará de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.

Durante la operación de las plantas trituradoras y dosificadoras, la contratista debe utilizar mecanismos que minimicen la dispersión de polvos fugitivos, estableciendo dispositivos de control que permitan su retención.

Para cada vehículo y maquinaria se tendrá una bitácora de servicio en la cual se registre el tipo de servicio que se le ha brindado. Las bitácoras de servicio deben permanecer en los talleres de mantenimiento y en las instalaciones para su verificación.

### **6.2 Medición de ruido en las instalaciones.**

Se debe establecer un monitoreo para la medición de emisiones de ruido en sitios estratégicos de las áreas de construcción, oficinas y campamentos, así

como en el perímetro del polígono de obras.

### **6.3 Riego de terracerías.**

El Contratista debe realizar el riego de todas las terracerías que se encuentren en uso durante la temporada de secas, la cual abarca aproximadamente del mes de octubre a mediados del mes de junio, el resto del tiempo se deben realizar riegos según la humedad del suelo.

Además, el Contratista debe establecer límites de velocidad para la maquinaria y vehículos con la finalidad de evitar que se hagan nubes de polvo al paso de los vehículos y maquinaria por las terracerías.



## **7 UTILIZACIÓN DE COMPOSTA.**

### **7.1 Identificación de áreas en las que se requiera ejecutar acciones de mejoramiento y conservación de suelos, así como aquellas que requieran ser restauradas.**

A través de la planeación sobre la organización espacial de la infraestructura, se deben definir las áreas en las que se requiere aplicar acciones de mejoramiento y conservación de suelos, así como todas aquellas en las que resulta necesaria la aplicación de acciones tendientes a lograr su restauración. Se consideran tres categorías de terrenos con propósitos de utilización de la composta, sin ser limitativos:

- *Mejoramiento*: terrenos dedicados a cualquier uso productivo como son: parcelas agrícolas y áreas verdes.
- *Conservación*: terrenos en los que se evidencien procesos activos de erosión (laminar, canalillos, etc.) particularmente los incluidos en el polígono de protección, en las márgenes del camino de acceso, vialidades internas y los adyacentes a las instalaciones permanentes y temporales.
- *Restauración*: todas aquellas superficies que hayan sido alteradas por la instalación y desmantelamiento de la infraestructura necesaria para la realización de los trabajos, zonas de balconeo, taludes, bancos de materiales, vialidades temporales, depósitos de desperdicio, almacenamientos temporales (en estos tres últimos casos es aplicable a los ubicados por fuera del área a ser embalsada), así como todas aquellas que le sean indicadas por la Comisión.

El Contratista debe considerar como prioritarias las áreas a restaurar, posteriormente las de conservación y por último las que requieren mejoramiento. El resultado de esta actividad se integra en un reporte técnico, que es entregado a la Comisión para su aprobación.

### **7.2 Procedimientos para la Colocación y Utilización de Composta.**

El Contratista elabora los procedimientos para la colocación y utilización de la composta, mismos que deben ser acordes con las acciones que se emprendan para el mejoramiento, conservación de suelos y restauración de terrenos afectados.

En la elaboración de sus procedimientos el Contratista debe considerar que no se admite la utilización de composta como un sustituto del suelo y que en todos los casos se debe mezclar con el suelo producto del despalme o con materiales que permiten el soporte de la materia orgánica, el desarrollo de los sistemas radicular de las especies que se planten o desarrollen en el sitio y/o de las utilizadas para la revegetación, forestación y/o reforestación.

Aun cuando los propósitos de la utilización de la composta sea el mejoramiento o conservación de los suelos, se debe considerar que durante la colocación se favorezca su mezcla con los sustratos presentes en el terreno, hasta una

condición en la que el material resultante se mantenga estable bajo condiciones de utilización normales y que no presenten signos de erosión hidráulica, en más de un 20% de la superficie en condiciones de precipitación máxima (para un periodo de 24 hr).

Consecuentemente en la elaboración de los procedimientos de utilización de composta se deben tener como base o ser integrados a los que se elaboren para la ejecución de las acciones de conservación de suelos.

En las actividades de colocación y uso de composta no se permite la utilización de maquinaria pesada y la afectación adicional de los terrenos forestados o de los sujetos a restauración, por lo que en todos los casos se debe privilegiar la utilización de medios manuales o de aspersión.

Los procedimientos que elabore el Contratista son entregados a la Comisión para su aprobación, mediante un reporte técnico en el que anexa toda la información necesaria para sustentar las propuestas.

### **7.3 Cuantificación de los Volúmenes requeridos de Composta.**

Una vez que el Contratista haya realizado los preparativos solicitados, debe realizar una proyección del volumen requerido de composta. Esta información se cruza con los valores estimados de producción, para hacer una redefinición de las superficies a ser restauradas y/o mejorados sus suelos y los usos a que se destina el material obtenido. El resultado de esta actividad se integra en un reporte técnico para ser aprobado por la Comisión.

### **7.4 Programación de la Utilización y Colocación.**

Por su naturaleza las actividades necesarias para la colocación de composta se pueden integrar a la programación de aquellas necesarias para la conservación de suelos, restauración y reforestación, o realizarse de forma particular.

### **7.5 Determinación de la Calidad en la Colocación de composta.**

La calidad en la colocación se define basándose en tres criterios básicos:

- *Textura*: el sustrato resultante de la mezcla de la composta con suelo o materiales finos producto de excavación debe encontrarse en un rango de textura de limo a limo arenoso.
- *La estabilidad*: el material resultante ya sea colocado en superficie o en cepas para reforestación debe mantenerse mecánicamente estable en condiciones normales de utilización del terreno y bajo condiciones de la máxima precipitación en 24 hr.
- *Permeabilidad*: el material debe ser lo suficientemente permeable para evitar su saturación y dilución bajo condiciones de precipitación máxima en 24 hr.

Con la finalidad de que los materiales obtenidos cumplan con estos requisitos, el Contratista ejecuta los procedimientos de prueba más convenientes, previo a su utilización, mismos que son aprobados por la Comisión.

## **8 REFORESTACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS.**

### **8.1 Identificación de áreas a reforestar.**

Con base a la organización espacial de obras, el Contratista debe además, identificar en campo las áreas que necesitan ser reforestadas: campamentos, talleres, bancos de préstamo, vialidades y almacenes, entre otras. El Contratista ubica en un plano topográfico y analiza los sitios para determinar una calendarización de las medidas y acciones para la aplicación del Programa de Reforestación de las áreas, previamente, identificadas.

### **8.2 Elaboración del Programa de Reforestación.**

El Contratista elabora un Programa de Reforestación para las áreas afectadas por la construcción de la infraestructura, el cual es presentado a la Comisión para que esta lo revise y autorice. El programa debe contener como mínimo la siguiente información.

#### **8.2.1 Preparación del terreno.**

Los sitios que fueron desmantelados, el Contratista debe identificar las características negativas que más puedan influir en el establecimiento de las plantas, tales como: suelos compactos, pedregosidad, malezas y deficiencias nutricionales; para que se lleven a cabo las actividades de colocación del suelo orgánico en cada una de las áreas a restaurar, colocación de composta, conformación de terrazas y taludes en bancos de material, de desperdicio y vialidades permanentes y temporales, para facilitar las actividades de reforestación.

#### **8.2.2 Especies a emplear en la reforestación.**

El Contratista lleva a cabo la reforestación con especies nativas de la región, ya que son especies de fácil propagación y adaptación a las condiciones ambientales.

Se deben utilizar especies maderables y no maderables, ya sea por propagación de semillas o vegetativa. Para esto el Contratista colecta el material germoplásmico de la zona, para que sea utilizado en las áreas afectadas por las actividades de construcción.

### **8.2.3 Cuantificación de la plantación.**

Para la cuantificación de las plantas a emplear en la reforestación, el Contratista debe emplear los sistemas de plantación de tres bolillos, curvas a nivel y lineal. Las distancias y densidades empleadas se determinan de acuerdo al crecimiento y desarrollo de cada una de las especies a utilizar, de tal manera que se asegure la recuperación de las áreas perturbadas y el éxito de la reforestación.

Trazo y densidad de la plantación.

- El Contratista realiza el trazo topográfico para la plantación en cada una de las áreas a reforestar.
- La densidad de la plantación se determina de acuerdo al desarrollo de cada una de las especies a utilizar y a su sistema de plantación.

### **8.2.4 Cantidad de plantas a utilizar.**

- Las plantas a utilizar se dan en función de la superficie total a reforestar y la especie utilizada, por lo que es necesario determinar el número de plantas que se emplearan en cada área.

### **8.3 Época de reforestación.**

El Contratista debe realizar la reforestación de las áreas afectadas por la construcción de la infraestructura en la temporada de lluvias.

### **8.4 Apertura de cepas.**

La apertura de cepas para colocar los individuos, se realizará dos semanas antes de efectuar la plantación. Ejecutada con herramienta manual y/o mecánica respetando el trazo y en tamaños de 40 x 40 x 40 cm.

### **8.5 Selección y transporte de árboles.**

En los viveros seleccionados o formados por el Contratista, se deben elegir plantas de calidad (mayores de 0.40 m, vigorosas, con ausencia de plagas y enfermedades), estas se trasladan a las áreas a reforestar en un vehículo cubierto con lona, tomando las medidas necesarias para evitar pérdidas de organismos por mal manejo.

### **8.6 Plantación.**

Se inician las plantaciones de acuerdo a la fecha del programa y en la secuencia marcada en la calendarización, las acciones comprendidas, son: distribución de la planta en las cepas, desembolso y colocación de la planta en la cepa, rellenado y compactación de la tierra, acondicionamiento de cajete y recolección y traslado de bolsas al relleno sanitario.

### **8.7 Mantenimiento y protección.**

Al término de la plantación, se programan aplicaciones de fertilizante al suelo y/o follaje, además de proteger la plantación con cerca de alambre de púas o malla ciclón, para prever daños a la misma por cualquier tipo de semovientes.

### **8.8 Control de plagas y enfermedades.**

El Contratista debe detectar agentes nocivos como: Insectos, nemátodos, roedores o enfermedades fungosas. Una vez diagnosticado el tipo de plaga el Contratista evalúa el porcentaje de infestación y aplica el tratamiento mas adecuado para su control.

El Contratista vigila que los tratamientos que se apliquen, en caso de la existencia de alguna plaga o enfermedad, sean las más adecuadas y se pongan en práctica lo más pronto para evitar que se sigan infectando más organismos.

### **8.9 Podas controladas.**

El Contratista define las densidades finales en las áreas reforestadas, las podas se realizan escalonadas en tiempo de: formación, aclareo y eliminación de individuos con deficiente crecimiento y adaptación. A partir de las podas se identifican los árboles que por su buen desarrollo y su cercanía entre ellos requieren de ser trasplantados en sustitución de aquellos que son eliminados.

### **8.10 Prevención de incendios.**

El Contratista diseña brechas cortafuego en las partes críticas de las áreas con el fin de evitar, en caso de incendio en las áreas aledañas, que el fuego invada las áreas que fueron reforestadas. Durante la época de sequía deben mantenerse las brechas cortafuego limpias.

### **8.11 Evaluación de la reforestación.**

El Contratista realiza las evaluaciones necesarias para registrar el comportamiento de las plantaciones (sobrevivencia, altura y cobertura), utilizando el método de campo y estadístico más adecuado. Estos registros se toman una vez terminada la plantación y posteriormente cada año por el tiempo que marque el programa de reforestación.

## **9 INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE SANITARIOS MÓVILES.**

### **9.1 Identificación de las necesidades de Sanitarios Móviles en la zona de influencia del Proyecto.**

Sobre el estimado de la población que se pretende emplear en el proyecto, la distribución de los frentes de trabajo, la ubicación de la infraestructura (campamentos, comedores, oficinas, talleres, almacenes, etc.) y la planeación de las actividades, el Contratista determina el número de sanitarios móviles para ser utilizados durante el desarrollo del proyecto.

Como referencia el Contratista debe considerar un sanitario móvil para el servicio de cada quince trabajadores. No se permitirá la construcción de letrinas fijas en sustitución de los sanitarios móviles. Asimismo debe considerarse que los sanitarios instalados en campamentos, oficinas y comedores, no son objeto de contabilización, pues la instalación de los sanitarios móviles esta dirigida a los frentes de trabajo en los que se carezca de instalaciones permanentes. Estos solo se pueden considerar como sustitutos cuando su acceso sea libre y la cercanía al frente de trabajo garantice su utilización por los trabajadores.

### **9.2 Propuesta para la Instalación, Operación y Mantenimiento de los Sanitario Móviles.**

Previo al inicio de los trabajos, el Contratista presenta a la Comisión, para su aprobación, una propuesta en la que indique el número de sanitarios, la ubicación, el programa de utilización, mantenimiento y reubicaciones, acorde con el avance de los trabajos de construcción.

### **9.3 Instalación y operación de los Sanitarios Móviles.**

Una vez que esta propuesta es aprobada por la Comisión el Contratista procede a instalar los muebles en los frentes de trabajo, debiendo apegarse al programa presentado y de acuerdo con las siguientes condiciones:

- Un sanitario por cada quince trabajadores o por la fracción de esta cantidad
- Colocados firmemente en el terreno (no sujetos) sin que corran el riesgo de volcarse o ser derribados por el viento.
- Fuera del alcance de vehículos, equipo y maquinaria, la distancia mínima de las áreas de maniobra o rodamiento es de tres metros.
- Preferentemente colocados bajo un toldo que les proporcione sombra, ya que derivado de las condiciones climáticas del área, su colocación a la intemperie crea una atmósfera interior con temperatura y humedad superiores a las exteriores, haciendo prohibitiva su utilización; el toldo debe estar separado del techo de la caseta al menos cincuenta centímetros.
- En un sitio que no implique que el trabajador debe atravesar vialidades para acceder a ellos.
- Retirados como mínimo a 25 m de los almacenamientos, contenedores-expendedores de agua potable.

- Para la instalación se utilizan los terrenos más convenientes, no se permite el desmonte o nivelación adicional.
- El sitio se debe mantener limpio; sin basura o contaminantes visuales.

Para el mantenimiento de los sanitarios móviles queda prohibida la descarga de los residuos a cursos o cuerpos de agua, estos deben ser tratados o dispuestos por la empresa subcontratada, para lo que debe contar con el equipo y vehículos que garanticen un mantenimiento y traslado óptimo en apego a la normatividad estatal y municipal vigente, de acuerdo a los alcances de su contrato; la Comisión esta en posición de requerir en todo momento los registros con los que se pueda comprobar la recolección de los residuos, su traslado, tratamiento y disposición final.

#### **9.4 Promoción de la Utilización de los Sanitarios Móviles.**

El contratista deberá efectuar campañas para promover e incentivar el uso de sanitarios móviles por los trabajadores de las obras.

#### **9.5 Bitácora de Obra.**

Para el seguimiento de los trabajos de instalación, operación y mantenimiento de los sanitarios móviles, el Contratista debe llevar una bitácora de operación y mantenimiento.

#### **9.6 Retiro de los Sanitarios Móviles.**

Al final del servicio todas las áreas deben ser limpiadas y retirada cualquier evidencia del sitio; no se permite como limpieza el movimiento de tierras para cubrir estos terrenos. La limpieza ejecutada es verificada por la Comisión y solo se considera realizada mediante su aprobación.

## **10 CONTROL DE LA EROSIÓN.**

Elaborar el programa de acciones para la retención y/o rehabilitación de suelos y la prevención y control de la erosión en las áreas afectadas por las actividades de construcción del proyecto.

### **10.1 Reconocimiento físico de la zona del proyecto.**

Identificar en campo, los sitios donde se realizan las obras que integran el proyecto, tales como: campamentos, oficinas, almacén, patios de servicio, talleres, etc., así como las características abióticas y bióticas de la zona.

### **10.2 Delimitación del área necesaria para los trabajos de construcción.**

El área que ha sido identificada para el desarrollo de los trabajos de construcción y/o edificación es delimitada topográficamente con marcas visibles (estacas, cintas, trazas con cal).

Esta área debe incluir los caminos para acceso a los frentes de trabajo y las vialidades internas de la infraestructura, accesos para los depósitos temporales producto del despalme y cualquier otra superficie de ocupación temporal o definitiva.

### **10.3 Retiro y almacenamiento de suelo vegetal (Despalme).**

El despalme en todas aquellas áreas en las que pretenda realizar algún tipo de obra consiste en retirar de las áreas una capa superficial de suelo, de entre 0.10 y 0.15 m, donde se presentan la mayoría de los nutrimentos para las plantas y se acumulan las semillas.

El material producto del despalme se almacena en sitios de tal manera que el suelo que se deposite no se mezcle con otro tipo de materiales tales como rezagas o sustancias químicas (concreto, asfalto, roca, residuos peligrosos, etc.), además debe evitarse que el suelo se pierda por erosión a través de la construcción de obras de contención, de drenaje, siembra de semilla de herbáceas.

El suelo se coloca formando camellones con una altura no superior a 1.5 m, con un ancho acorde con el ángulo de reposo del material y cuya longitud depende del volumen del material a almacenar.

### **10.4 Prevención y corrección de cárcavas.**

Para la prevención de cárcavas se debe realizar una supervisión constante sobre el sistema de drenaje exterior e interior de las áreas, a fin de efectuar las reparaciones o adecuaciones de manera oportuna, así como mantener permanentemente una cubierta vegetal a base de pasto (nativo o local) o bien de herbáceas de poca altura en todos los espacios abiertos.

En las áreas donde se identifique la formación o desarrollo de cárcavas, las



medidas que se realizan son las siguientes:

- Desviar el escurrimiento de la cabecera de la cárcava, cuidando de no erosionar las áreas aledañas.
- De acuerdo a sus dimensiones y al tipo de suelo se definen el número y tipo de represas filtrantes a construir, las cuales pueden ser de malla de alambre galvanizado, piedra, rocas sueltas, ramas o postes.
- Sembrar pasto o semilla de herbáceas en los taludes de la cárcava y arbustos y árboles de rápido crecimiento, cercando la zona de la cárcava para proteger los trabajos realizados.

### **10.5 Prácticas de conservación de suelos en las zonas ribereñas.**

El factor principal a considerar es el estado de la vegetación ribereña, ya que ejerce una función estabilizadora de los suelos, retiene materiales acarreados por las escorrentías de las partes altas, permite el desarrollo y desplazamiento de especies de fauna silvestre, así como tiene influencia en el microclima, entre otras funciones; por lo que es necesario realizar una evaluación sobre su distribución y desarrollo (altura, cobertura, épocas de floración, producción de frutos y periodicidad de los mismos) de las especies que la componen, a fin de seleccionar las más idóneas para utilizarse en la conservación y rehabilitación de suelos.

### **10.6 Estabilización de taludes.**

Los taludes conformados por material balconeado en la apertura de caminos, explotación de bancos de material, bancos de desperdicio, áreas de campamentos, oficinas, talleres, área de obras, etc. Se debe estabilizarlos mediante las prácticas de retención y/o conservación de suelos que se menciona a continuación.

#### **10.6.1 Colocación de fajillas de madera.**

Esta práctica se realiza cuando el material que conforma la parte interna del talud esta consolidado o estable y el de la parte externa, es suelo vegetal balconeado.

Consiste en colocar fajas de madera de pino de tercera o similar cuyas dimensiones dependen del espesor del suelo, acomodadas de forma transversal a la pendiente, en línea siguiendo las curvas a nivel, éstas a una distancia vertical que de acuerdo a la altura del talud y grado de pendiente debe ser mínimo de 3m, las fajillas son enterradas dos terceras partes y detenidas (talud abajo) con estacas de madera, fierro o cualquier material resistente, en la parte de arriba se construye una pequeña banqueta de aproximadamente 15 cm de ancho. Se debe tener la precaución de colocarlas bien unidas una detrás de otra para evitar que se formen pequeñas cárcavas.

#### **10.6.2 Construcción de terrazas de banco con madera.**

Esta práctica se realiza cuando el material balconeado es suelo contaminado con residuos pétreos, rezagas, etc.

Consiste en identificar árboles muertos (en pie o tirados), posteriormente cortarlos y seleccionarlos del tamaño que se requiera, el cual depende del espesor del material suelto que se pretende contener o estabilizar, se definen el número y tamaño de las banquetas a construir sobre la base del grado de la pendiente, así como a las dimensiones del talud, procurando tener una distancia horizontal de por lo menos 3 m entre banquetas y vertical de 5 m entre hileras o líneas. La distribución espacial de las mismas es sobre las curvas de nivel donde las banquetas se construyen en dirección del espacio que queda libre en medio de las dos inmediatas de la línea superior o inferior (tresbolillo).

### **10.6.3 Colocación de malla de alambre.**

Los taludes a estabilizar con malla de alambre (para pollos o de alambón para cimbra) son los conformados con material de rezaga balconeado o aquellos que son el resultado de una explotación.

Se coloca malla en el cuerpo del talud, estirada y sujeta con varillas de fierro. Posteriormente se siembra al voleo una mezcla de suelo de textura arcillosa con semilla de pasto.

### **10.7 Construcción de muros de mampostería y presas de gavión**

Estas prácticas de retención de suelo se realizan en la base del talud. Se construyen antes de realizar el balconeado del talud o conformación del mismo (bancos de desperdicio), sus dimensiones están en función de la capacidad de carga.

### **10.8 Forestación y siembra de herbáceas.**

Se realiza cuando el talud esta recientemente conformado y tratado con alguna de las técnicas de estabilización descritas, o bien, cuando las condiciones del material no requieran de arreglos preliminares.

La forestación es con especies locales, de preferencia arbustos y la siembra de semilla de pasto nativo o local, así como de herbáceas rastreras.

### **10.9 Limpieza de áreas liberadas.**

Al concluir las actividades del proyecto, la Comisión verifica que el Contratista retire las instalaciones que utilizó durante la construcción de la obra, de tal manera, que no queden residuos de ningún tipo de material, con el fin de seleccionar las prácticas de rehabilitación y conservación.

### **10.10 Protección de la fauna silvestre.**

Tomar las medidas y acciones de conservación y protección de la fauna

silvestre que se encuentran dentro del área del proyecto.

#### **10.10.1 *Reglamento de protección para la fauna silvestre.***

El contratista deberá comunicar a sus trabajadores un reglamento de protección donde se establezca:

- Queda prohibido la caza, captura, maltrato y/o aprovechamiento de las especies de fauna.
- Queda prohibido la introducción de especies exóticas y/o mascotas al área del proyecto.

Se debe difundir por medio de carteles, trípticos y pláticas las especies de fauna que sean venenosas y la diferencia con especies que no lo sean, para evitar al máximo el sacrificio innecesario de los mismos, así como las medidas que deben tomarse en caso de mordedura o picadura de alguna de estas especies.

#### **10.11 *Conservación y protección de la flora silvestre.***

Con la finalidad de proteger la flora silvestre de las áreas que se afecten en la construcción del proyecto, se establecen las acciones necesarias para su conservación y protección.

##### **10.11.1 *Actividades para la vigilancia y derribo del arbolado (Desmorte).***

Como medida para la conservación y protección de la flora silvestre, el desmorte de las áreas a ocupar; se deberá llevar a cabo de la siguiente manera:

- El desmorte se realiza únicamente en las áreas indicadas en los planos del proyecto y de la planeación de la Organización espacial de la infraestructura, sin afectar la vegetación que se encuentre fuera de los límites señalados. La actividad se ejecuta conforme se vayan ocupando las áreas.
- El derribo del arbolado es direccional, para evitar la afectación de los terrenos inmediatos.
- El troceo se efectúa en el sitio de caída mediante la utilización de herramientas manuales y los residuos no aprovechables, se colocan fuera del área de trabajo.
- Las ramas, restos de arbustos y enredaderas se deberán ocupar para la producción de composta.
- Las trozas o fustes completos, que no sean aprovechadas por la población local, se colocan de forma perpendicular a la pendiente del terreno, particularmente en aquellos sitios en los que se haya realizado el balconeo de materiales.
- Para el retiro de los productos del desmorte no se utiliza maquinaria pesada. Cuando por causas técnicas justificadas la utilización no se pueda evitar, el trabajo se realiza dentro de la misma área del proyecto en un sitio adecuado, para poder efectuar el troceo, triturado o picado.
- El Contratista deberá apegarse al plano de Organización espacial de la infraestructura del P.H. La Yesca, evitando que fuera de esta exista movimiento de maquinaria o disposición de material.

- Conservar el mayor número posible de individuos (árboles y arbustos) dentro de las áreas de trabajo siempre y cuando no interfieran con las actividades de construcción o la edificación de instalaciones.
- El Contratista debe sujetarse a utilizar las áreas que fueron designadas para cada uso y presentadas en el plano de organización espacial de infraestructura.

#### **10.11.2 Programa para el control y prevención de incendios forestales.**

Como parte de la Protección y Conservación de la Flora, se debe elaborar un programa para la prevención y control de incendios forestales, el cual debe contemplar:

- Una brigada para llevar a cabo la prevención y control de los incendios forestales, la cual consta de por lo menos 6 elementos.
- El equipo y herramienta forestal para la prevención y control de los incendios forestales.
- Elaborar un plano donde se ubiquen los sitios con mayor riesgo de incendios forestales.
- Las brigadas realizan recorridos semanales para la detección y control de incendios forestales. En el caso de presentarse algún incendio, se informa a las autoridades, además de llevar un registro con los siguientes datos: datos generales del predio donde sucedió el incendio, municipio, fecha, causas o motivo de origen, superficie afectada, participantes, duración del incendio, extinción, entre otros.
- Se realiza la rehabilitación de brecha cortafuegos o guardarayas en cada uno de los sitios de mayor riesgo de incendios forestales.
- Se debe impartir capacitación al personal de la brigada de incendios forestales en combate y control de incendios forestales así como también en primeros auxilios.

#### **10.12 Habilitación de los bancos de préstamo.**

El objetivo es habilitar los bancos de préstamo sobre la base de procedimientos particulares, garantizando la estabilidad de los taludes, el control de los escurrimientos externos e internos del sitio y que sean compatibles con el propósito de conservación de suelos y que garanticen que en la superficie resultante se pueden aplicar las acciones necesarias para restaurar el sitio hasta condiciones cercanas o superiores a la condición original.

##### **10.12.1 Requerimientos para la obtención de nuevos bancos de materiales de préstamo.**

Sobre la base de la estimación de la calidad de los materiales y los volúmenes a ser utilizados, la Comisión propone al Contratista (como parte de la información del proyecto) los sitios a ser utilizados como bancos de préstamo de materiales.

En la propuesta técnica el Contratista debe exponer la aceptación de los sitios propuestos o en su defecto, proponer lugares alternativos para la habilitación de estos bancos. La utilización de sitios alternos, es sujeta a la aprobación de la

Comisión y a que el Contratista tramite y obtenga las autorizaciones en materia de impacto ambiental y el cambio de uso del suelo correspondiente. Así como el permiso para la utilización de bancos dentro de la zona federal y el pago de los derechos correspondientes.

#### **10.12.2 Elaboración de los Proyectos Ejecutivos para la Habilitación de los Bancos de Préstamo.**

El Contratista elabora un proyecto ejecutivo particular para cada banco de préstamo, el cual debe ser presentado a la Comisión anticipadamente para que esta autorice su habilitación.

El proyecto debe contener de forma mínima la siguiente información, apegado a los criterios que en ella se incluyen (son aplicables de forma discrecional a los bancos en zona federal):

- Procedimiento para la explotación del banco.
- Topografía del terreno natural.
- Estimación de los volúmenes totales a ser extraídos.
- Estimación de los volúmenes de suelo orgánico a ser despalmados, por etapas del proyecto.
- Estimación de los volúmenes de desperdicio.
- Plantillas de personal
- Necesidades de capacitación del personal.
- Programa de actividades.
- Procedimiento para la restauración del sitio al fin de su vida útil.
- La explotación debe contar con una franja perimetral de amortiguamiento de al menos 10 m, en la que se aplican medidas de conservación de suelo, fomento y protección de la flora y fauna silvestre.
- El banco se explota mediante terrazas con alturas máximas acordes a la estabilidad de los materiales, de acuerdo a la conformación del terreno natural y a la superficie contratada con el propietario. De tal forma que al final de su vida útil pueda ser restaurado en la totalidad de la superficie.
- Entre cada terraza se deja una berma como mínimo de 6 m de ancho y con una contrapendiente de al menos 2%, se deben ajustar en función de las condiciones del terreno; construcción de drenes perimetrales para el encauzamiento y desalojo de los escurrimientos, conformación de taludes que permitan la estabilización del material y los trabajos de reforestación.
- Los taludes se definen por el ángulo de fricción interna de los materiales excavados, con un factor de seguridad de 2.
- El drenaje de los terrenos circundantes y el interno del terreno se debe canalizar para su correcta conducción hacia fuera del área sin afectaciones subsecuentes.

#### **10.12.3 Habilitación de los Bancos de Préstamo.**

Como actividades previas a la habilitación de los bancos de préstamo, el

Contratista realiza las siguientes actividades (se excluyen de su aplicación los bancos de zona federal cuando las condiciones del terreno lo impidan):

- Delimita topográficamente la zona del banco con malla.
- Realiza el desmante: trocea y pica la materia producto del desmante, colocando el producto en las áreas para producción de composta; Los troncos y ramas gruesas se colocan transversal a la pendiente para proteger el suelo de la erosión. Esta actividad se realiza conforme a lo establecido en el Procedimiento 9.A1.8 Conservación y Protección de la Flora Silvestre.
- El despalme es ejecutado conforme a lo establecido en la medida de complementaria N° 10 “Control de la Erosión”.
- La extracción de material se realiza de acuerdo a la capacidad del sitio y al proyecto ejecutivo, particular para cada banco.

#### **10.12.4 13.4. Restauración de los Sitios Habilitados como Bancos de Préstamo.**

- El Contratista realiza las obras de restauración, contención, restablecimiento de drenajes y cubre el terreno con suelo orgánico, conforme a lo establecido en las medidas complementarias N° 8, 10 y 12.

#### **10.12.5 Bitácora de obra.**

Para el seguimiento de los trabajos de habilitación de los Bancos de préstamo se lleva una bitácora de obra, que en todo momento, debe mantenerse actualizada y estar disponible para su revisión.

#### **10.13 Desmantelamiento y rehabilitación de áreas afectadas.**

Su objetivo es establecer la metodología para realizar las actividades relativas al desmantelamiento de instalaciones provisionales, en función de la conclusión de obras, elaborando un Programa para el Desmantelamiento y Rehabilitación de Áreas Afectadas por la Construcción de la Infraestructura previa a la entrega-recepción de la obra principal.

##### **10.13.1 Revisión de acuerdos con comunidades y/o particulares.**

El Contratista y la Comisión realizan una revisión documental de los acuerdos y compromisos adquiridos en los “Convenios de Ocupación Temporal” de tierras ante las Comunidades, Núcleos Agrarios y/o particulares, en relación con el desmantelamiento y rehabilitación de las áreas ocupadas por las obras complementarias para obtener y preparar las acciones y medidas que se deben realizar para cumplir con lo establecido en dichos convenios.

##### **10.13.2 Programa de Desmantelamiento y Rehabilitación.**

El Contratista debe elaborar el Programa para el Desmantelamiento y

Rehabilitación, determinando el tiempo en que son abandonadas las instalaciones. El periodo para el desmantelamiento de la infraestructura. El retiro de los letreros y señalamientos que se encuentren localizados en el área de construcción y que se consideren como obsoletos para la operación del Proyecto y las actividades de rehabilitación de los sitios. Este programa es presentado a la Comisión para su revisión y autorización.

#### **10.13.3 Desarrollo de actividades.**

En función del programa aprobado por la Comisión, el Contratista procede al abandono, desmantelamiento y realiza la entrega de instalaciones, según corresponda.

La Comisión debe verificar que la entrega de los sitios se haga conforme a los compromisos adquiridos con las comunidades, núcleos agrarios y/o particulares.

#### **10.13.4 Rehabilitación de áreas.**

Al concluir el desmantelamiento de la infraestructura, el Contratista debe realizar las actividades de protección ambiental, considerando los requisitos establecidos en las medidas complementarias correspondientes a Control de la Erosión y Protección y conservación de flora y Protección de fauna silvestre.

#### **10.13.5 Acta de entrega-recepción.**

Al término de las obras, y ya que las áreas se encuentren debidamente rehabilitadas y que las condiciones de abandono señaladas en los convenios y proyectos ejecutivos de las obras, se hayan cumplido en un 100%, se procede a realizar la entrega del sitio al propietario o poseedor del predio mediante un acta formal de entrega-recepción.

<b>VII</b>	<b>PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES, Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>2</b>
VII.1.1	MEDIO FÍSICO .....	3
VII.1.2	MEDIO BIÓTICO.....	5
VII.1.3	MEDIO SOCIOECONÓMICO .....	6
VII.2	PROGRAMAS DE MONITOREO.....	12
VII.2.1	PROGRAMA ESPECÍFICO DE MONITOREO DE VARIABLES HÍDRICAS, MICROBIOLÓGICAS E HIDROQUÍMICAS DEL SUBSISTEMA ACUÁTICO ENTRE STA. ROSA Y EL CAJÓN. ....	13
VII.2.2	PROGRAMA DE MONITOREO DEL MEDIO SOCIAL.....	17
VII.2.3	PROGRAMA DE MONITOREO CALIDAD DEL AIRE.....	22
VII.2.4	PROGRAMA DE MONITOREO DE FAUNA.....	25
VII.2.5	PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE REFORESTACIONES EN EL PH “LA YESCA” .....	27
VII.2.6	PROGRAMA DE MONITOREO METEOROLOGICO .....	30
VII.3	CONCLUSIONES.....	34
VII.4	BIBLIOGRAFÍA .....	48



## **VII PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES, Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.**

A lo largo de todo el estudio, en especial el capítulo V, se han descrito los impactos que se harán presentes en la zona de influencia con el establecimiento del proyecto, así como su repercusión en el medio si estos no fueran evitados, mitigados o compensados. Aunque no todos los impactos son negativos, la mayoría representa una afectación al medio social y al medio ambiental en distintas magnitudes y en el capítulo VI se explicaron las medidas y proyectos con los cuales se plantea mitigar, evitar y corregir los impactos presentes en el área durante la construcción de la presa.

Considerando el análisis realizado del escenario ambiental regional con el proyecto en la etapa actual, de acuerdo con los pronósticos realizados la calidad esperada para la mayoría de los componentes del entorno no presenta diferencias sustantivas con la calidad que se esperaría en un futuro sin la ejecución del proyecto a excepción del componente agua y en menor medida a la biota. Los cambios de mayor relevancia se esperan en:

- i) la calidad de agua que contendrá el embalse debido al cambio de régimen de escurrimiento y
- ii) como consecuencia de la inundación de 3 492 ha de superficie y desde el punto de vista ambiental la etapa de llenado del embalse será la que tendrá mayores repercusiones, tanto en el subsistema acuático como la pérdida de terrenos forestales cubiertos principalmente por Selva Baja Caducifolia, eliminando también el escaso suelo que lo cubre o aumentando su propensión a la erosión. Es importante recordar que la integridad del subsistema acuático del Río Santiago está fuertemente afectada por los contaminantes que arrastra el Río Santiago y que proviene desde la ciudad de Guadalajara, así como por la existencia de presas sobre el cauce del río.

La presencia del embalse del PH Cajón de manera inmediata después de la cortina del PH La Yesca hace que la modificación del régimen hidráulico carezca de relevancia ya que por el tamaño del embalse la afectación solo se observará en la parte final de éste. La construcción del proyecto, aunque de gran magnitud, no modificará la estructura o funcionamiento del sistema ambiental.

Los impactos residuales que permanecerán una vez aplicadas las medidas de mitigación son:

- Obras civiles en caminos: Estas obras también se quedarán una vez sean concluidos los trabajos de exploración, pero serán de beneficio para los pobladores de la zona y directamente los propietarios de los predios donde se ubiquen estas obras sobre los caminos.
- Vivero: En el caso de que esta obra se realice también se dejarán las instalaciones en el terreno que sea seleccionado para este fin, beneficiando al propietario del terreno, o podrá ser retirado en el caso de que por solicitud del propietario así lo requiera.

- Material geológico producto de obras de restauración de caminos y área de embalse: Este será uno de los principales impactos residuales ya que no es posible reincorporar el material en los sitios originales por tal motivo se deberá tener sumo cuidado con la selección de los sitios de disposición final para que estos no se conviertan en un estorbo al tránsito vehicular o queden en riesgo de generar un deslizamiento de este material afectando áreas con vegetación propia de la zona.

### **VII.1.1 MEDIO FÍSICO**

#### Clima

la zona no sufrirá alteraciones significativas en el futuro, siendo esto sin y con la construcción del proyecto. La mayor cantidad de los impactos climáticos se tendrán en el área de construcción del proyecto, sin embargo, estos difícilmente podrán influir al resto de la zona, esto debido a su situación encañonada. En términos generales para la zona inmediata, climáticamente se espera un incremento en la evaporación, humedad relativa y un incremento en el efecto termoregulatorio, así como de la formación de neblina. Existe una incertidumbre del efecto a nivel de microclima sobre la vegetación que se desarrolla a diferentes alturas sobre el río y es recomendable la realización de estudios que puedan indicar el tipo de efecto por la elevación del nivel del agua y llenado del vaso sobre la vegetación.

#### Calidad del Aire

Al iniciar con la evaluación del medio físico y biótico se tiene que evaluar distintas áreas y diversas variables, una de ellas es la calidad del aire también se verá afectada por el proyecto. En el sitio de construcción las obras de preparación de materiales, la explotación de bancos de material, la construcción de la cortina misma, el vertedero y casa de máquinas, el uso de explosivos y el continuo paso de vehículos generarán un impacto sobre la calidad del aire que repercutirá sobre todo la zona de construcción. Para que estos impactos se vean mitigados o corregidos será necesario llevar a cabo diversas medidas.

Se verá impactada durante la construcción, principalmente por las emisiones de partículas provenientes de un gran número de fuentes (operación de maquinaria de combustión, cortes, explotación de bancos de material, dinamitado, remoción de tierras y despalmes, operación de cementeras y cribadoras, etc.) tanto puntuales como móviles, lo que generará concentraciones de partículas y podría presentar problemas de salud y visibilidad. También se emitirán contaminantes gaseosos como resultado de la combustión en maquinaria y vehículos que utilizan gasolina diesel. Sin embargo, los contaminantes dejarán de emitirse al concluir las jornadas diarias de trabajo y las etapas de descanso programadas dentro del proyecto.

## Geología

Considerando los procesos exógenos de los movimientos de masa, que pueden ser los generadores de impactos potenciales importantes, las excavaciones para desviar el río o cortes para carreteras deben de ser diseñadas de acuerdo a las características del macizo rocoso para asegurar su estabilidad.

Durante el llenado del embalse, la sismicidad inducida puede ser un factor generador de movimiento diferencial en las márgenes del río, con la posible reactivación de alguna estructura geológica por los esfuerzos generados en el llenado.

## Suelos

Se verá afectado por la construcción del proyecto dentro del área de construcción de la cortina debido a los desmontes y los movimientos de masa, una afectación menor por el llenado del embalse dado que este proceso afectará lechos de los ríos y sus laderas anexas de poca significancia en cuanto a suelo se refiere. El área de construcción de la cortina tiene una afectación local y limitada la cual debido al estado que presentará el sitio posteriormente a la construcción no serán de consideración. El resto del área de estudio no tendrá una afectación considerable con la construcción del proyecto siguiendo el proceso natural que ha imperado en la zona en los últimos años.

## Hidrología

La no significancia de los impactos está en gran medida determinada por las modificaciones del régimen hidrológico como producto de la regulación realizada en las presas de Santa Rosa y Aguamilpa y en un futuro inmediato por el Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, así como la extracción de agua del río Lerma y la falta de continuidad de flujo hacia el Santiago y la extracción de acuíferos subterráneos y conducción de agua del Lago de Chapala para suministro a Guadalajara. Por ende son diversos los factores que se aprecian como determinantes para la calidad del agua en la zona y que estos escapan de la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca.

Siguiendo con el enfoque geomorfológico de la zona, una vez llenado el vaso se tendrá una erosión constante de las paredes que contribuirá con el azolve de la zona de inundación. Para este impacto no existe una medida de mitigación pues no se controla el flujo del agua ni tampoco el estado de llenado del embalse dependiente en gran manera de la precipitación en la zona. Sin embargo la remoción en masa en la franja muerta del embalse por variaciones del nivel de agua si puede ser mitigada por medio de la estabilización, modelación o derrumbamiento de las laderas con mayor riesgo de remoción.

El aumento de la población impactará de manera indirecta sobre los acuíferos en la zona y no solo sobre los manantiales actualmente empleados. Este impacto será ocasionado por el aumento en el consumo de agua debido al incremento de la población en Hostotipaquillo. La existencia de población flotante y las actividades consumidoras de agua como es el aumento en la demanda de este recurso para consumo humano.

Aguas arriba de la cortina se dará un proceso de eutrofización muy marcado, o en su caso una disminución de la calidad del agua en la parte del Bolaños que quedará inundada por el vaso de la presa. También existirá un aumento en la concentración de los nutrientes, con ello una disminución de la calidad del agua por eutrofización y limitaciones al desarrollo de la fauna acuática. A su vez, existirá una afectación a la calidad del agua por la mezcla en los cauces tributarios al Río Santiago.

Un impacto positivo en la hidrología superficial aguas arriba de la cortina con el llenado de la presa es el aumento de la navegabilidad y la pesca así como el fortalecimiento de dicha navegabilidad como un medio de transporte, recreación y pesca tanto deportiva como con fines alimenticios.

#### Calidad Escénica

Los principales impactos del proyecto y de hecho los únicos significativos para la calidad escénica y el impacto visual serán en esta etapa de construcción, la visión del área de afectación donde se llevarán a cabo los trabajos (construcción y mantenimiento de los caminos, construcción de la cortina etc.), cabe mencionar que esto solo podrá ser observado a partir de una porción del camino de acceso a La Yesca. Debido a la presencia del área inundada se incrementará la incertidumbre sobre la calidad del paisaje. Para evitar que esto degenera en un problema mayor se recomendó la creación de un sistema de información sobre condiciones para estancias en el área, el cual deberá poderse consultar por los posibles usuarios antes de visitar la zona. De esta manera se dará satisfacción a las necesidades de información de los paseantes y se dará certidumbre a operación de negocios relacionados con los visitantes.

### **VII.1.2 MEDIO BIÓTICO.**

#### Vegetación

Una de las consecuencias de la construcción y la inundación del área es la reducción de la superficie arbolada de la selva baja caducifolia y en algunas porciones de las cañadas que se encuentran por debajo de la cota de los 580 msnm, donde se presenta la vegetación riparia de *Enterelobium cyclocarpum* y *Ficus* spp., También se verá afectada algunas porciones de selva baja caducifolia espinosa que se encuentra creciendo sobre los playones y en toda el área de inundación; la selva baja perennifolia espinosa.

Alrededor de 45 especies de árboles de la selva baja caducifolia se verán afectadas por las actividades generales del proyecto, siendo el área de construcción y el área inundada donde se verá más reflejado esta perturbación, esto correspondería al 50% del total de los árboles reportados para la zona. Lo interesante es que estas especies cuentan con una amplia distribución a lo largo de la barranca, donde este tipo de vegetación es predominante.

Se localizó en el área de estudio especies que se encontraban dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001. Con estatus de amenazadas se identificaron *Tabebuia chrysantha*, *Tabebuia palmeri*, *Masticodendron Camiri* y *Dasyllirion acotriche* estas dos ultimas marcadas como endémicas. Con estatus de protegida se encontró a la *Amoreuxia palmatifida*. Estas especies no serán

amenazadas significativamente por el proyecto dado que se encuentran distribuidas por toda el área de estudio, así como en el área de inundación y el sitio de construcción de la cortina, así que las poblaciones no se verán diezmadas por las obras de construcción. Sin embargo, se recomienda la elaboración de programas de reforestación para estas especies.

## Fauna

Durante y posteriormente a la etapa de construcción se dará en la zona un posible arrastre y sedimentación de materiales de construcción potencialmente dañinos a la flora y fauna acuática, contribuyendo al azolve del vaso. Para evitar esto se deberá realizar la limpieza de la zona de talleres, obradores y playas que hayan sido empleadas para alguna obra o actividad relacionada con la construcción; todo esto después de su operación, teniendo principal cuidado de retirar y limpiar completamente aquellos materiales que podrían ser peligrosos para la flora y la fauna acuática. Se busca evitar con esto, la generación de un pasivo ambiental que aumente la contaminación de vaso una vez inundado. Para evitar que esto suceda se deberán realizar las medidas durante todo el periodo de construcción de la presa y tener lista la limpieza antes del llenado del vaso.

Finalmente en el medio biófico la afectación sobre la fauna tanto terrestre como acuática se dará a partir de diversas actividades como desmontes, despalmes, rellenos en cuerpos de agua, etc. Se corre el riesgo de una reducción de especies faunísticas terrestres y acuáticas, así como el desplazamiento de especies faunísticas especialmente terrestres hacia otros lugares, fuera del área de afectación. Otro de los mayores impactos es la pérdida de nidos, madrigueras u otros que sirven de refugio a las diversas especies que ahí habitan.

### **VII.1.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO**

El sitio que ha sido seleccionado para la construcción de la presa, así como el área que se verá impactada por el llenado del embalse no representa un lugar de afectación social muy marcada, la población se encuentra dispersa y en bajo número. Las actividades antropogénicas son de perfil muy bajo siendo la agricultura y la ganadería las actividades más preponderantes dentro del marco social y económico en la zona. Sin embargo, la conservación biológica de la zona, se verá alterada con el llenado del embalse, se debe de establecer la posibilidad de que con la implantación de programas se desarrolle la zona económica y socialmente de una manera sustentable. En el ámbito social la mayoría de los impactos presentes son positivos lo cual representa una oportunidad para el desarrollo armónico de la zona, que mejorarán la región de influencia, dentro de los principales impactos se encuentran el incremento en el crecimiento demográfico, variable importante ya que en las últimas décadas la región ha presentado un moderado crecimiento y en el municipio de Hostotipaquillo se presenta un decrecimiento poblacional en términos absolutos. Es importante volver a recalcar que la zona donde se construirá la presa así como la mayor parte del área de influencia posee una densidad poblacional realmente baja, debido a las condiciones topográficas, edafológicas y climáticas adversas de la zona.

A su vez se verán impactos positivos en el empleo dado que con la construcción de la presa se generaran alrededor de 5 000 empleos directos e indirectos, el ingreso de los trabajadores y la inversión de la región también se verá mejorado. Finalmente estas variables tendrán impactos positivos sobre los patrones de consumo y uso del tiempo de los habitantes de la región. En general los impactos positivos identificados impulsarán una sustancial mejora en la calidad de vida de la región.

La existencia de población flotante y en tránsito durante la fase constructiva del proyecto provocaría un aumento de demanda de agua para consumo humano y competencia por el recurso. El área de Mesa de Flores, propuesta para la obra civil principal del proyecto e instalaciones asociadas (campamentos y talleres), es una zona crítica para el abastecimiento de agua de calidad para consumo humano.

Con la aparición de los campamentos donde habitarán los obreros y los ingenieros que trabajaran en la construcción de la presa se crearán riesgos a la salud de la población circundante, así como de los que habitan los campamentos. Para prevenir que esto no ocurra se propone un programa de prevención de enfermedades en cooperación con los servicios de salud de la región. En el cual se debe de contener un perfil epidemiológico de los trabajadores, un catastro torácico y un estudio de morbilidad. También se debe diseñar e implementar campañas de prevención de enfermedades y atención a la salud así como contar con un sistema de atención de emergencias.

En el caso de que los manantiales, pozos y/o depositos de agua tuviera agua de baja calidad se podrían dar alteraciones a la dinámica poblacional de la zona por los daños a la salud generados por el líquido no apto para consumo. Se propuso para prevenir esta contingencia la aplicación de un programa de calidad del agua. Dentro de este programa se contempla el tratamiento del agua de manantiales, el saneamiento de aguas residuales para cumplir con las normas vigentes, el monitoreo de redes y plantas de tratamiento y la revisión de tarifas y ajuste de las mismas. Así como cooperar con gobiernos locales para crear capacidades municipales de manejo

Estas medidas prevendrán de enfermedades a los habitantes de la zona y a los trabajadores de la obra, disminuirán los costos médicos y se mejorará la infraestructura de la zona.

La aparición de nueva población en el área del proyecto, así como en los municipios circundantes generará una saturación de la oferta educativa afectando al sistema sociocultural, sobre todo en el área de Hostotipaquillo. La forma de mitigar esto es a partir de una ampliación temporal de oferta educativa por medio de creación de aulas temporales, contratación temporal de profesorado y el cuidado de la calidad del servicio educativo ofrecido en la zona

También se recomienda la creación de un programa de vivienda temporal para mitigar la escasez y encarecimiento de la misma que se generará con la construcción del proyecto. Con este programa se creará un fondo para la construcción de viviendas temporales, un esquema de cooperación con el municipio para creación, restauración y adaptación de viviendas. También se elaborarán programas para el abandono de campamentos tomando en cuenta

las preferencias sociales a favor de una reutilización parcial. Se deberá exigir a los contratistas el diseño de campamentos tomando en cuenta la posibilidad de reutilizarlos parcialmente.

Sin embargo, se debe de obtener la cooperación del municipio en la definición de lineamientos y programas de cambio de uso de suelo dentro de los planes de centro de población o de los planes parciales o la actualización de los mismos para dar cabida al programa de vivienda.

Estas medidas deberán aplicarse desde el inicio del proyecto hasta cuatro años después de haber iniciado el proyecto. Con estas medidas se mitigará la inflación a nivel local, se ofrecerán viviendas de mejor calidad y se evitan daños a la estructura además de que se gana experiencia local en la gestión de proyectos.

La elaboración de un programa permanente de comunicación social deberá contar con oficinas de atención en Hostotipaquillo, La Yesca y Magdalena que dará monitoreo y atención a quejas y demanda de la ciudadanía, para esta última acción se recomienda contratar a un mediador con experiencia que pueda conducir profesionalmente los esfuerzos para la aceptación del proyecto.

Los beneficios de este programa, además de la aceptación social, será una disminución probable de conflictos, una reducción de la intensidad de la controversia generada por el proyecto y la creación de certidumbre entre la población acerca de la ejecución del mismo.

Es de vital importancia el crear una visión donde la construcción del proyecto no dañe de manera sustancial e irremediablemente al entorno social y ambiental de la zona. Para esto es necesario comprender el enfoque que tomará el proyecto una vez que se construya en función simultánea con las medidas de mitigación, corrección, prevención y compensación para cada uno de los impactos significativos. Estas medidas y programas están diseñados para controlar las variables de cambio en la zona y evitar que estas se vuelvan irreparables. La efectividad de estas medidas y proyectos radican en la correcta aplicación de las mismas, su continuación a través del tiempo para el cual han sido diseñadas y bajo los lineamientos adecuados que les permitan ser efectivas. A su vez es muy necesaria una continua revisión de las mismas, no solo para corroborar los métodos adecuados de implantación sino además para reevaluar su efectividad y permitir un rediseño o mejor lo cual asegurará el éxito de las medidas planteadas, por lo que las describimos a continuación:

**Tabla 1. Medidas de mitigación por afectación, por etapas y factor ambiental  
IMPACTOS EN EL ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA AL PROYECTO**

ETAPA: CONSTRUCCIÓN DEL SITIO		
<b>FACTOR AMBIENTAL</b>	<b>ACTIVIDAD QUE OCASIONARA EL IMPACTO</b>	<b>MEDIDA DE MITIGACIÓN PROPUESTA</b>
Geomorfología	Mantenimiento y rehabilitación de caminos, extracción del material excavado, Apertura y nivelación de plataformas.	Diversas actividades de obra civil y Reforestación

ETAPA: CONSTRUCCIÓN		
<i>Calidad del Aire</i> Emisiones de:· Partículas, Gases y Contaminantes gaseosos	Bancos de material, construcción de caminos, obras de cortes, dinamitado, excavación, relleno, operación de maquinaria, producción de concreto, trituración y separación de roca	· Humectar las áreas de los bancos de material, construcción de caminos, sitios de cortes, donde se aplique dinamitado, sitios de excavación y rellenos.· Verificar los niveles de emisión de vehículos.· Instalar equipo de control de emisiones para polvos en las plantas de producción de concreto.· Instalar equipo de control de emisiones para polvos en las plantas de trituración y separación de roca.· Aplicar programas de mantenimiento a los equipos de combustión.
<i>Geomorfología</i> Recursos Minerales	Llenado del embalse	Acuerdo con el Consejo de Recursos Minerales para garantizar la no afectación a potenciales recursos mineros en el área involucrada por el proyecto.
<i>Geomorfología</i> Deposición de sedimentos	Operación de la zona de talleres	Limpieza de la zona
<i>Suelo</i> Erosión, Inundaciones, Desertificación y Contaminación	Desmontes, despalmes, cortes, excavaciones, nivelaciones.· Habilidad de caminos.· Extracción de áridos (bancos de material)· Levantamiento de la cortina· Utilización de vehículos de carga y transporte y maquinaria pesada· Generación de residuos peligrosos.	Instalación de almacenes, correspondientes a combustibles y lubricantes, se colocaran depósitos rotulados con la leyenda "BASURA" y las medidas de mitigación propuestas en las Fichas Técnicas 1 y 2
<i>Hidrología Subterránea</i> Manantialismo	Llenado del embalse Consumo de agua	Estudio adicional sobre disponibilidad de agua
<i>Hidrología Subterránea</i> (Acuíferos)· Calidad de aguas subterráneas· Flujo de manantiales	Incremento en la población por las diferentes actividades de la construcción	Especificaciones de construcción para obras de abastecimiento de agua Sustitución de especies en estatus de protección



<i>Socioeconómico</i> · Salud	Permanencia de trabajadores en zona de campamentos y obra. Formación de campamentos	Programa de prevención de enfermedades en cooperación con servicios de salud.
Socioeconómico Salud· Educación· Servicios públicos· Vivienda	· Descarga de aguas residuales de oficinas, campamentos y comedores· Todas las actividades de construcción CC1-CC28 (Ver Matriz Causa-Efecto)· Actividades de la construcción CD1-CD33 (Ver Matriz Causa-Efecto)· Presencia temporal de familias de algunos trabajadores de la obraCE1-CE33 (Ver Matriz Causa – Efecto)	Programa de calidad de agua. Ampliación temporal de oferta educativa. Programa de mantenimiento y adecuación de servicios públicos municipales. Programa de creación de vivienda temporal
<i>Socioeconómico</i> · Patrimonio Cultural	Actividades de construcción CG1-CG33 (Ver Matriz Causa – Efecto)	Identificar y salvaguardar el patrimonio cultural y arqueológico existente en la región del proyecto
<i>Socioeconómico</i> · Tejido Social	Todas las actividades de la construcción	Instaurar un programa de identificación atención social y manejo de conflictos
<i>Socioeconómico</i> · Perdida de suelo y bienes distintos a la tierra	Actividades de la formación del embalse	Compensación económica
<i>Socioeconómico</i> · Sistema vial	Llenado del vaso	Restitución de puentes antes del llenado
<i>Socioeconómico</i> · Vivienda	Llenado de vaso y zona de obras	Reubicación de comunidades
<i>Socioeconómico</i> · Costo de vida	Actividades de la Construcción BW1-BW33 (Ver Matriz Causa – Efecto)	Generación de empleos para grupos vulnerables
<i>Seguridad e Higiene Ocupacional</i> · Seguridad / Integridad física · Sistema Auditivo· Sistema Respiratorio	· Las diferentes actividades de construcción por el personal laboral. · Desviación del río. · Levantamiento de la cortina	· Monitoreos para emisión de ruidos. · Equipos de protección laboral para el trabajador. · Aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas para éste factor ambiental. · Medidas de mitigación (Ver Ficha Técnica 2)
<b>ETAPA: OPERACIÓN</b>		
<i>Geomorfología</i> -Laderas	Variaciones en el nivel del embalse	Estabilización o derrumbamiento de laderas
<i>Socioeconómico</i> · Turismo	Formación del Embalse	Sistema de información sobre condiciones para estancias en el área

<b>IMPACTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA (AGUAS ABAJO DE LA CORTINA)</b>		
ETAPA: OPERACIÓN		
<i>Hidrología Superficial</i> · Variación del flujo	Formación del embalse	· Implementación de un programa de monitoreo de la evaluación ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del río Santiago

<b>IMPACTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA (AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA)</b>		
ETAPA: CONSTRUCCIÓN		
<i>Vegetación</i> · Perdida de diferentes tipos de vegetación, de especies bajo estatus de protección, de valor económico y social.	Desmontes, despalmes, apertura habilitación de caminos y construcción / presencia de campamentos	· Recuperación de germoplasma y reforestación con especies de que se encuentren en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial
<i>Fauna terrestre y acuática</i> · Perdida de diferentes tipos de habitats de fauna terrestre y acuática con estatus de conservación, endémicas y restringidas.	Desmontes, despalmes, habilitación de caminos y zonas inundables, llenado del vaso	· Programas de rescate y reubicación
ETAPA: OPERACIÓN		
<i>Hidrología Superficial</i> · Eutrofización· Calidad fisicoquímica y microbiológica	Llenado del embalse	· Adición de precipitadores de nutrientes
<i>Hidrología Superficial</i> · Variación del flujo	Llenado del embalse	La medida de mitigación propuestas en la Ficha Técnica 22
<i>Hidrología Superficial</i> · Evapotranspiración. · Evaporación	· Llenado del embalse	Control de la flora acuática nociva del embalse

## **VII.2 PROGRAMAS DE MONITOREO**

Programa de evaluación ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del río Santiago.

De acuerdo con los resultados de la evaluación de impacto ambiental del PH La Yesca, la ejecución de este proyecto no tendrá repercusiones relevantes sobre el entorno socio – ambiental en el cual se desarrollará, con excepción de una pérdida de calidad de agua resultante del embalsamiento, aunque el origen último de este deterioro yace en la contaminación del cauce del río Santiago por las descargas de aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Sin embargo, la no significancia de los impactos está en gran medida determinada por las modificaciones del régimen hidrológico como producto de:

- la regulación realizada en las Presas de Santa Rosa y Aguamilpa, y en un futuro inmediato por el Proyecto Hidroeléctrico el Cajón,
- la extracción de agua del río Lerma y la falta de continuidad de flujo hacia el Santiago y,
- la extracción de acuíferos subterráneos y conducción de agua del Lago de Chapala para suministro a Guadalajara,
- las descargas de agua residual sin tratamiento adecuado desde fuentes urbanas, de la industria de transformación y agroindustria a la cuenca del Santiago.

Por lo anterior es que se propone como medida de compensación que se realice un programa de investigación para evaluar el efecto ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago, el cual tendría como objetivo principal cuantificar los efectos que sobre la calidad del agua, biota acuática así como a la vegetación asociada al flujo del río, por el desarrollo del sistema de presa hidroeléctricas en el río Santiago.

Dada las características de las obras existentes en el río, este programa estaría desarrollado para retomar la experiencia de lo ocurrido en él para retroalimentar la planeación y diseño de futuros proyectos.

Este programa tendría un alcance físico desde el embalse del PH Santa Rosa hasta la desembocadura del río Santiago en el Océano Pacífico y tratará de evaluar los impactos que se ocasionan durante la construcción, el llenado del embalse, y la operación de las centrales hidroeléctricas.

También se incorporara en este programa una identificación y diagnóstico de riesgos para los embalses por la actividad minera desarrollada en el río Bolaños, y cualquier otra zona de la cuenca.

Los aspectos esenciales que se han determinado como relevantes y que se van a analizar son los siguientes:

1. Modificación del régimen hidrológico
2. Transporte de sedimentos

3. Calidad de agua
4. Productividad biológica
5. Productividad pesquera
6. Aprovechamiento turístico – recreativo
7. Impacto en los procesos de captura de carbono y generación de GEI

El tiempo de ejecución de este programa se estima que será de 30 a 36 meses y se propone que inicie 3 meses después de autorizado el proyecto.

## **VII.2.1 PROGRAMA ESPECÍFICO DE MONITOREO DE VARIABLES HÍDRICAS, MICROBIOLÓGICAS E HIDROQUÍMICAS DEL SUBSISTEMA ACUÁTICO ENTRE STA. ROSA Y EL CAJÓN.**

### **VII.2.1.1 Objetivos Generales**

Desarrollar una investigación y monitoreo básico de condiciones ambientales del subsistema acuático del Río Santiago comprendido entre la Presa de Santa Rosa y el PH El Cajón - incluyendo al PH La Yesca y sus principales cursos de agua de influencia- como resultado del próximo llenado del embalse del PH El Cajón y su interacción con el proyecto del PH La Yesca.

Obtener datos cuantitativos representativos y definir semicuantitativamente los nuevos procesos de cambio y los potenciales impactos relacionados con el llenado del embalse de El Cajón. Prospeccionar procesos en el desarrollo de las primeras fases del proyecto del PH La Yesca, hasta años después de entrada en operación.

#### **VII.2.1.1.1 Objetivos Específicos**

El programa de monitoreo busca mejorar un modelo hidrológico y de calidad del agua con datos de monitoreo directo que sirva de apoyo para la toma de decisiones. El monitoreo y modelado servirá para documentar y hacer mejoras en el manejo del sistema biofísico que comprenden las unidades ambientales descritas en el Capítulo IV y sus áreas de influencia.

Este programa de monitoreo representa un insumo específico del Programa de Evaluación Ambiental del Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Santiago ( en este mismo capítulo), y permitirá conocer variables físicas, químicas y microbiológicas que puedan indicar cambios en el comportamiento del sistema ambiental inducidos por el llenado del embalse del PH El Cajón, su operación y el llenado del embalse del Ph La Yesca.

#### **VII.2.1.2 Alcances generales del Monitoreo de Calidad del Agua y Modelado de Eutroficación**

Los lineamientos de monitoreo incluyen el muestreo, caracterización química y microbiológica de diversos componentes ambientales del subsistema acuático sobre la base de métodos de muestreo de la Norma Oficial Mexicana (NOM), y otros organismos de referencia internacional.

Los resultados del muestreo servirán para calibrar un modelo de simulación de la calidad del agua útil para establecer tendencias y cambios por la presencia del embalse del PH El Cajón que puedan tener mayor relevancia.<sup>1</sup>

Si bien se han presentado ya con anterioridad resultados del estudio del Modelado de Eutroficación del PH La Yesca (ver Capítulos V y VIII), éstos sólo pueden interpretarse como indicativos para considerarse como valores de referencia de calidad del agua de la Presa de La Yesca bajo condiciones de descarga de aguas residuales similares a las actuales. Lo anterior es debido a la carencia de información disponible, suficiente y confiable para calibrar el modelo.

### **VII.2.1.3 Datos a obtener del monitoreo**

Para lograr los objetivos propuestos es necesario contar con datos directos, obtenidos del monitoreo dinámico del sistema hídrico:

- Calidad del agua y sedimentos
- Morfométricos
- Aforos
- Cinéticos

#### **VII.2.1.3.1 Calidad del agua**

Muestreos tanto de la superficie, como a diferentes profundidades. Muestras analizadas por parámetros sedimentarios y de calidad del agua

#### **VII.2.1.3.2 Morfométricos**

Estudios de morfología – futura batimetría- de los embalses, así como el área transversal de los cuerpos lóticos que alimenten a las presas.

#### **VII.2.1.3.3 Aforos**

Recopilación y generación de información de los flujos volumétricos (caudales) de cada uno de los cuerpos lóticos que alimenten a las presas <sup>2</sup>, así como un detalle de los flujos estimados de las extracciones de las mismas.

#### **VII.2.1.3.4 Cinéticos**

Parámetros indicadores de la velocidad de degradación de parámetros, así como de la interacción de las variables a establecerse en un modelo similar al incluido en el Capítulo VIII <sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Con particular énfasis se realizará el monitoreo y se procurará calibrar la simulación de los cambios de la desviación del flujo, la retención del flujo, el llenado del vaso y la operación del embalse del PH El Cajón y para pronosticar con mayor certeza los cambios en el PH La Yesca.

<sup>2</sup> en los puntos de muestreo de calidad de agua y durante el periodo de muestreo

<sup>3</sup> presentado para este trabajo por MC A. D'Urquiza (2005). Contar con estos datos permitirá calibrar el modelo de calidad del agua detallado para entender la dinámica de los contaminantes de este sistema durante un año típico tomado como la base del modelado.

#### **VII.2.1.3.5 *Productos***

Para el sistema hídrico modelado, los productos asequibles son:

- Modelo morfométrico de los embalses (expresión exponencial la cual relaciona volumen almacenado, área superficial, profundidad máxima y profundidad media en función de la cota de superficie únicamente).
- Balance volumétrico del sistema de embalses.
- Caracterización de tiempos de residencia de los embalses.
- Correlaciones estadísticas de parámetros de calidad del agua, válidas para el sistema de embalses considerado.
- Perfiles de degradación de contaminantes en función de la distancia recorrida en los cuerpos lóticos del sistema.
- Determinación de la estratificación en los embalses (profundidades de epilimnion, mesolimnion e hipolimnion).
- Perfiles de concentración de contaminantes según la profundidad de los embalses.
- Determinación del estado trófico de los cuerpos hídricos del sistema.

#### **VII.2.1.4 *Aplicaciones***

- Generación y colecta de información relevante para la caracterización ambiental de la cuenca y potenciales impactos acumulativos.
- Efectividad de estrategias y medidas de mitigación a nivel de cuenca para reducir o controlar la magnitud de la eutroficación de los embalses. Herramienta de apoyo a la toma de decisiones en cuanto a medidas de mitigación o compensación a nivel de cuenca.<sup>4</sup>
- Potencial simulación de distintos escenarios de llenado de La Yesca, para entender el impacto en los embalses y en el Río Santiago aguas abajo.
- Insumo para el modelado de acumulación y degradación de sedimentos.
- Servir como base para el modelado de la generación de gases de invernadero, y captura de carbono
- Sustentar información para realizar un análisis de riesgo ambiental a la salud humana – de ser relevante- por exposición a sustancias tóxicas en la carne de los peces que pudieran pescarse en los embalses del sistema.

---

<sup>4</sup> Las medidas de mitigación incluidas en el capítulo VI, pueden ser sugeridas pero no gestionadas por CFE. Representan atribuciones y responsabilidad de organismos operadores de agua, comisiones estatales de agua, CONAGUA y /o comités de cuencas; dependiendo de la escala y tipo de proyecto, localización y actores involucrados

### **VII.2.1.5 Principales componentes del monitoreo de calidad del agua**

#### **VII.2.1.5.1 Parámetros de Calidad del Agua**

Siguiendo un Protocolo de Muestreo de Calidad del Agua para el aseguramiento de la representatividad y calidad de las muestras, los grupos de parámetros de análisis incluyen:

- Parámetros para la modelación de calidad del agua
- Parámetros de dinámica de eutroficación
- Parámetros de interacción de los sedimentos, así como la generación de gases de invernadero/ captura de carbono
- Parámetros Cinéticos para el Modelo de Eutrofización
- Parámetros de potenciales riesgos ambientales a la salud humana por consumo de contaminantes en peces
- 

#### **VII.2.1.5.2 Principales componentes del modelado de calidad del agua**

Se propone un modelo que contenga, al menos, los siguientes componentes para el sector del subsistema acuático definido:

- Caracterización Morfológica del Sistema Afluentes-Presas
  - Modelo Morfométrico de la Presas
  - Balance Volumétrico de la Presas
  - Tiempo de Retención Hidráulica de la Presas
- Uso de *software* especializado para el modelado de calidad del agua en cuerpos lóticos y lénticos
- Modelación matemática de los niveles de oxígeno disuelto en los cuerpos lóticos<sup>5</sup> del sistema.
- Modelo matemático de simulación de eutroficación para las dos presas con influencia directa a y desde el PH La Yesca.
  - Eutroficación en cuerpos lénticos
  - Nivel trófico de las presas
  - Perfil de extinción de la luz para la profundidad de las presas
  - Temperatura en función de la profundidad de la presa
  - Distribución espacial de oxígeno, nutrientes y sólidos en la superficie del vaso de las presas
  - Distribución de oxígeno disuelto, nutrientes y sólidos en la columna de agua de las presas
- Simulación del proceso de eutroficación para las presas

---

<sup>5</sup> Los cuerpos lóticos son aquellos cuerpos de agua en los cuales se presenta una dirección de flujo dominante debida a la advección, es decir, cuerpos tales como ríos o arroyos, mismos que suelen ser afluentes o efluentes de cuerpos lénticos.

## **VII.2.2 PROGRAMA DE MONITOREO DEL MEDIO SOCIAL**

En este apartado se establecen los componentes de un programa de monitoreo del medio social que contempla acciones destinadas a mitigar los impactos del proyecto en este medio y a facilitar la comunicación entre la Comisión Federal de Electricidad como promotora del proyecto y las diversas comunidades de los municipios ubicados en la región.

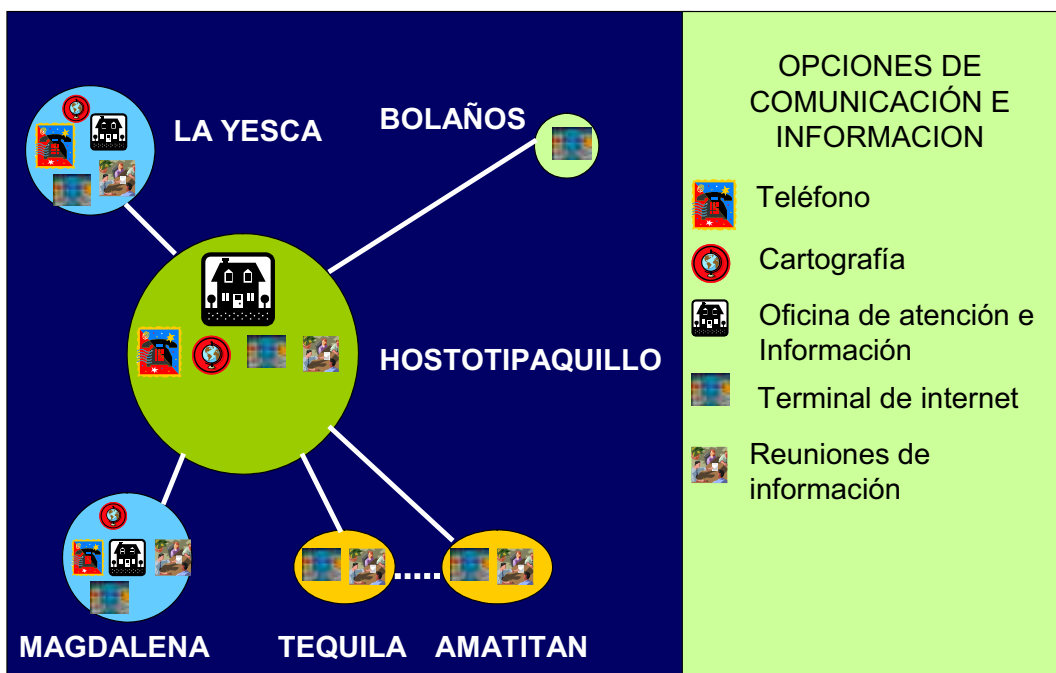
Los lineamientos que se proponen toman en cuenta los alcances, duración y naturaleza del proyecto propuesto por CFE, así como los resultados obtenidos en el diagnóstico participativo de percepciones y expectativas sociales respecto al proyecto y de los talleres participativos celebrados en Hostotipaquillo y Tequila durante el estudio para la manifestación de impacto ambiental.

### **VII.2.2.1 Necesidades de comunicación con la población de la región**

Justificación. Tanto en los estudios de campo realizados en el diagnóstico participativo como en los talleres se detectó que la construcción del proyecto genera múltiples dudas de la población de los diversos municipios relacionados con la duración del proyecto, los beneficios que dicho proyecto genera en la región, oportunidades de empleo y negocios, superficie afectada, condiciones laborales de las personas contratadas para la construcción de la presa y los impactos que tendrán en las vías de comunicación las diversas actividades contempladas. Dado que el tipo de preguntas, dudas o necesidades de información pueden variar entre los municipios y a lo largo del tiempo que dure la construcción del proyecto, es recomendable que como parte del programa de monitoreo del medio social se mantenga un programa de comunicación con la población de la región que contemple diversas acciones.



## P. H. LA YESCA RED DE INFORMACION Y COMUNICACIÓN SOCIAL



Líneas de acción y estructura de comunicación. Tomando en cuenta el tipo de impactos generaría el proyecto en los distintos municipios se considera recomendable operar una red de información que contemple una variedad de opciones de comunicación e información como son la operación de oficinas de información y comunicación, terminales de internet con información sobre el proyecto, cartografía y reuniones de información. La estructura de la red que se considera pertinente para la región se presenta en la siguiente gráfica. Todo esto se ejemplifica en la figura anterior.

¿Que monitorear y con que frecuencia? Se monitorean necesidades generales y específicas de información así como avances logrados en la materia. Esto debe ser una actividad permanente con evaluaciones periódicas –semestrales- de los avances y la efectividad alcanzada en la comunicación e información establecida.

### **VII.2.2.2 Prevención, atención oportuna y manejo de conflictos sociales asociados al proyecto.**

Justificación. Si bien en términos generales, en la región existe una disposición favorable al proyecto hay situaciones que preocupan a la población en general y algunos sectores en particular. Temas como la criminalidad, los vicios, las enfermedades y la vulnerabilidad de las mujeres son ampliamente compartidos sobre todo en los municipios de Hostotipaquillo, Magdalena y en menor medida La Yesca. Esos son temas

potencialmente generadores de tensiones sociales que pueden derivar en conflicto si no se les presta atención. Por otro lado existen temas específicos que pueden generar conflictos derivados de un incumplimiento de expectativas de grupos específicos como son propietarios que deben ser compensados, comunidades rurales que ven cortadas sus vías de comunicación y grupos sociales expuestos directamente a problemas asociados a la presencia de una gran cantidad de trabajadores que llegan de fuera.

Líneas de acción. Para evitar este tipo de problemas, el monitoreo de este tipo de asuntos se debe hacer en forma paralela al desarrollo de las actividades del proyecto y a medida que van llegando a la región los trabajadores. Para esto se considera necesario dos líneas de monitoreo.

Auditoría del programa de ejecución de obras y proyectos. Los conflictos pueden surgir asociados a errores de asincronía entre actividades de ejecución del proyecto y desarrollo de medidas de mitigación o prevención que den lugar a periodos agudos de impacto como puede ser el cierre temporal de una vía de comunicación, un lapso innecesario entre afectación e indemnización, o llegada de trabajadores sin que existan en la región los campamentos e instalaciones para atender sus necesidades.

Evaluación de percepciones y necesidades sociales. Dirigida a conocer de manera sistemática como está siendo recibido el proyecto en la región y a identificar necesidades sociales surgidas a partir de las obras de ejecución. Esto se puede resolver mediante sondeos y reuniones de trabajo con representantes comunitarios.

Evaluación del sistema de comunicación e información y formación de capacidades en el manejo de conflictos. Dirigida a conocer los problemas enfrentados en la estrategia de comunicación y a formar capacidades entre personal de CFE y empresas constructoras en atención y manejo de situaciones controversiales o conflictivas. Esto incluye el desarrollo de una política de prevención de conflictos cuyo cumplimiento puede ser auditado periódicamente.

¿Qué monitorear y con que frecuencia? Se monitorean las tensiones sociales existentes, la frecuencia con la que ocurren eventos potencialmente generadores de conflictos sociales, y los avances logrados en el buen manejo de ese tipo de situaciones –auditorias del cumplimiento de la política de prevención de conflictos-. Es recomendable hacer evaluaciones frecuentes –por lo menos una cada tres meses durante los primeros dos años y una cada seis meses el resto del tiempo que dure el proyecto. Además es recomendable monitorear la presencia y difusión de los discursos de grupos externos en las comunidades que conforman el área de influencia del proyecto.

### **VII.2.2.3 *Monitoreo de problemas sociales y cooperación con otras entidades públicas para su atención.***

Justificación. Por las dimensiones del proyecto, se sabe que la llegada de miles de trabajadores a la zona incidirá en las condiciones de vida de la región y en el surgimiento de enfermedades, necesidades de educación y

de infraestructura y servicios para cuya atención no existen ni las capacidades institucionales ni los recursos disponibles en la región. Por lo tanto será necesario establecer un programa cuidadoso de cooperación con otras entidades públicas en las áreas de salud, seguridad pública y educación a fin de atender los problemas sociales de ese tipo que pueden surgir en la región.

Líneas de acción. El monitoreo de los problemas sociales y de las necesidades y oportunidades de cooperación entre entidades públicas se puede lograr mediante un dialogo permanente que puede incluir reuniones informales, intercambio de impresiones y talleres de evaluación participativos en la que involucrados del sector social y del sector gubernamental de la región dialogan con representantes de CFE y empresas constructoras para identificar el tipo de problemas que demandan atención y para desarrollar estrategias cooperativas para su atención. Los reportes de los diagnósticos de la situación y de los acuerdos logrados en dichas reuniones pueden ser distribuidos dentro del esquema de comunicación e información planteado en el punto 1. Una actividad específica dentro de este esquema de trabajo es definir las opciones de reubicación para la población afectada en Paso de la Yesca, y en su caso en Mesa de Flores.

¿Qué monitorear y con que frecuencia? Se monitorea el surgimiento de problemas sociales, la calidad de los servicios públicos disponibles y los avances logrados en la cooperación interinstitucional. Además de evaluaciones sistemáticas y reportes de los avances, es recomendable operar un sistema de reuniones de evaluación trimestrales durante los primeros 2 años del proyecto y luego reuniones semestrales.

#### **VII.2.2.4 *Identificación de necesidades y participación en la formación de capacidades locales para el desarrollo.***

Justificación. La construcción y operación del P.H. La yesca abre oportunidades de desarrollo en la región como son nuevas oportunidades de negocios, demanda de personal calificado e impulso a actividades agropecuarias y de servicios y mejoramiento de equipamiento y de servicios públicos. Sin embargo para que dichas oportunidades se puedan aprovechar mejor en la región será necesario que los actores públicos y privados de la región cuenten con las condiciones –capacidades- necesarias.

Líneas de acción. Para facilitar el aprovechamiento de los beneficios del proyecto es recomendable que el programa de monitoreo del medio social incluya una evaluación de necesidades de formación de capacidades locales para el desarrollo que permita diseñar acciones específicas para satisfacerlas. El trabajo de campo realizado en el diagnóstico participativo y los talleres de evaluación de asuntos de interés público arrojan un listado inicial de medidas que pueden contribuir a la formación de capacidades locales para el desarrollo. Dicha lista incluye mejores oportunidades de educación, programas específicos de capacitación para trabajadores especialmente para mujeres, desarrollo de esquemas cooperativos,

mejoramiento de capacidades de inversión mediante la gestión de créditos a microempresarios, y reorganización de estructuras de los gobiernos locales en áreas como seguridad, servicios de limpieza y agua potable.

¿Qué monitorear y con que frecuencia? Se monitorea el surgimiento de oportunidades de negocios y la disponibilidad regional de capacidades para aprovechar dichas oportunidades. Son recomendables por lo menos cuatro evaluaciones detalladas. Una antes de iniciar el proyecto, y dos más en los primeros tres años del proyecto. Adicionalmente es recomendable hacer una evaluación antes de concluir el proyecto e iniciar con la fase de operación.

#### **VII.2.2.5      *Impactos en las oportunidades de desarrollo y apoyo en el diseño e implementación de un programa de desarrollo.***

Justificación. Los impactos específicos que el proyecto tendrá en la creación de oportunidades de desarrollo de la región dependerá tanto de las actividades contempladas en el proyecto como de su programación y la manera como responden diversos actores locales a los cambios sociales y económicos más directos generados por el proyecto.

Líneas de acción. Un indicador clave para evaluar la contribución del proyecto al desarrollo de la región es el efecto multiplicador de la inversión. Este indicador mide los impactos indirectos que tiene la inversión y el empleo generados por el proyecto y sugiere que el impacto positivo es mayor en la medida que se generan nuevas actividades. Esto se puede medir mediante el seguimiento a los cambios observados en otras ramas económicas como son la producción agropecuaria y los servicios. Es posible complementar este enfoque mediante evaluaciones con juicios de expertos y actores clave –tipo delphi- para identificar brechas y oportunidades de desarrollo que se pueden aprovechar tomando medidas específicas de apoyo, así como necesidades específicas por tipo de involucrados –productores, propietarios de tierras, dueños de fincas urbanas y negocios-.

¿Qué monitorear y con que frecuencia? Se evalúa en forma comprensiva cuales son las principales oportunidades de desarrollo asociadas al proyecto y las acciones necesarias para que la región pueda aprovechar al máximo dichas oportunidades. Son recomendables dos evaluaciones. Una al inicio del proyecto y otra antes de iniciar la fase de operación. Estas evaluaciones deben tomar en cuenta lo establecido en los planes municipales y regionales de desarrollo.

### **VII.2.3 PROGRAMA DE MONITOREO CALIDAD DEL AIRE**

La calidad del aire se verá modificada durante la etapa de construcción por las emisiones de partículas y gases provenientes de las diferentes fuentes de emisión, por lo que es necesario implementar un programa de monitoreo para asegurar que las medidas de mitigación se lleven a cabo de forma adecuada.

A continuación se presenta el programa de monitoreo y seguimiento a las acciones del proyecto durante la etapa de construcción:

Actividad	Frecuencia	Etapas	Normatividad aplicable
Realizar un muestreo de la calidad del aire para partículas suspendidas totales en el área de construcción.	Única	Preparación	NOM-035-SEMARNAT-1993
Realizar muestreos periódicos de la calidad del aire para partículas suspendidas totales en el área de construcción.	Anual (en época de secas)	Construcción	NOM-035-SEMARNAT-1993
Realizar la verificación de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible para hidrocarburos totales, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.	Bimestral	Construcción	NOM-041-SEMARNAT-1999, NOM-047-SEMARNAT-1993,
Realizar la verificación de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible para hidrocarburos totales, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo.	Bimestral	Construcción	NOM-044-SEMARNAT-1993, NOM-077-SEMARNAT-1995
Realizar el muestreo de la emisión de partículas en los procesos de fabricación de concreto y trituración y separación de roca.	Anual	Construcción	NOM-043-SEMARNAT-1993
Realizar el muestreo de la emisión de partículas, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, en las máquinas asfaltadoras que utilizan equipos de combustión.	Trimestral	Construcción	NOM-085-SEMARNAT-1994
Elaborar, implementar y supervisar en campo un procedimiento para realizar los riegos periódicos en las áreas de construcción y movilización de tierras para mantener húmedos los caminos y terrenos.	Diario	Construcción	
Elaborar, implementar y supervisar un programa de uso de equipo de protección personal para los trabajadores expuestos a contaminantes atmosféricos.	Diario	Construcción	
Realizar la verificación de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible para hidrocarburos totales, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.	Bimestral	Operación	NOM-041-SEMARNAT-1999, NOM-047-SEMARNAT-1993,
Realizar la verificación de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible para hidrocarburos totales, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno,	Bimestral	Operación	NOM-044-SEMARNAT-1993, NOM-077-SEMARNAT-1995



## **VII.2.4 PROGRAMA DE MONITOREO DE FAUNA**

Con base en lo propuesto como medidas de mitigación y compensación para fauna, se hace necesario el llevar a cabo un programa de monitoreo y seguimiento para dichas medidas de mitigación y/o compensación. Estas medidas se han planteado para dos especies en particular, la serpiente de cascabel (*Crotalus basiliscus*) y para la nutria (*Lontra longicaudis*), ambas especies incluidas en la NOM-SEMARNAT-059-2001, y que fueron registradas como raras en la zona o bien solamente en ciertos sitios dentro del área de muestreo, estando todos los sitios de registro en la zona de inundación. Por estas razones se ha considerado el plantear dicho programa.

### **VII.2.4.1 Programa para la especie: *Crotalus basiliscus*.**

Este programa se deberá llevar a cabo durante la fase de construcción.

Se deberá Implementar un programa para el rescate y reubicación. Esto dado que la especie solamente fue registrada en la zona de inundación. Es factible que en el curso del proceso de inundación los individuos se desplacen aguas arriba, sin embargo sería importante asegurar que este proceso se presente.

El programa sugerido deberá contemplar:

- Evaluación poblacional de la especie.
- Localización de ejemplares y determinación de condiciones de hábitat.
- Selección de hábitat adecuado para su reubicación.
- Captura y reubicación de los individuos.
- Seguimiento de individuos trasladados.

Sería recomendable que los mismos pudieran ser relocalizados en una sitio aledaño al área del PH La Yesca, que bien pudiera ser una zona protegida. Así mismo, deberá realizarse durante la etapa de construcción y previa al llenado del vaso.

#### **VII.2.4.1.1 Programa de monitoreo particular para *Crotalus basiliscos***

Deberá llevarse a cabo posterior a la implementación de la medida. Bajo el siguiente seguimiento:

- Registro de los ejemplares localizados en el área.
- Localización de los sitios en donde fueron reubicados y/o a donde se desplazaron.
- Evaluación de la población en los nuevos sitios.
- Seguimiento del estado de la población, mediante conteos, al menos cada tres meses por dos años (estudio de dinámica poblacional).
-



#### **VII.2.4.2 Programa para la especie: *Lontra longicaudis*.**

Esta medida se deberá llevar a cabo durante la etapa de construcción, llenado y operación.

La presencia de bancos naturales, salientes, isletas y/o rocas, son elementos relevantes en el hábitat de esta especie, por lo que es recomendable asegurar su presencia en el trayecto del afluente del río Bolaños. Se prevé que la especie inicialmente se desplace aguas arriba, pero al estabilizarse el sistema es factible que recolonice algunos de los puntos originales. Se recomienda un estudio a detalle para la especie lo que permita definir medidas precisas para mitigar el impacto, en el cual se considere un estudio poblacional.

El programa sugerido para la especie deberá contemplar:

- Evaluación poblacional de la especie sobre el río Bolaños.
- Caracterización del hábitat
- Identificación de sitios semejantes aguas arriba que aseguren la presencia de la especie.
- En caso necesario, adecuación de sitios para la especie en el área de inundación.
- Seguimiento de la especies en el sitio de inundación.

##### **VII.2.4.2.1 Programa de monitoreo particular para la especies *Lontra longicaudis***

Deberá llevarse a cabo posterior a la implementación de la medida. Bajo el siguiente seguimiento:

- Partir del estudio poblacional en el sitio y evaluación de sitios adecuados para la presencia de la especie aguas arriba, particularmente sobre el cauce del río Bolaños.
- Conforme se presente el llenado del vaso, registrar, al menos cada tres meses, y hasta el término del llenado del vaso, el movimiento de los individuos de la especie aguas arriba.
- Posterior al llenado, cada seis meses, y al menos por dos años, realizar una evaluación de la presencia de la especie en la zona de inundación y agua arriba (sobre el cauce del río Bolaños), ya que es posible que pueda recolonizar el área una vez estabilizado el sistema.

## VII.2.5 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE REFORESTACIONES EN EL PH “LA YESCA”

Dentro del proceso de reforestación la evaluación de una plantación es solo una etapa, aunque es una actividad que se realiza en un momento determinado, es una actividad dinámica que es necesario realizar frecuentemente incluso antes de haberse establecido la plantación.

La evaluación de una plantación consiste en aplicar cierta técnica para recopilar información de alguna o algunas características particulares de la misma. Tal información es sometida a un análisis, que posteriormente se usará para escoger apropiadamente un plan eficiente de acciones a llevar a cabo en la plantación, tanto en el manejo como en su administración.

El objetivo de la evaluación de las plantaciones en el PH La Yesca es determinar la condición actual y el potencial del arbolado y demás recursos presentes. La atención primordial de la evaluación del arbolado se centra en la estimación de presencia o ausencia de árboles, su número, distribución y calidad, así como las condiciones de la vegetación competitiva, tasas de crecimiento y composición.

Algunas de las necesidades más importantes de información dentro del proceso de reforestación están relacionadas con el tiempo de ejecución y su profundidad de detalle a la que debe ajustarse el proyecto. Algunas evaluaciones requieren información específica mediante el uso de parcelas de muestreo mientras que otros solo se hacen reconocimiento y observaciones, mismas que en algunos casos son ampliadas con muestras en parcelas aleatoriamente distribuidas.

Dentro de las etapas más importantes de toda la fase de reforestación y manejo de la plantación se distinguen las siguientes:

CONCEPTO	EDAD DE LA PLANTACIÓN
Elaboración de mapa base y croquis donde se establecerá la plantación.	Antes del establecimiento
Preparación del terreno donde se establecerá la plantación.	Antes del establecimiento
Especificaciones de la plantación	1-2 meses
Evaluación de sobrevivencia, crecimiento y detección de problemas.	Año 1
Requerimientos de tratamientos silvícola y detección de problemas.	Año 1-3

### **VII.2.5.1 Generalidades de evaluación de las plantaciones**

En cualquier tipo de evaluación se pueden cubrir múltiples objetivos; esto es, la evaluación de la sobrevivencia puede cubrir también el objetivo de conocer la condición de la plantación, su salud e incluso sus existencias y crecimiento.

#### **VII.2.5.1.1 Evaluación de la sobrevivencia**

Sin duda, el objetivo primordial al establecer una plantación es asegurar un adecuado establecimiento de los arbolitos. La evaluación de la sobrevivencia permite obtener una medida cuantitativa del éxito de la plantación bajo la influencia de los factores como las condiciones de establecimiento, calidad de la planta usada, sistemas de plantación, método de plantación y condiciones ambientales, entre otros. El valor que se desea conocer es la proporción de árboles que están vivos respecto a los árboles efectivamente plantados, la medición se hace a cada árbol. Resulta importante que la evaluación de la sobrevivencia siempre se relacione con el objetivo de la plantación, algunos autores consideran por ejemplo un valor de 70% de sobrevivencia puede ser muy apropiado para una plantación con objetivos de protección.

#### **VII.2.5.1.2 Evaluación del estado sanitario**

El objetivo es conocer la proporción de árboles sanos respecto de los árboles vivos. Se considera que un individuo está sano cuando no presenta daños por plagas o síntomas de enfermedades en cualquiera de sus estructuras.

#### **VII.2.5.1.3 Evaluación del vigor**

El vigor de la plantación en su conjunto se describe como la proporción de individuos vigorosos del total de los árboles vivos por unidad de espacio y tiempo. Aunque la evaluación es cualitativa, en cuanto a que un árbol es vigoroso o no lo es, se medirá la altura total de la planta, el diámetro y la longitud de su copa, con la finalidad de que en un futuro se pueda proporcionar recomendaciones de la relación diámetro o longitud de copa/altura total para decidir sobre el vigor de un árbol para una especie determinada.

#### **VII.2.5.1.4 Presentación de resultados**

Es una parte importante la presentación de resultados de la evaluación, para ello se presentarán informes periódicos (anuales) y un reporte final. La mayor parte de la información resultante de la evaluación de las plantaciones se presentará mediante figuras, tablas y texto.

Se diseñaran formatos especificos que permitan captar la información necesaria para evaluar la plantación, información general que contendrá se describe a continuación:

**Localización de la plantación:** Lugar donde se desarrollo la plantación, anexando mapas, planos para su localización.

**Nombre y superficie:** Se refiere al nombre o paraje u lugar de obra, especificando el marco geográfico de la plantación (latitud, longitud y altitud)

**Datos del sitio:** Algunas de las características que se pueden presentar en el sitio de plantación como: coordenadas geográficas, porcentaje de pendiente, exposición, textura del suelo, tipo de erosión, etc.

**Establecimiento de la plantación:** Se registrará la fecha de la plantación, nombre científico y común de las especies, la densidad, superficie, arreglo de las plantas.

**Evaluación de sobrevivencia, crecimiento, estado sanitario y vigor:** Se registra por especie árbol vivo o muerto, altura total en centímetros desde el cuello hasta la yema apical; diámetro al cuello de la planta en milímetros, vigor árbol vigoroso o árbol con vigor regular o malo; estado sanitario, sano, plagado, enfermo, plagado-enfermo, se registra el agente causal.

**Condiciones de protección de la plantación:** Registrando la presencia o no de protección como: cercas de alambre de púas, piedra; protección contra incendios

#### **VII.2.5.1.5 Parcelas de monitoreo**

Se establecerán parcelas permanentes de monitoreo con la finalidad de dar seguimiento al desarrollo de las plantaciones. La ubicación de las parcelas de monitoreo será en localidades que representen las condiciones mas frecuentes de las plantaciones. El número de parcelas será de aproximadamente 10% de la cantidad de sitios de muestreo; la forma serán circulares y tamaño de 1000 m<sup>2</sup>.

Como consideraciones finales se deberá contar con un anexo fotográfico de las plantaciones.

## **VII.2.6 PROGRAMA DE MONITOREO METEOROLOGICO**

### **VII.2.6.1 Antecedentes y justificación**

Uno de los aspectos más difíciles de modelar es la determinación de escenarios climáticos a corto, mediano y largo plazo, considerando la presencia de proyectos hidroeléctricos.

Generalmente se realizan estimaciones fundamentadas en un cúmulo escaso y poco consistente de información climática, lo cual genera un porcentaje considerable de incertidumbre en las conclusiones que se obtienen al respecto.

El clima presenta variaciones naturales interanuales, las cuales deben ser consideradas cuando se trata de estimar el efecto de modificación climática por la instalación de proyectos hidroeléctricos.

El proyecto hidroeléctrico de La Yesca mantiene diversas condiciones en común con otros proyectos, tales como el de la Presa El Cajón, la presa Aguamilpa y la Presa Santa Rosa, los cuales además de situarse en el mismo cauce del Río Santiago, se ubican en condiciones fisiográficas, topográficas y de vegetación similares. Por lo que los factores modificadores del clima en todos estos proyectos son muy similares.

Esta condición puede capitalizarse para sumar la experiencia en cada uno de estos proyectos, así como acumular información que permita incrementar la precisión en la definición de escenarios climáticos futuros.

Al hablar de estos proyectos hidroeléctricos se cuenta con tres etapas de desarrollo de un mismo proceso de influencia de la presencia de una presa sobre el ambiente circundante. La Presa La Yesca en vías de construcción, la Presa El Cajón en vistas de iniciar su funcionamiento, la Presa Aguamilpa en sus primeros años funcionamiento, y la Presa Santa Rosa en sus últimos años de vida útil.

En Santa Rosa ya se ha acumulado cierta cantidad de información climatológica, la cual podría ser útil en la definición de escenarios climáticos posteriores a la presencia de la presa. Sin embargo, la información disponible proviene de una estación hidrométrica que no monitorea la totalidad de los elementos del clima, lo cual reduce las capacidades de análisis y formulación de conclusiones.

En El Cajón y La Yesca, en cambio, es oportuno que se establezca un sistema de monitoreo meteorológico continuo y se realicen mediciones de albedo para la condición “antes del proyecto” para poder comparar posteriormente estas mediciones climáticas con las de la condición “después del proyecto”. Esto permitiría evidenciar con datos reales, el posible impacto climático de la presencia de una presa en el ambiente circundante.

El albedo de superficie, es una de las variables climáticas que fácilmente pueden ser alteradas al cambiar de uso del suelo. Esto altera el balance radiativo y térmico del ambiente local. Por lo general, esta variable es ignorada y pocas o ninguna aseveración se realizan al respecto en estudios de manifestación de impacto ambiental.

Otra de las cuestiones que permanecen sin ser debidamente cuantificadas, es la magnitud de la variación de la evaporación y la humedad relativa en el ambiente circundante a una presa, una vez que se efectúa el llenado del vaso.

Tampoco el radio de afección climática está debidamente determinado. Se habla de 1, 3 o 5 km a la redonda del embalse. Sin embargo, la mayor parte de estas afirmaciones provienen de estimaciones cualitativas o cuantitativas con poca base informática real.

Si se conjuga la información actualmente disponible en las Presas de Aguamilpa, Santa Rosa y la nueva información climatológica que se genere en El Cajón y La Yesca, se podrá integrar un banco de datos que permita modelar de manera creíble los escenarios climáticos previos y posteriores al funcionamiento de un proyecto hidroeléctrico. De aquí que se justifica plenamente el establecer un sistema de monitoreo en los proyectos hidroeléctricos próximos a echar a andar no sólo en la Cuenca del Río Santiago sino en otros sitios del país y empezar a armar un banco de datos climáticos con los fines ya explicados.

#### **VII.2.6.2    *Objetivos***

1. Monitorear la climatología del área circundante a proyectos hidroeléctricos, como La Yesca y El Cajón, en los años previos al llenado del vaso y en años posteriores a éste suceso.
2. Integrar un banco de datos climatológicos provenientes de condiciones “antes” y “después” del llenado del vaso en proyectos hidroeléctricos.
3. Realizar mediciones de albedo (reflectividad de radiación de onda corta) para los diferentes tipos de cubierta superficial que se encuentran en el área de influencia de los Proyectos Hidroeléctricos de La Yesca, El Cajón, Aguamilpa y Santa Rosa.
4. Determinar de manera cuantitativa los patrones de radiación, temperatura, evaporación y humedad relativa en el área de influencia de La Yesca y El Cajón.
5. Definir escenarios climáticos previos a la puesta en marcha de las presas El Cajón y La Yesca, y escenarios climáticos a 5, 10 y 15 años posteriores al llenado del vaso.

### VII.2.6.3 **Materiales y métodos**

Para la realización del presente proyecto de monitoreo será necesario desarrollar las siguientes etapas:

1. Instalación de una pequeña red de estaciones de monitoreo meteorológico continuo en sitios aledaños a los proyectos hidroeléctricos de La Yesca<sup>6</sup> y El Cajón. Las estaciones serán automatizadas de tipo inalámbrico y serán instaladas en zonas aledañas a la ubicación del embalse en ambos proyectos.

#### VII.2.6.3.1 **Variables a monitorear:**

- Radiación solar
  - Temperatura
  - Evapotranspiración potencial
  - Humedad relativa
  - Velocidad del viento
  - Dirección del viento
1. Programación de las estaciones automatizadas para el registro de datos cada 30 minutos.
  2. Recolección de datos mediante transferencia de información de unidades de memoria base a computadora portátil, a intervalos de 1.5 a 2 meses.
  3. Medición del albedo (reflectividad) de superficie de los principales usos de suelo en el área de influencia de los proyectos de La Yesca y El Cajón. Esto se realizará mediante el uso de un albedómetro, obteniendo de 6 a 10 muestras de medición de albedo por cada uso de suelo.
  4. Integración de un banco de datos climáticos. Esto se realizará tomando en cuenta la información que se recabe de La Yesca y El Cajón, así como de las presas de Aguamilpa y Santa Rosa. Este banco de datos se compilará en Excel de Microsoft y se clasificará la información en dos condiciones: datos climáticos de una condición previa al llenado del vaso (A) y datos climáticos posteriores a este suceso (B).
  5. Análisis comparativo de datos climáticos y albedo. En esta etapa se realizará un análisis gráfico comparativo entre los datos tipo A y tipo B, tanto para las variables climáticas como para el albedo de superficie. En este último caso, por

---

<sup>6</sup> En el caso de La Yesca solo se continuaría con el monitoreo, esto debido a que durante la elaboración de la MIA se instalaron 4 estaciones automatizadas en la zona.

ejemplo, se tendrá un dato de albedo para el nuevo cuerpo de agua y para la cubierta superficial que existía antes del llenado del vaso; esto es, pastizal, matorral, etc.

6. Obtención de modelos para la definición de escenarios climáticos futuros. En esta etapa se analizará toda la información climática recolectada y se determinarán posibles efectos de la presencia de presas sobre modificaciones en los principales patrones climáticos, tales como los de la radiación solar, la evaporación, la humedad relativa y la temperatura. Algunas otras conclusiones importantes podrían ser derivadas, dependiendo del alcance y consistencia de estos modelos, como es el caso variables como presencia de neblina, ocurrencia de heladas, oscilación térmica, temperatura nocturna, temperatura diurna, etc.

#### **VII.2.6.4      *Resultados esperados***

1. Series de datos cada 30 minutos de radiación solar, dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y evapotranspiración potencial, a partir de estaciones automatizadas.
2. Banco de datos climatológicos para las condiciones “con” y “sin” la presencia de una presa.
3. Caracterización de los valores de albedo de las cubiertas superficiales de los diversos usos del suelo en el área de influencia de un proyecto hidroeléctrico en la Cuenca del Río Santiago.
4. Modelos para la definición de escenarios climáticos futuros, posteriores a la puesta en marcha de un proyecto hidroeléctrico.



### VII.3 CONCLUSIONES

El proyecto La Yesca contempla la construcción de una presa de 210 m de altura (en su tipo la más alta del mundo), para regular los escurrimientos del Río Santiago y Bolaños mediante la formación de un vaso de almacenamiento que permitirá la generación hidroeléctrica; la superficie inundable (área de embalse) asciende a 3 492 ha, en su nivel máximo extraordinario, involucrando 64 habitantes afectables. La Yesca ocuparía el tercer lugar en potencia instalada y generación dentro del sistema hidroeléctrico del río Santiago y está conceptuado como planta de generación para horas picos de consumo de energía eléctrica, con una potencia total instalada de 750 MW con dos unidades generadoras para una generación total anual estimada de 1 210 GWh.

La diversidad de análisis aplicados a los distintos subsistemas que componen el área de estudio del medio físico, natural y social permite comprender la situación que se vive en ella y permite pronosticar los escenarios a futuro, con y sin proyecto, que imperarán en la región. Este mismo sitio geográfico ya se verá afectado por la construcción del P.H. El Cajón el cual desproveerá de significancia la afectación del régimen hidráulico de modo que la construcción del proyecto en estudio, aunque represente una construcción gran magnitud, no modificará la estructura o funcionamiento del sistema ambiental.

Dentro del sistema ambiental regional (65 000 ha), el subsistema terrestre presenta un escenario sin proyecto con buenas condiciones de conservación y aunque sus características climáticas y, de relieve pueden reflejarlo como frágil, la poca presencia humana y la inaccesibilidad de los terrenos equilibran sus vulnerabilidad.

En la actualidad en el subsistema terrestre predominan los procesos naturales, a diferencia del acuático, donde las actividades humanas le afectan de manera “*in situ*”.

El área de estudio se puede categorizar como una zona aislada por su sensibilidad ambiental, en donde los factores antes referidos hacen difícil la existencia de áreas susceptibles a las prácticas de cultivo, por lo que se puede aseverar que a la fecha ya se ha aprovechado casi la totalidad de terrenos que pueden ser empleados en la agricultura. Actualmente, se observa un proceso de recuperación de la vegetación sobre terrenos abandonados que fueron aprovechados con fines agropecuarios.

Por las condiciones de la zona es difícil implementar programas o actividades que permitan incrementar la productividad agropecuaria, en consecuencia, no existen programas orientados a mejorar las condiciones de vida en la zona.

En el Medio Socioeconómico la baja densidad poblacional en el sistema ambiental se encuentra determinado también por las condiciones del relieve y clima, fuertes pendientes hacen inaccesible muchos de los terrenos y las altas temperaturas hacen que el rendimiento de las actividades agropecuarias sea muy bajo, derivando además, la inexistencia de vías de comunicación y la dificultad para proveer servicios educativos y de salud, entre otros.

Las principales actividades humanas que se realizan en la zona son las denominadas primarias (agropecuarias), las cuales han modificado ligeramente el paisaje a través de la eliminación de la cubierta vegetal, sin embargo, de acuerdo con lo observado en imágenes de satélite de los últimos 35 años, la presión que ejercen estas actividades tiende a decrecer, ya que se aprecia una recuperación de cobertura de selvas y bosques; esto al parecer, se debe a que la población ha emigrado y a que algunos de los terrenos susceptibles de aprovechamiento agropecuarios han dejado de ser utilizados. Una actividad con menor desarrollo en el área es la pesca, la cual se destina al autoconsumo y venta, principalmente hacia el municipio de Tequila.

Por lo anterior, la población dentro del Sistema Ambiental no tiene un papel preponderante en la determinación de su funcionamiento.

En la actualidad el subsistema acuático está determinado por factores exógenos; la calidad del agua y el régimen hidrológico del río Santiago en el tramo que comprende el sistema ambiental, está condicionado por la mala calidad de ésta derivado de las descargas procedente de la zona metropolitana de Guadalajara. Los actuales componentes bióticos del río y condiciones fisicoquímicas del agua, están vinculados en función directa a la existencia y operación de la presa Santa Rosa.

En la parte terrestre es el relieve y el clima los elementos determinantes del tipo de suelo, vegetación y fauna, además del aprovechamiento agropecuario y forestal que se puede tener de los terrenos y por lo tanto del crecimiento económico y la dinámica poblacional.

De acuerdo con los pronósticos realizados la calidad esperada para la mayoría de los componentes del entorno no presenta diferencias sustantivas con la calidad que se esperaría en un futuro sin la ejecución del proyecto a excepción del componente agua y en menor medida a la biota. Los cambios de mayor relevancia se esperan en: i) la calidad de agua que contendrá el embalse debido al cambio de régimen de escurrimiento y ii) la inundación de casi 3 500 ha de superficie, la pérdida de terrenos forestales, en su mayor parte cubiertos por vegetación de selva original o en franco proceso de recuperación. Es importante recordar que las condiciones del subsistema acuático del Río Santiago están fuertemente afectadas por los contaminantes que transporta, desde la ciudad de Guadalajara y por la existencia de otras presas sobre el mismo cauce

La existencia del próximo embalse de la presa El Cajón (inmediato aguas abajo de la cortina del PH La Yesca) hace que la modificación del régimen hidráulico carezca de relevancia ya que por el tamaño del embalse la afectación solo se observará en la parte final de éste. La construcción del proyecto, aunque de gran magnitud, no modificará la estructura o funcionamiento del sistema ambiental.

En el terreno social, el flujo de trabajadores hacia la zona del proyecto durante la etapa de construcción (se crearán más de 5 000 empleos directos) podrá generar cambios en la estructura social y económica de la región. El reto será aprovechar las condiciones que se generen con el proyecto para que las diferentes comunidades obtengan un beneficio del desarrollo de la obra.

Durante la etapa de construcción, las modificaciones sobre el medio acuático no presentan mayor trascendencia ya que la acción más relevante es el desvío del flujo en el área donde se encuentra la boquilla seleccionada para construir la cortina. Este desvío no tendrá repercusiones significativas sobre el flujo o régimen hidráulico, ni sobre la calidad del agua que llegará al embalse del PH El Cajón, ya que, hacia aguas abajo de la cortina, sobre el río Santiago fluirá esencialmente la misma cantidad y calidad de agua que actualmente llega a la boquilla.

Este cambio hidrológico tan poco representa ninguna relevancia sobre la biota terrestre, dado que sólo vegetación que crece en la margen del río en la zona de la boquilla, entre la toma y descarga de los túneles de desvío, presentará un efecto adverso (la vegetación que cubre el resto del cañón no tienen una dependencia directa del flujo del río). Los aportes de agua hacia el Río Santiago derivados de las actividades de construcción y presencia de trabajadores, no generará alguna modificación apreciable en la calidad de agua del río.

En el medio terrestre, el desarrollo de la obra será mucho más notorio ya que se desmontarán aproximadamente 200 ha de terrenos cubiertos principalmente por Selva Baja Caducifolia, eliminando también el escaso suelo que lo cubre o aumentando su propensión a la erosión. Estas obras tendrán un efecto mínimo sobre terrenos que tienen un aprovechamiento agropecuario. Sin embargo, se prevé que a nivel del sistema ambiental continúe la tendencia de recuperación de la vegetación sobre terrenos afectados a una velocidad mayor que la tasa de deforestación, ya que aunque se tendrá un flujo importante de población, la gran mayoría llegará a trabajar de manera directa o indirecta, en la construcción del PH La Yesca, además de que la CFE y la empresa constructora de la obra les proporcionarán los servicios básicos a su personal. Aunque no es posible establecer un número, se prevé que la mayoría de los campesinos que actualmente habitan en la zona, se incorporarán a la construcción de la obra y por lo tanto disminuya la presión sobre la vegetación y suelo por las actividades agropecuarias que hoy desarrollan. Adicionalmente, se considera que las superficies factibles de realizar alguna explotación agropecuaria está muy limitada por las condiciones topográficas (pendiente muy alta), de suelo (muy somero) y climáticas (muy extremo que genera muy bajo confort)

La superficie total de afectación representa un área mínima con respecto a la extensión total de Selva Baja Caducifolia (tipo de vegetación que se va eliminar principalmente) en el cañón del río Santiago o en el sistema ambiental, por lo que no hay ninguna amenaza a la existencia de los hábitat presentes. Las poblaciones de las especies protegidas y endémicas tampoco resultarán amenazadas debido a la amplia distribución que tienen dentro del sistema ambiental. La única especie de flora y fauna que se contempla amenazada, debido al escaso número de individuos, es la *Tabebuia palmeri* su sobrevivencia no depende de la construcción del proyecto, sino de la aplicación de algún programa de rescate o reintroducción en el sitio.

Los posibles efectos de la construcción sobre la estabilidad de los terrenos estarían limitados fundamentalmente al área del polígono de obras, como producto del uso de explosivos y la realización de cortes y nivelaciones del terreno; bajo ningún concepto se prevé que se pudiera ocasionar un cambio que pudiera trascender hacia otras zonas.

Otro punto de interés en este sentido es el desarrollo de cortes y taludes por la construcción de caminos, lo cual podría ocasionar deslizamientos o movimientos de tierra, pero al igual que la zona de obras, estos eventos no trascenderían más allá de la periferia de los caminos, además de que en algunos puntos en la actualidad ya existen esas condiciones en el camino existente. En ambos casos y con el fin de evitar complicaciones para el desarrollo de las obras, la CFE tomará las acciones para prevenir estos problemas. A pesar de que se modificarán los patrones de drenaje y de erosión / deposición de sedimentos en la red de drenaje afectada por obras y actividades –incluyendo caminos- estos cambios se darán de manera intensa pero reversible.

Desde el punto de vista ambiental la etapa de llenado del embalse será la que tendrá mayores repercusiones, tanto en el subsistema acuático como terrestre, debido a la interrupción del flujo de agua, así como por la inundación de 3 492 hectáreas. Se estima que el llenado del embalse se realice en el lapso de un año. El tiempo preciso de llenado será función de la precipitación y escurrimiento que se presente en la cuenca del río Santiago, pero se estima que si se presenta el gasto medio en el río el embalse se llenará en el tiempo indicado.

El cuerpo de agua pasará de un sistema lótico a léntico, el cual tendrá una profundidad máxima de 180 m y con un tiempo promedio de retención de 230 días. La formación del cuerpo léntico favorecerá condiciones de eutrofización, anoxia, evapotranspiración, y generación localizada de gases invernadero (que en etapas posteriores se transformarían en condiciones puntuales de entrapamiento de carbono en los sedimentos acumulados). La intensidad de estos procesos estará fuertemente regulada por procesos externos y no relacionados con el PH La Yesca. Principalmente, la construcción futura de infraestructura de desvío y toma aguas arriba en la cuenca y las condiciones de descarga de las aguas residuales de la zona de Tequila y de la zona conturbada de Guadalajara, tendrá efectos significativos sobre el caudal y sobre la calidad del agua del Río Santiago (como se detalla en los apartados V.5 y V.6). Se espera que la implementación de las obras de conducción y tratamiento de las aguas residuales de Guadalajara, actualmente en desarrollo, disminuya la concentración de nutrientes y carga orgánica del Río Santiago y por consiguiente limite los procesos de deterioro de la calidad del agua en el embalse.

Los cambios en el régimen de flujo del Río Santiago afectarán hacia el final del embalse del PH El Cajón inmediatamente aguas abajo, sin efectos significativos sobre depósitos sedimentarios, aluviales ni la vegetación asociada. Este tramo del cauce del Río Santiago ya habrá sido modificado por el lago artificial preexistente. En las temporadas de lluvia, la cola del embalse de El Cajón puede inundar parte de la cortina del PH La Yesca y en temporadas secas, se observará parte de una nueva planicie aluvial de material sedimentado antes de la construcción de la nueva cortina. Este cauce modificado y de regular calidad organoléptica estará prácticamente oculto para la población local y en tránsito.

En la fase de operación y regulación de flujo, la existencia del embalse aguas arriba de la cortina del PH La Yesca minimizará las variaciones actuales de caudal de Río Santiago, favoreciendo actividades de navegación y pesca, y mejorando la accesibilidad a los terrenos aislados en la margen norte del Río. En los primeros años habrá un descenso en la calidad del agua y un proceso de eutrofización favorecido por la inundación de una importante biomasa vegetal y el aporte de nutrientes desde

las aguas residuales de Guadalajara, aumento en la evapotranspiración, potencial anoxia en zonas profundas, y opacidad del agua (menor calidad de aspecto). Con el aumento de pesca y la variabilidad de la composición de las descargas de aguas residuales aguas arriba, suma interés el potencial riesgo a la salud que puede representar la ingesta de pescado con sustancias tóxicas bioacumulativas, que no fueron detectadas en muestreos para este estudio.

La presencia de denuncios mineros y presas de jales en regular estado de contención, cercanas al Río Bolaños y aguas arriba del área de embalse, representan otra fuente potencial de contaminación del embalse con químicos de riesgo. La rotura de presas de jales ocurridas en el pasado ha tenido impactos significativos sobre la fauna acuática y contaminación del río Bolaños, fuente de agua potable, y representan otra condición externa de riesgo sobre el funcionamiento del sistema ambiental.

Dado el potencial estado hipertrófico de sectores profundos en el embalse, así como la acumulación de sedimentos por cambio de sistema lótico a léntico, es de esperar que el fondo de la presa se encuentre en condiciones anaeróbicas, propiciándose la generación de metano hasta que la depositación de la carga sedimentaria de los ríos Bolaños y Santiago revierta el proceso entrapando materia orgánica por soterramiento e inmovilización.

Si bien están asociados a la formación de un cuerpo léntico, tanto el proceso de eutrofización, la reproducción de maleza acuática, la tasas de evapotranspiración, los riesgos por bioacumulación, la calidad escénica en el embalse, y la tasa de generación de gases de efecto invernadero, son dependientes de la calidad y caudales del agua del sistema de afluentes al sistema ambiental de la gestión hídrica en la cuenca aguas arriba.

La calidad escénica se verá mejorada en dos sentidos: i) por la presencia del propio embalse (sobre todo con una operación efectiva de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la Zona Conurbada de Guadalajara) y ii) por la mejoría de la comunicación que da también el embalse por si mismo y por la mejora de los caminos de acceso a la región. Esto podría ser un atractivo para la llegada de gente a la zona, pero no se prevé que sea de gran magnitud debido al poco confort climático de la región.

El llenado del embalse no modificará los procesos ni la estructura de subsistema terrestre en la región. Si bien la superficie de inundación será de 3 492 ha, debido a la extensión que cubre el sistema ambiental, 65 000 ha, esta área no resulta relevante. Debido a la amplia distribución de las comunidades vegetales, así como de las especies de flora y fauna silvestre con estatus de protección, endémicas o de relevancia económica, en todo el sistema ambiental, no se pone en riesgo ningún hábitat o población. Por otro lado, el embalse no interrumpe la continuidad de los ecosistemas que se presentan a lo largo del cañón del río Santiago, y por lo tanto se conserva el corredor biológico que existe a lo largo de este cañón.

Finalmente, con el embalse se podrán incrementar microsismos inducidos y los desplazamientos de masa, pero estos no serán significativos ni representarán un riesgo mayor para el desarrollo del proyecto o para la población.

Antes de discutir este aspecto del proyecto, se debe recordar que la integridad del régimen hidráulico del río Santiago ha sido modificada de manera sustancial por diferentes acciones entre las que destacan: la interrupción de la descarga del Lago de Chapala hacia el río debido a la sobreexplotación que se hace del recurso hídrico a lo largo del río Lerma y la extracción de agua del Lago para abastecer a la ciudad de Guadalajara ii) la existencia de dos presas, Santa Rosa y Aguamilpa (y una tercera en construcción, El Cajón), las cuales ya han modificado el patrón de escurrimientos que entra y sale del sistema ambiental.

Una vez concluido el llenado del embalse, iniciará la operación de la central hidroeléctrica, con lo cual se tendrá la mayor parte del año una descarga de 460 m<sup>3</sup>/s durante 4 horas al día y no habrá descarga durante las restantes 20 horas. Sin embargo, esta actividad no tendrá mayor relevancia ambiental debido a que la descarga del PH La Yesca será directamente al embalse del PH La Cajón, por lo que la fluctuación en la salida de agua de la primera no tendrá efectos significativos si en el funcionamiento hidrodinámico aguas abajo de la cortina.

Con la forma planteada de operación del PH La Yesca no se observará ningún efecto relevante sobre la calidad de agua del embalse, ni a la vida acuática adaptada a las nuevas condiciones hidroquímicas del embalse, ya que en general se tendrá un nivel relativamente estable, esperando que solo a lo largo del año oscile en un intervalo promedio de 20 metros a lo largo del año. Esta variación solo tendrá alguna repercusión en la calidad escénica al formarse una franja de suelo desnudo.

En el subsistema terrestre y social no habrá ninguna repercusión por esta descarga, manteniéndose en general las condiciones generadas durante el llenado del embalse.

La falta de datos directos, información y modelos sobre los cambios y efectos acumulativos a nivel de cuenca es limitante para la planeación y la toma de decisiones por parte de organismos operadores de agua, comisiones estatales de agua, CONAGUA y /o comités de cuenca. Como medida de compensación, se propone la implementación de un Programa de Evaluación Ambiental del Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Santiago. Este Programa incluye una evaluación de aspectos relevantes como son la modificación del régimen hidrológico, transporte de sedimentos, calidad de agua, productividad biológica, productividad pesquera, aprovechamiento turístico – recreativo y riesgos de la actividad minera para los embalses.

Dada las características de la cuenca media del Santiago, desde la presa de Santa Rosa hasta la desembocadura del río Santiago en el Océano Pacífico, este programa contribuirá a entender y referenciar lo ocurrido en este sector para retroalimentar la planeación y diseño de futuros proyectos, y para apoyar a actores de la política y gestión ambiental en la cuenca.

## *Medio Físico*

Se puede constatar que las afectaciones al medio físico vienen enfocadas a sus distintos componentes. Climáticamente hablando la zona no sufrirá alteraciones significativas en el futuro, siendo esto sin y con la construcción del proyecto. La mayor cantidad de los impactos climáticos se tendrán en el área de construcción del proyecto, sin embargo, estos difícilmente podrán influir al resto de la zona debido a su situación encañonada.

La aplicación de los estudios permitieron constatar que la región es pobre en cuanto a su balance hídrico y disponibilidad de humedad para el desarrollo de vegetación dado que su cociente de precipitación anual/temperatura anual es menor al 0.40. Adicionalmente existe una tendencia de incremento en la temperatura y disminución de la precipitación en el área de estudio las cuales no variaran significativamente con la presencia del estudio.

En términos generales para la zona inmediata, climáticamente se espera un incremento en la evaporación, humedad relativa y un incremento en el efecto termoregulatorio, así como de la formación de neblina. También se tendrá una disminución del albedo superficial significativamente en la zona del vaso, con lo que el balance radiactivo y térmico en esta área se modificará. Sin embargo, estas modificaciones no afectarán de manera significativa a la región.

La calidad del aire se verá impactada durante la construcción, principalmente por las emisiones de partículas provenientes de un gran número de fuentes (operación de maquinaria de combustión, cortes, explotación de bancos de material, dinamitado, remoción de tierras y despalmes, operación de cementeras y cribadoras, entre otras.) tanto puntuales como móviles, lo que generará concentraciones de partículas y podría presentar problemas de salud y visibilidad, de no tomarse las precauciones del caso. También se emitirán contaminantes gaseosos como resultado de la combustión en maquinaria y vehículos que utilizan gasolina diesel. Sin embargo, los contaminantes dejarán de emitirse al concluir las jornadas diarias de trabajo y las etapas de descanso programadas dentro del proyecto, y finalmente cuando se haya concluido la etapa de construcción, a su vez el impacto es de carácter reducido al área de construcción de la cortina y no afectará al resto de la región, solo afectando a la población cercana al sitio de construcción.

La construcción de la presa creará impactos de diversa índole, los cuales fueron caracterizados por los distintos estudios realizados. Debido a la construcción de la presa y al llenado del embalse los efectos en el ámbito geológico tuvieron que enfocarse a la presión que el agua acumulará sobre el cañón del río.

Las principales afectaciones geológicas se resumen a la etapa de construcción y los factores que se contemplaron para la identificación de las afectaciones fueron sismicidad inducida y los movimientos de masa (deslizamientos, flujos de lodo, desprendimientos, avalanchas y desprendimientos laterales) igualmente la geometría de las discontinuidades es una cualidad en el macizo rocoso que debe considerarse. A su vez el conjunto de actividades generadoras de estos procesos como lo son construcción de caminos, desmontes, despalmes, excavaciones (uso de dinamita, compactación y nivelación), cortes y desvío del río.

Considerando los procesos exógenos de los movimientos de masa, que pueden ser los generadores de impactos potenciales importantes, las excavaciones para desviar el río o cortes para carreteras deben de ser diseñadas de acuerdo a las características del macizo rocoso para asegurar su estabilidad. El diseño se basa en el estado de la calidad de la roca (intemperismo, porosidad, fracturamiento) y la geometría de las discontinuidades.

Durante el llenado del embalse, la sismicidad inducida puede ser un factor generador de movimiento diferencial en las márgenes del río, con la posible reactivación de alguna estructura geológica por los esfuerzos generados en el llenado. Sin embargo se puede dictaminar que los impactos no son significativos en los diferentes rubros mencionados lo cual establece que la construcción del proyecto no representa un riesgo para la zona geológicamente hablando.

El estudio edafológico caracterizó los tipos de suelo que imperan en la zona así como su morfología y propiedades. La distribución espacial de los suelos en el área de estudio, así como sus características morfológicas están influenciadas por las peculiares condiciones topográficas existentes. De esta manera predominan principalmente suelos poco profundos y afectados por pedregosidad debido a la predominancia de superficies con pendientes moderadas a escarpadas. La vegetación poco perturbada por la actividad del hombre, en su mayoría selva baja caducifolia, contribuye a la conservación del suelo y es un factor a preservar para evitar que el suelo se degrade de manera acelerada e irremediablemente.

Se concluyó en este respecto, que el suelo se verá afectado por la construcción del proyecto dentro del área de construcción de la cortina debido a los desmontes y los movimientos de masa, una afectación menor por el llenado del embalse dado que este proceso afectará lechos de los ríos y sus laderas anexas de poca significancia en cuanto a suelo se refiere. El área de construcción de la cortina tiene una afectación local y limitada la cual debido al estado que presentará el sitio posteriormente a la construcción no serán de consideración. El resto del área de estudio no tendrá una afectación considerable con la construcción del proyecto siguiendo el proceso natural que ha imperado en la zona en los últimos años.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de impacto ambiental la ejecución del P.H. La Yesca no tendrá repercusiones relevantes sobre el entorno socioambiental en el cual se desarrollará, con excepción de una pérdida de calidad de agua resultante del embalsamiento, aunque el origen último de este deterioro yace en la contaminación del cauce del río Santiago por las descargas de aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

La no significancia de los impactos está en gran medida determinada por las modificaciones del régimen hidrológico como producto de la regulación realizada en las presas de Santa Rosa y Aguamilpa y en un futuro inmediato por el Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, así como la extracción de agua del río Lerma y la falta de continuidad de flujo hacia el Santiago y la extracción de acuíferos subterráneos y conducción de agua del Lago de Chapala para suministro a Guadalajara. Por ende son diversos los factores que se aprecian como determinantes para la calidad del agua en la zona y que estos escapan de la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca.



Ahora, los elementos que integran el medio físico que impera en la zona establecen una fuerte interacción entre los recursos, procesos hídricos y el terreno que lo rodea. Los estudios de geomorfología e hidrología dictaminaron con base a muestreos la baja calidad del agua que llega por el Río Santiago, no así en el Bolaños que tiene una mejor calidad. A su vez se calculó el tiempo de retención hidráulica promedio anual, la cual fue de 226 días, que es el tiempo máximo que los contaminantes quedan retenidos dentro de la presa. Este tiempo es muy extenso lo que permite que se desarrollen los procesos de eutrificación al quedar el agua en contacto demasiado tiempo con los contaminantes.

En cuanto a la calidad escénica la realización del proyecto causará modificaciones tanto positivas como adversas a la calidad escénica de la parte del cañón del río Santiago, los impactos adversos más relevantes serán ocasionados por los trabajos para la construcción de la cortina y las obras de generación de energía, pero debido a lo escarpado de la zona, solo serán visibles desde pequeños tramos del camino Hostotipaquillo – La Yesca, donde el tránsito de gente es escaso, además de la franja de fluctuación del nivel del embalse, que se estima será en promedio de 20 metros de ancho, la cual estará desprovista de vegetación. El impacto positivo más importante será la creación del embalse, el cual se espera que una vez concluidas las obras de saneamiento de las aguas residuales de la ciudad de Guadalajara presente condiciones que puedan ser atractivas para el flujo de visitantes. Este cuerpo de agua será visible desde muchos puntos en los alrededores del embalse.

Los principales impactos del proyecto y de hecho los únicos significativos para la calidad escénica y el impacto visual serán en esta etapa de construcción, la visión del área de afectación donde se llevarán a cabo los trabajos (construcción y mantenimiento de los caminos, construcción de la cortina etc.), cabe mencionar que esto solo podrá ser observado a partir de una porción del camino de acceso a La Yesca.

#### *Medio Biótico.*

Una de las consecuencias de la construcción y la inundación del área es la reducción de la superficie arbolada de la selva baja caducifolia y en algunas porciones de las cañadas que se encuentran por debajo de la cota de los 580 msnm, donde se presenta la vegetación riparia de *Enterolobium cyclocarpum* y *Ficus spp.*, También se verá afectada algunas porciones de selva baja caducifolia espinosa que se encuentra creciendo sobre los playones y en toda el área de inundación; la selva baja perennifolia espinosa.

Alrededor de 45 especies de árboles de la selva baja caducifolia se verán afectadas por las actividades generales del proyecto, siendo el área de construcción y el área inundada donde se verá más reflejado esta perturbación, esto correspondería al 50% del total de los árboles reportados para la zona. Lo interesante es que estas especies cuentan con una amplia distribución a lo largo de la barranca, donde este tipo de vegetación es predominante.

Se localizó en el área de estudio especies que se encontraban dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001. Con estatus de amenazadas se identificaron *Tabebuia chrysantha*, *Tabebuia palmeri*, *Masticodendron Camiri* y *Dasyllirion acotriche* estas dos últimas marcadas como endémicas. Con estatus de protegida se encontró a la

*Amoreuxia palmatífida*. Estas especies no serán amenazadas por el proyecto dado que se encuentran distribuidas por toda el área de estudio, así como en el área de inundación y el sitio de construcción de la cortina, así que las poblaciones no se verán diezmadas por las obras de construcción. Sin embargo, se recomienda la elaboración de programas de reforestación para estas especies.

El estudio de fauna se encaminó a generar un inventario de la composición, diversidad y distribución de vertebrados presentes en la zona de estudio, así como identificar las especies que puedan verse amenazadas localizando las áreas sensibles para las especies de interés o protegidas.

La determinación de especies endémicas se basó en los listados de la NOM-SEMARNAT-059-2001 para peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Con respecto al status se observó que en peces solamente dos especies están incluidas en la NOM-SMARNAT-059-2001, ocho de reptiles, dos especies de aves y tres especies de mamíferos. Respecto a endemismos, no se registraron para peces, pero cinco especies de reptiles, cuatro especies de aves y cinco de mamíferos.

Ahora, si bien la riqueza biológica presente en el sitio de estudio del P.H: La Yesca resultó importante en términos del número de especies registradas, la riqueza de especies endémicas y/o con estatus de conservación no lo fue así. Los resultados del estudio permitieron comprobar que la selva baja caducifolia resultó ser el tipo de vegetación que mayor número de especies alberga, siendo éste también el tipo de vegetación que mayor extensión ocupa en el área de estudio, con cerca de un 80%. Finalmente, la zona de inundación mostró un menor número de especies respecto a la zona de influencia, observándose que especies endémicas y/o con estatus de conservación se presentan en ambas zonas.

Los resultados demostraron que la inundación del vaso modificará patrones de conducta de ciertas especies pero que su afectación no será en gran manera significativa permitiendo su modificación y aclimatación, así como su desplazamiento en busca de habitats más propicios, es el caso de las nutrias, las cuales habitan en las aguas limpias del Río Bolaños.

#### *Medio Socioeconómico.*

Las actividades ganaderas son relativamente mínimas en el sitio. Las zonas con uso ganadero es donde se encuentra la mayor proporción de terrenos desmontados, los cuales fueron transformados en pastizales y es aquí donde predomina la vegetación secundaria detectada en los estudios.

Las actividades agrícolas por su lado también son causa de la transformación de la cubierta original, son irrelevantes dentro de la zona de estudio. Esto es debido a las características del terreno, particularmente por la pendiente. De este modo lo común es observar los “coamiles” en las partes altas de las laderas, aún sin consideración de pendientes o exposición del terreno, así como en las pocas mesetas existentes en el área de estudio. Las prácticas agrícolas son en su mayoría de temporal.

En cuanto al aprovechamiento forestal de la zona es nulo, y si existe, es de uso meramente doméstico, utilizándolo tanto como leña y madera, por lo cual no se puede considerar como una actividad que tenga relevancia en la transformación de los bosques existentes.

La ejecución del proyecto hidroeléctrico generará diversos impactos positivos que mejorarán la región de influencia, dentro de los principales impactos se encuentran el incremento en el crecimiento demográfico, variable importante ya que en las últimas décadas la región ha presentado un moderado crecimiento. En el municipio de Hostotipaquillo se presenta un decrecimiento poblacional en términos absolutos. La zona donde se construirá la presa así como la mayor parte del área de influencia posee una densidad poblacional realmente baja, debido a las condiciones topográficas, edafológicas y climáticas adversas de la zona.

A su vez se verán impactos positivos en el empleo dado que con la construcción de la presa se generaran alrededor de 5 000 empleos directos y 5 000 indirectos, el ingreso de los trabajadores y la inversión de la región también se verá significativamente mejorada. Finalmente estas variables tendrán impactos positivos sobre los patrones de consumo y uso del tiempo de los habitantes de la región. En general los impactos positivos identificados impulsarán una sustancial mejora en la calidad de vida de la región.

Los habitantes de Paso de la Yesca (única comunidad afectada por el embalse) consideran que tendrían gran beneficio si se realizara la presa ya que en los últimos años no han sembrado porque las tierras son improductivas y la obra traería empleos para todos.

Existe un puente carretero que cruza el río Santiago que será inundado por la formación del embalse, afectando la comunicación de algunas rancherías y a la población de San Pedro Analco, sin embargo, se tiene la certeza de que parte de su camino de acceso y puente mismo serán restituidos para evitar que alrededor de 900 personas queden incomunicadas.

Aproximadamente 66 propietarios se verán afectados por el llenado del vaso los cuales serán indemnizados adecuadamente. Los pueblos de Mesa de Flores con 41 habitantes y Paso La Yesca con 23 serán reubicados una vez iniciados los trabajos, el primero por su cercanía a la zona de construcción, y el segundo por que quedará abajo de la cota máxima de inundación.

### *Impactos Residuales*

Los impactos residuales que permanecerán una vez aplicadas las medidas de mitigación son:

Obras civiles en caminos: Estas obras también se quedarán una vez sean concluidos los trabajos de exploración, pero serán de beneficio para los pobladores de la zona y directamente los propietarios de los predios donde se ubiquen estas obras sobre los caminos.

Vivero: La CFE contempla el desmantelamiento y rehabilitación de áreas, sin embargo, existe la posibilidad de dejar las instalaciones en el terreno seleccionado para esta actividad, beneficiando al propietario del terreno, si así lo desea.

Material geológico producto de obras de restauración de caminos y área de obras: Este será uno de los principales impactos residuales ya que no es posible reincorporar el material en los sitios originales por tal motivo se deberá tener sumo

cuidado con la selección de los sitios de disposición final para que estos no se conviertan en un estorbo al tránsito vehicular o queden en riesgo de generar un deslizamiento de este material afectando áreas con vegetación propia de la zona. Están previstas 3 zonas para depósito de materiales que queden dentro del cuerpo del futuro embalse.

<b>Tabla 2. Medidas de mitigación por afectación, por etapas y factor ambiental.</b>		
<b>IMPACTOS EN EL ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA AL PROYECTO</b>		
ETAPA: CONSTRUCCIÓN DEL SITIO		
<b>FACTOR AMBIENTAL</b>	<b>ACTIVIDAD QUE OCASIONARA EL IMPACTO</b>	<b>MEDIDA DE MITIGACIÓN PROPUESTA</b>
<b>FICHA 1</b> Geomorfología	Mantenimiento y rehabilitación de caminos, extracción del material excavado, Apertura y nivelación de plataformas.	Diversas actividades de obra civil y Reforestación
ETAPA: CONSTRUCCIÓN		
<b>FICHA 2</b> <i>Calidad del Aire</i> Emisiones de: Partículas, Gases y Contaminantes gaseosos	Bancos de material, construcción de caminos, obras de cortes, dinamitado, excavación, relleno, operación de maquinaria, producción de concreto, trituración y separación de roca	Humectar las áreas de los bancos de material, construcción de caminos, sitios de cortes, donde se aplique dinamitado, sitios de excavación y rellenos.· Verificar los niveles de emisión de vehículos· Instalar equipo de control de emisiones para polvos en las plantas de producción de concreto.· Instalar equipo de control de emisiones para polvos en las plantas de trituración y separación de roca.· Aplicar programas de mantenimiento a los equipos de combustión.
<b>FICHA 3</b> <i>Geomorfología</i> Recursos Minerales	Llenado del embalse	Acuerdo con el Consejo de Recursos Minerales para garantizar la no afectación a potenciales recursos mineros en el área involucrada por el proyecto.
<b>FICHA 4</b> <i>Geomorfología</i> Depositación de sedimentos	Operación de la zona de talleres	Limpieza de la zona
<b>FICHA 5</b> <i>Suelo</i> Erosión, Inundaciones, Desertificación y Contaminación de suelos	· Desmontes, despalmes, cortes, excavaciones, nivelaciones.· Habilitación de caminos· Extracción de áridos (bancos de material)· Levantamiento de la cortina· Utilización de vehículos de carga y transporte y maquinaria pesada· Generación de residuos peligrosos.	Instalación de almacenes, correspondientes a combustibles y lubricantes, se colocaran depósitos rotulados con la leyenda "BASURA" y las medidas de mitigación propuestas en las Fichas Técnicas 1 y 2
<b>FICHA 6</b> <i>Hidrología Subterránea</i> Manantialismo	· Llenado del embalse · Consumo de agua	Estudio adicional sobre disponibilidad de agua

<p><b>FICHA 7</b> <i>Hidrología Subterránea</i> (Acuíferos)· Calidad de aguas subterráneas Flujo de manantiales</p>	<p>Incremento en la población por las diferentes actividades de la construcción</p>	<p>Especificaciones de construcción para obras de abastecimiento de agua · Recuperación de germoplasma y reforestación con especies de que se encuentren en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001</p>
<p><b>FICHA 8</b> <i>Socioeconómico</i> Salud</p>	<p>Permanencia de trabajadores en zona de campamentos y obra. Formación de campamentos</p>	<p>Programa de prevención de enfermedades en cooperación con servicios de salud.</p>
<p><b>FICHA 9</b> Socioeconómico Salud Educación Servicios públicos Vivienda</p>	<p>Descarga de aguas residuales de oficinas, campamentos y comedores Todas las actividades de construcción CC1-CC28 (Ver Matriz Causa-Efecto)· Actividades de la construcción CD1-CD33 (Ver Matriz Causa-Efecto) Presencia temporal de familias de algunos trabajadores de la obra CE1-CE33 (Ver Matriz Causa – Efecto)</p>	<p>Programa de calidad de agua. Estudio para determinar la ampliación temporal de oferta educativa, servicios públicos municipales y de vivienda temporal</p>
<p><b>FICHA 10</b> <i>Socioeconómico</i> Patrimonio Cultural</p>	<p>Actividades de construcción CG1-CG33 (Ver Matriz Causa – Efecto)</p>	<p>Identificar y salvaguardar el patrimonio cultural y arqueológico existente en la región del proyecto</p>
<p><b>FICHA 11</b> <i>Socioeconómico</i> Tejido Social</p>	<p>Todas las actividades de la construcción</p>	<p>Instaurar un programa de identificación atención social y manejo de conflictos</p>
<p><b>FICHA 12</b> <i>Socioeconómico</i> Perdida de suelo y bienes distintos a la tierra</p>	<p>Actividades de la formación del embalse</p>	<p>Indemnización de tierras y bienes distintos</p>
<p><b>FICHA 13</b> <i>Socioeconómico</i> Sistema vial</p>	<p>Llenado del vaso</p>	<p>Restitución de caminos y puentes antes del llenado</p>
<p><b>FICHA 14</b> <i>Socioeconómico</i> Vivienda</p>	<p>Llenado de vaso y zona de obras</p>	<p>Reubicación de comunidades</p>
<p><b>FICHA 15</b> <i>Socioeconómico</i> Costo de vida</p>	<p>Actividades de la Construcción BW1-BW33 (Ver Matriz Causa – Efecto)</p>	<p>Posibilidad de generar empleos para grupos vulnerables</p>
<p><b>FICHA 16</b> <i>Seguridad e Higiene Ocupacional</i> Seguridad / Integridad física, Sistema Auditivo· Sistema Respiratorio</p>	<p>Las diferentes actividades de construcción por el personal laboral. Desviación del río. Levantamiento de la cortina</p>	<p>Monitoreos para emisión de ruidos. Equipos de protección laboral para el trabajador. Aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas para éste factor ambiental. Medidas de mitigación (Ver Ficha Técnica 2)</p>

ETAPA: OPERACIÓN		
<b>FICHA 17</b> <i>Geomorfología</i> Laderas	Variaciones en el nivel del embalse	Estabilización o derrumbamiento de laderas
<b>FICHA 18</b> <i>Socioeconómico</i> Turismo	Formación del Embalse	Sistema de información sobre condiciones para estancias en el área

IMPACTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA (AGUAS ABAJO DE LA CORTINA)		
ETAPA: OPERACIÓN		
<b>FICHA 19</b> <i>Hidrología Superficial</i> · Variación del flujo	Formación del embalse	· Implementación de un programa de monitoreo de la evaluación ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del río Santiago

IMPACTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA (AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA)		
ETAPA: CONSTRUCCIÓN		
<b>FICHA 20</b> <i>Vegetación</i> Perdida de diferentes tipos de vegetación, de especies bajo estatus de protección, de valor económico y social.	Desmontes, despalmes, apertura habilitación de caminos y construcción / presencia de campamentos	Recuperación de germoplasma y reforestación con especies de que se encuentren en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial
<b>FICHA 21</b> <i>Fauna terrestre y acuática</i> Perdida de diferentes tipos de habitats de fauna terrestre y acuática con estatus de conservación, endémicas y restringidas.	Desmontes, despalmes, habilitación de caminos y zonas inundables, llenado del vaso	· Programas de rescate y reubicación
ETAPA: OPERACIÓN		
<b>FICHA 22</b> <i>Hidrología Superficial</i> Eutrofización· Calidad fisicoquímica y microbiológica	Llenado del embalse	· Implementación de un programa de monitoreo de la evaluación ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del río Santiago
<b>FICHA 23</b> <i>Hidrología Superficial</i> Variación del flujo	Llenado del embalse	La medida de mitigación propuestas en la Ficha Técnica 22
<b>FICHA 24</b> <i>Hidrología Superficial</i> Evapotranspiración. Evaporación	Llenado del embalse	Control de la flora acuática nociva del embalse

#### VII.4 BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2000). Documento EPA 815-F-00-007.
- Aguilar, H.V., Vargas, S.P. y Verma, P.S. (1987). Composición química y elementos mayores de los magmas del Cinturón Volcánico Mexicano: *Geofísica Internacional*, v. 26, no.2. p.
- Aguirre-Díaz, G., Stock, J.M. (eds.), *Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico: Boulder, Geological Society America, Special Paper, 334, 41–64.*
- Alatorre-Zamora M. A. y Campos-Enríquez, J. O. (1992). La Primavera Caldera (México): Structure inferred from gravity and hydrogeological considerations: *Geofísica Internacional*, v. 31, pp. 371-383.
- Allan J.F., 1986. Geology of the Colima and Zacoalco Grábenes, SW Mexico: Late Cenozoic rifting in the Mexican Volcanic Belt. *Geological Society of America Bulletin*, v. 97, p. 473-485.
- Allan J.F., Nelson S.A., Luhr J.F., Carmichael I.S.E., Wopat M., & Wallace P.J., 1991. Pliocene-Recent rifting in SW Mexico and associated Volcanism: An exotic terrane in the making, in Dauphin, P.J., and Simoneit, B.R.T., eds., *The Gulf and peninsular province of the Californias: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, v. 47, p. 425-445.
- Allan, J.D. (1995). *Stream Ecology. Structure And Function Of Running Waters.* Chapman & Hal. London.
- Álvarez Jr. M. (1961). *Apuntes de Geología, Paleogeografía y Tectónica de México.*
- Álvarez Jr. M. (1961). *Provincias Fisiográficas de la República Mexicana Boletín No. 2, Tomo XXIV, Sociedad Geológicas Mexicana.*
- Alvarez, J. 1970. *Peces Mexicanos (Claves). Ser. Inv. Pesq., Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq. México. 166p.*
- Alvarez-Guerrero, C. y R. Lamothe-Argumedo. 2000. Larvas de *Gnathostoma* sp. En peces estuarinos de Nayarit, México *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología 71(2): 179-184.*
- Alva-Valdivia, R., Goguitchaichvili, A. Ferrari, L., Rosas-Helguera, J., Urrutia-Fucugauchi, J., y Zambrano-Orozco, J.J. (2000). Paleomagnetic data from the Trans-Mexican Volcanic Belt: Implications for tectonics and volcanic stratigraphy: *Earth Planets Space*, v. 52, p. 467-478.
- Amin Sarkar, Serkan Karagöz. (1995) *Sustainable Development of Hydroelectric Power. Energy, Vol. 20, No. 10, pp. 977-981.*
- Andrews, B. T. (1995). *Management of groundwater: Groundwater and well association Journal.*
- Anonymous. (2000). *Natural dam needs man-made solution. International Water Power & Dam Construction, Tomo 52, No. 9, pp. 2.*
- Anonymous. (2000). *On target at Xiaolangdi. International Water Power & Dam Construction, Tomo 52, No. 11, pp. 24.*
- Anonymous. (2002). *Dutch skill put to use in Brazil and Japan. International Water Power & Dam Construction, Tomo 54, No. 7, pp. 25.*
- Anonymous. (2002). *Managing sedimentation in a unique water supply system. International Water Power & Dam Construction, Tomo 54, No. 7, pp. 24.*
- Anonymous. (2003). *San Clemente dam facing demolition. International Water Power & Dam Construction, Tomo 55, No. 3, pp. 6.*
- Araujo C.A., 1991. *Sismicidad y Mecanismos Focales de la Brecha (GAP) de Guerrero: Morfología de una placa joven. Tesis Licenciatura UNAM.*

- Asante-Duah, K. (1993). *Hazardous Waste Risk Assessment*. EUA: Lewis Publishers.
- Asato C., Servicio Geológico Minero. (2003). SIG, Información y Productos Institucionales del SEGEMAR. República Argentina.
- Asit Biswas. (1982) Impacts of hydroelectric development on the environment. Energy Policy.
- Asit Biswas. (1982) Impacts of hydroelectric development on the environment. Energy Policy.
- Asit Biswas. (2004) Dams: Cornucopia or Disaster?. Water Resources Development, Vol. 20, No. 1, pp. 3-14.
- AyMA Ingeniería y Consultoría. Estudio de Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto de la Presa "Loma Larga" en el Municipio de Yahualica de González Gallo, Jalisco.
- Baillie, J. and B. Groombridge. 1996. 1996 IUCN red list of threatened animals. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Gland, Switzerland. 368 pp.
- Baillie, J.E.M., Hilton-Taylor, C. and Stuart, S.N. (eds) 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Barbour, C. D., and S. Contreras-Balderas. 1968. *Algansea monticola*, a new cyprinid fish from the Pacific slope of Central México. Proc. Biol. Soc. Wash. 101-108.
- Bednarek A. (2001). Undamming Rivers: A Review of the Ecological Impacts of Dam Removal. Environmental Management, Vol. 27, pp. 803-814.
- Bibby, C.J., N.D. Burgess y D. A. Hill. 2000. Bird Census Techniques. Academic Press: Londres, Reino Unido.
- Bodogog, I.; Polyak, K.; Hlavay, J. (1997). Determination Of Heavy Metals In Lake And River Sediments By Selective Leaching. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 66(2):79-94.
- Boitani, L. and T. K. Fuller. 2000. Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences. Columbia University Press, New York, USA. 442 pp.
- Bourgois, J., Michaud, F. (1991). Active fragmentation of the North America plate at the Mexican triple junction area off Manzanillo: Geo-Marine Letters, 11, 59–65.
- Braga B., Rocha O., Tundisi J. (1998) Dams and the Environment: The Brazilian Experience. Water Resources Development, Vol. 14, No. 2, pp. 127-140.
- Bratrich C., Truffer B., Jorde K., Markard J., Meier W., Peter A., Schneider M., Wehrli B. (2004). Green Hydropower: A new assessment procedure for river management. River Research and Applications, Vol. 20, pp. 865-882.
- Bravo, C. H., Vázquez P.J. Ramírez, G. A. (1994). Observación sismológica en la C.H. Belisario Domínguez (Angostura) marzo/93-marzo/94. CFE, informe inédito.
- Brismar A. (2002). River Systems as Providers of Goods and Services: A Basis for Comparing Desired and Undesired Effects of Large Dam Projects. Environmental Management Vol. 29, No. 5, pp. 598-609.
- Brismar A. (2003). Attention to impact pathways in EISs of large dam projects.
- Brismar A. (2003). Attention to impact pathways in EISs of large dam projects. Environmental Impacts Assessment Review.
- Brismar, A. (2004) Attention to impact pathways in EISs of large dam projects, Environmental Impact Assessment Review, 24: 59-87.
- Brusi D., Linares R., Pallí L., Roqué C. Lectura Ambiental de la Cartografía Geológica.
- Bufaliza, M., 1984. Atenuación de intensidades sísmicas con la distancia en sismos mexicanos. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM.



- Burden, R. L & Faires, J. D. (1998). *Análisis Numérico* (6<sup>a</sup> ed.). México: ITP.
- Campa, M.F. y Coney, P., 1982. Tectono-Stratigraphic Terranes and mineral resources distributions in Mexico; Geol. and Geophys. of Canada.
- Campa, M.F.; Ramírez, J; Flores, R. y Coney, P., 1980. Terrenos Tectonoestratigráficos de la Sierra madre del Sur, región comprendida entre los estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos; V Conv. Nal. de la S.G.M., Mex. D.F.
- Campbell, K.W. (1981). Near Source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration. Bulletin of the Seismological Society of America. v.71.p.2039-2070.
- Campos E J.O., Sánchez R., Negrete A., Morán D.Z., Delgado G.H. and Urrutia F.J., 1987. Paleomagnetic study of the Sierra La Primavera: Preliminary results. Geothermal Resource Council, Transactions, v. 11, p. 323-326.
- Canter, L. W. (1996). *Environmental Impact Assessment* (2<sup>a</sup> ed.). Ed. McGraw-Hill. EUA.
- Castelán E. (2002) Role of Large Dams in the Socio-economic Development of Mexico. Water Resources Development, Vol. 18, No. 1, pp. 163-177.
- Castillo G.D. y Romero F., 1991. Estudio geológico-regional de Los Altos, Jalisco y El Bajío. Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Exploración, Morelia, Mich., Open File Report, p.35.
- Castillo, D., de la Cruz, V. (1992). Reconocimiento estructural y volcanológico en la zona termal del Domo San Pedro Lagunillas, Nayarit, México: Geofísica Internacional, 31, 407–415.
- Ceballos, G. y A. Miranda. 2000. Guía de campo de los mamíferos de la costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica Cuixmala, A. C., UNAM. 502 pp.
- Ceballos, König, Oliveira. (1998) Dam Reservoir Eutrophication: A simplified technique for a fast diagnosis of environmental degradation. Water Resources, Vol. 32, No. 11, pp. 3477-3483.
- CE-CCA-001-89. (1989). Acuerdo Por El Que Se Establecen Los Criterios Ecológicos De Calidad Del Agua. Diario Oficial de la Federación. México.
- Cedano-M., M. 2000. La familia Cochlospermaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 10. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 33 pp.
- Cepeda Davila L., (1979-1984), Estudios petrográficos del proyecto La Yesca, Informe
- Cervantes-A., N. 1992. La familia Malvaceae en el estado de Jalisco. Colección Flora de Jalisco 3. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 393 pp.
- CFE Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, UNAM. (2002). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, Guerrero.
- CFE Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos. (2002). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit.
- CFE Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos. (2004). Construcción de un Proyecto Hidroeléctrico.
- CFE Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos. (2004). Proceso Constructivo de un Proyecto Hidroeléctrico.
- CFE Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos. (2004). Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, Jalisco-Nayarit.
- Chapra, S. C. (1997). *Surface Water Quality Modeling*. EUA: McGraw-Hill.
- Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003). *QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality: Documentation and Users Manual*. Departamento de Ingeniería Ambiental y Civil. Tufts University. EUA.
- Chávez Aguirre, J.M. (1991). Estudios petrográficos de 11 muestras de roca del PH La Yesca.

- Chemical Geology, 193, 1–24. Prol-Ledesma, R.M., Canet, C., Melgarejo, J.C., Tolson, G., Rubio-Ramos, M.A., Cruz-Ocampo, J.C., Ortega-Osorio, A., Torres-Vera, M.A., Reyes, A. (2002). Cinnabar deposition in submarine coastal hydrothermal vents, Pacific margin of central Mexico: *Economic Geology*, 97, pp 1331–1340.
- CNA (1989). Manual de Clasificación, Cartografía e interpretación de Suelos en base al Sistema de Taxonomía de Suelos. CNA-IMTA. Morelos, México.
- CNA (1990). Claves para la Taxonomía de Suelos. Col. Breviarios del Agua. Trad. MC. Carlos Ortiz Solorio. CP-IMTA. Morelos, México.
- Colegio de Posgraduados (1991). Manual de Conservación del Suelo y del Agua. SPP-SARH. Chapingo, México.
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS, 1993. Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo.
- Comisión Federal de Electricidad (2004). *Estudio de Factibilidad del P.H. La Yesca, Jal.-Nay- Eje La Yesca. Actualización del Estudio Hidrológico*. México: Subdirección de construcción. Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos. Gerencia Técnica de Proyectos Hidroeléctricos. Subgerencia de Anteproyectos. Centro de Anteproyectos del Pacífico Norte.
- Consejo de Recursos Minerales, 1992. Monografía Geológico-Minera del Estado de Jalisco. Pub. M-5e, SEMIP.
- Constanza R., Duplisea D., Kautsky U. (1998). Ecological Modelling on modelling ecological and economic systems with STELLA. *Ecological Modelling*.
- Cooke, GD.; Welch, EB.; Peterson, SA.; Newroth, PR. (1993). *Restoration And Management Of Lakes And Reservoirs*. 2nd ed. Lewis Publishers. Boca Ratón.
- Cortés, S. L. G., Pérez, M. Y López, G. J. L. (1994). Aspectos básicos para la delimitación de las zonas geohidrológicas en el Estado de Jalisco. Comisión Nacional del Agua, Subgerencia de Administración del Agua, reporte interno (inédito).
- COTECOCA (1979): *Coefficientes de Agostadero de la República Mexicana. Tomo I, correspondiente al Estado de Jalisco*. México: Comisión Técnico Consultiva para la determinación regional de los Coeficientes de Agostadero de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH, Subsecretaría de Ganadería.
- Crites, R. W. & Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. EUA: McGraw-Hill.
- Cuevas-F., X. M. 2001. La familia Julianaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 11. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara. 47 pp.
- Custodio, E. y Llamas, M. R. (1976). *Hidrología Subterránea*: Ediciones Omega, Barcelona, España.
- D'Urquiza, A. (2004). *Modelo Hidrológico, Calidad del Agua y Control de la Eutroficación en el Lago de Zapotlán (México)*. Tesis para recibir el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Sistemas Ambientales. México: Tecnológico de Monterrey, Campus Guadalajara.
- Damon P., Nieto J. (1979). Un plegamiento neogénico en Nayarit y Jalisco y evolución geomórfica del Río Santiago. Memoria de la XII Convención Nacional A.I.M.M.G.M.
- De Anda, J., Quiñones-Cisneros, S. E., French, R. & Guzmán, M. (1998). Hydrologic Balance of Lake Chapala (Mexico). *Journal of the American Water Resources Association*, 34(6), 1319-1331.
- De la O Carreño A., 1957. Notas sobre la Geología Regional del Occidente de México y la Geohidrología de la Cuenca de Guadalajara. Congreso Geológico Internacional.
- De la Teja, M.A. y Castro, M.G., 2005. Carta Geológico – Minera Hostotpaquillo F13-D4 Escala 1:50,000 Consejo de Recursos Minerales, 2005.

- De Mets C. and Stein S., 1990. Present-Day Kinematic of Rivera Plate and Implications for Tectonics in Southwestern Mexico, *J. Geophys. Res.*, v.95, No. B13, p.21931-21948.
- Dee, N. *et al.* (1972). *Environmental Evaluation System for Water Resource Planning*.
- Dee, N. *et al.* (1972). *Environmental Evaluation System for Water Resource Planning*. Final Rep., Battelle-Columbus Labs., Columbus, Ohio; EUA.
- Del Coro Arizmendi, M., L. Marquez-Valdema y J. F. Ornelas. 2002. Avifauna de la región de Chamela, Jalisco. En: F. A. Noguera, J. H. Vega-Rivera, A. N. García-Aldrete y M. Quesada-Avedaño (Editores). *Historia Natural de Chamela*, Instituto de Biología, UNAM, México. 297-329.
- Delgado V. M. A., Sánchez, A. E. y Vázquez R. R. (1997). Reexaminación del Potencial en el área del P.H. el Cajon, edo. De Nayarit. C.F.E. informe inédito.
- Delgado V. M. A., Sánchez, A. E. y Vázquez R. R. (1999). Informe del enjambre sísmico del 28 de Octubre de 1998 Asociado a la C. H. Aguamilpa (solidaridad). C.F.E. informe inédito.
- Delgado Vazques, O.Trejo (1991). Quinto Informe técnico sobre el monitoreo sísmico en el Río Santiago. Informe Inédito. Comisión Federal de Electricidad.
- Delgado, V. M. A, Vázquez R., Sánchez E., Malagón A., 1998. Observación sísmológica del área de embalse de la presa el Gallo. CFE, Centro de Costos de Sismotectónica de la Zona Pacífico Norte. Informe interno Inédito.
- Demant A. 1978 Características del Eje Neovolcánico, UNAM, Inst. Geología, Revista, v. 2, núm.2, p. 172-187.
- Demant A., 1979. Vulcanología y Petrografía del Sector Occidental del Eje Neovolcánico, UNAM, Revista del Inst. de Geología, v. 3, No. 1 p. 39-57 (19°-22°),(130°-105°).
- Demant, A. (1978). Características del Eje Neovolcánico Transmexicano. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología.
- Demant, A. (1979). Vulcanología y petrografía del sector occidental del Eje Neovolcánico: Universidad Nacional Autónoma de México, Revista del Instituto de Geología, v. 3, p. 39-57.
- Demant, A. (1982). Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Universidad Nacional autónoma de México, Revista del Instituto de Geología, v. 5, p.
- Demant, A. y Robin, C. (1975). Las fases de vulcanismo en México, una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico: Universidad Nacional Autónoma de México, Revista del Instituto de Geología, v. 1, p.
- Demant, A., Robin, C. (1975). Las fases del vulcanismo en México. Revista del Instituto de Geología Universidad Nacional Autónoma de México. v.I.
- DeMets, C., Traylen, S. (2000). Motion of the Rivera plate since 10 Ma relative to the Pacific and North American plates and the mantle: *Tectonophysics*, 318, 119–159.
- DeRemer, L.A., Nelson, S.A. (1985). Geologic and chemical evolution of Volcan Tepetitlic, Nayarit, Mexico: *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 17, 561.
- Dionne D., Thérien N. (1997). Minimizing environmental impacts of hydroelectric reservoirs through operational control: a generic approach to reservoirs in northern Quebec. Elsevier Science.
- Dixon D. (2000). A growing problem. *International Water Power & Dam Construction*, Tomo 52, No. 5, pp. 23.
- Domínguez R.J., 1991. Geometría de la Placa de Cocos e la Región del Río Balsas Guerrero. Tesis Licenciatura, UNAM.
- Doyle M., Harbor J., Stanley E. (2003). Toward Policies and Decision-Making for Dam Removal. *Environmental Management* Vol. 31, No. 4, pp. 453-465.

- Eissler, H. y Mc. Nally, K.,(1984), "Sismicity and Tectonics of the Rivera Plate and implications for the 1932 Jalisco, Mexico, Earthquake" J. Geophys. Res, v. 89, 4520.
- Environmental Assessment Sourcebook 1999. Chapter 10: Energy and Industry.
- Escalante Arias, H. (1967). Instrucciones generales sobre operaciones de campo, de pruebas de permeabilidad Tipo Lugeon.
- Espinosa-Perez, H. , M. T. Gaspar-Dillanes y P. Fuentes-Mata. 1993. Listados faunísticos de México: III Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Espinosa-Perez, H., L. Huidobro-Campos y P Fuentes-Mata. 2002. Peces continentales de la región de Chamela. En: F. A. Noguera, J. H. Vega-Rivera, A. N. García-Aldrete y M. Quesada-Avedaño (Editores). Historia Natural de Chamela, Instituto de Biología, UNAM, México. 245-250.
- FAO (1979). Provisional Methodology of Soil Degradation Assessment. Roma.
- FAO/UNESCO/ISRIC (1988) Definiciones de la Unidades de Suelos para el Mapa de suelos del Mundo. Roma.
- Fearnside P. M. (2000) Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. Water, Air and Soil Pollution, Vol. 133, pp. 69-96.
- Fearnside P. M. (2001) Environmental Impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned Lessons for Hydroelectric Development in Amazonia. Environmental Management, Vol. 27., No. 3, pp. 377-396.
- Felder, R. M. & Rousseu, R. W. (2003). *Principios Elementales de los Procesos Químicos*. (3ª ed.). Ed. Limusa-Wiley. México.
- Ferrari et al. 180 point triple de Jalisco: vers un proto-golfe de Jalisco: Comptes Rendus de l'Academie des Science, Paris, 310, 1513–1520.
- Ferrari L.J. and Rosas-Elguera, .J., 2000. Late Miocene to Quaternary extension at the northern boundary of the Jalisco block, western Mexico: the Tepic-Zacoalco rift revised. Geological Society America Special Paper #334, chapter 03, p. 41-64.
- Ferrari L.J., Garduño V.H. Pasquare G. and Tibaldi A., 1994. A Widespread mafic volcanic unit at the base of the Mexican Volcanic Belt between Guadalajara and Querétaro, Geofis. Int., v. 33 (1), p. 107-124.
- Ferrari L.J., Pasquaré G., Venegas S.S. and Romero F., 2000. Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block. Geological Society America Special Paper #334, chapter 04, p. 65-84.
- Ferrari, L, Pasquaré, G., Venegas, S., Castillo, D. y Romero, F. (1994). Regional tectonics of western Mexico and its implications for the northern boundary of the Jalisco block: Geofísica Internacional, v. 33, p. 139 – 151.
- Ferrari, L. (1995). Miocene shearing along the northern boundary of the Jalisco block and the opening of the southern Gulf of California: Geology, 23, 751–754.
- Ferrari, L. (2000c). Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. LIII, p. 84 – 92.
- Ferrari, L. y Rosas-Elguera, J. (2000ª). Late Miocene to Quaternary extension at the northern boundary of the Jalisco block, western Mexico: The Tepic-Zacoalco rift revised: Geological Society of America, Special Paper, v. 334, p. 41-64.
- Ferrari, L., Conticelli, S., Vaggelli, C., Petrone, C., Manetti, P. (2000b). Late Miocene mafic volcanism and intra-arc tectonics during the early development of the Trans-Mexican Volcanic Belt: Tectonophysics, 318, pp161–185.

- Ferrari, L., Conticelli, S., Vaggelli, G., Petrone, C.M. y Manetti, P. (2000b). Late Miocene volcanism and intr.-arc tectonics during the early development of the Trans-Mexican Volcanic Belt: *Tectonophysics*, v. 318, p. 161-185.
- Ferrari, L., López-Martínez, M., Rosas-Elguera, J. (2002). Ignimbrite flare up and deformation in the southern Sierra Madre Occidental, western Mexico: implications for the late subduction history of the Farallon plate: *Tectonics*, 21(4), pp 17–1/24.
- Ferrari, L., Nelson, S.A., Rosas-Elguera, J., Aguirre-Díaz, G., Venegas-Salgado, S. (1997). Tectonics and volcanism of the western Mexican Volcanic Belt, in Aguirre-Díaz, G., Aranda-Gómez, J, Carrasco-Núñez, G., Ferrari, L. (eds.), *Magmatism and Tectonics*
- Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas, S. y Romero, F. (1999). Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block: *Geological Society of America, Special Paper no. 334*, p. 65 – 83.
- Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas, S., Romero, F. (2000a). Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block, in Delgado-Granados, H., Aguirre-Díaz, G., Stock, J.M. (eds.), *Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico: Boulder, Geological Society America, Special Paper, 334*, pp 65–84.
- Ferrari, L., Petrone, C. M., Francalanci, L., Tagami, T., Eguchi, M., Conticelli, S., Manetti, P. y Venegas-Salgado, S. (2003). Geology of the San Pedro – Ceboruco Graben, western Trans-Mexican Volcanic Belt. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 20, no. 3, p. 165-181.
- Ferrari, L., Petrone, C.M., Francalanci, L. (2001). Generation of OIB type volcanism in the western Trans-Mexican Volcanic Belt by slab rollback, asthenosphere infiltration and variable flux-melting: *Geology*, 29, pp 507–510.
- Ferrari, L., Rosas-Elguera, J. (1994). Structure, kinematics and rate of deformation of the Tepic–Zacoalco rift, Western Mexico: *EOS, Transactions, American Geophysical Union, Fall Meeting*, 75 (44), 675.
- Ferrari, L., Rosas-Elguera, J. (2000). Late Miocene to Quaternary extension at the northern boundary of the Jalisco block, western Mexico: the Tepic–Zacoalco rift revised, in Delgado-Granados, H.,
- Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas, S., Castillo, D., Romero, F. (1994). Regional tectonics of western Mexico and its implications for the northern boundary of the Jalisco Block: *Geofísica Internacional*, 33, 139–151.
- Ferriz, H. y Mahood, G. A. (1986). Volcanismo riolítico en el Eje Volcánico Mexicano: *Geofísica Internacional*, v. 25-1, p. 117-156.
- Fetter, C. W. (2001) *Applied Hydrogeology* (4a ed.). EUA: Prentice Hall.
- Fikret Berkes. (1988) The intrinsic difficulty of predicting impacts: Lessons from the James Bay hydro project. *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 8, pp. 201-220. Final Rep., Battelle-Columbus Labs., Columbus, Ohio; EUA.
- Flores-Villela, O. 1998. Herpetofauna de México: Distribución y endemismos. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (compiladores), *Diversidad Biológica de México: Orígenes y distribución*, Instituto de Biología, UNAM, México. 251-278.
- Fogler, H. S. (1999). *Elements of Chemical Reaction Engineering* (3ª ed.). EUA: Prentice Hall.
- Ford, T.; Ryan, DK. (1992). Evaluation Of Heavy Metals In Water, Sediment And Organisms In Lake Chapala. Final Report Of The State Of Jalisco. Division of Applied Sciences, Harvard University. Cambridge, Massachusetts, 38 pp.
- Fowler, J., L. Cohen y P. Jarvis. 2004. *Practical statistics for field biology*. John Wiley & Sons: Chichester, Reino Unido.

- Frey, H.M., Lange, R.A., Hall, C.M., Delgado-Granados, H., in press, Magma eruption rate constrained by  $^{40}\text{Ar}$ – $^{39}\text{Ar}$  chronology and GIS for the Ceboruco–San Pedro volcanic field, western Mexico: Geological Society of America Bulletin.
- García, A. y G. Ceballos. 1994. Guía de campo de los anfibios y reptiles de la costa de Jalisco. Fundación Ecológica Cuixmala, A. C., Instituto de Biología, UNAM, México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2da. Ed. UNAM. C.U. México, D.F. 246 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. Ed. Offset Larios. México, D.F. 155 p.
- Gardner, J.E., Tait, S. (2000). The caldera-forming eruption of Volcán Ceboruco, Mexico: Bulletin of Volcanology, 62, pp 20–33.
- Gastil R.G., Krummenacher D. y Jensky W.A., 1979 Reconnaissance geology of west central Nayarit, Mexico: Geological Society of America, Map and Chart Series, No. MC-24, scale 1:200,000.
- Gastil, G., Krummenacher, D., Jensky, A.W. (1978). Reconnaissance geologic map of the west-central part of the state of Nayarit, Mexico: Geological Society of America, Map and Chart Series, MC-24, scale 1:200.000, 1 map.
- Gastil, R.G., Krummenacher, D. and Jensky, N.A. (1979). Reconnaissance Geology of West Central Nayarit. Mexico Geological Society of America, Map and Chart Series MC-24, scale 200,000.
- Gastil, R.G., Phillips, R.P., Allison, E.C. (1975). Reconnaissance Geology of the state of Baja California: Geological Society of America, Memoir, 140, 170 p.
- Geology of the San Pedro – Ceboruco Graben, western Trans-Mexican Volcanic Belt Luca Ferrari<sup>1,\*</sup>, Chiara M. Petrone<sup>2</sup>, Lorella Francalanci<sup>2,3</sup>, Takahiro Tagami<sup>4</sup>, Mugihiko Eguchi<sup>4</sup>, Sandro Conticelli<sup>2,3</sup>, Piero Manetti<sup>2,5</sup>, and Saúl Venegas-Salgado<sup>6</sup>
- Gilbert C.M., Mahood G.A. y Carmichael I.S.E., 1985. Volcanic stratigraphy of the Guadalajara Area, Mexico. Geof. Int. v. 24-1, p.169-191.
- Gleik P. H. (1992) Environmental Consequences of Hydroelectric Development: The role of facility size and type. Energy, Vol. 17, No. 8, pp. 735-747.
- Gleik P. H. (1992) Environmental Consequences of Hydroelectric Development: The role of facility size and type. Energy, Vol. 17, No. 8, pp. 735-747.
- Gobierno del Estado de Jalisco. Plan de Desarrollo Regional, Región 11 Valles.
- Gómez Orea, D. 2003. Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Segunda Edición, Ediciones Mundi-Prensa, S. A., México.
- Gómez Valle R. (1962). Informe Geológico Preliminar de “La Yesca”, Jalisco, archivos de la Comisión Federal de Electricidad.
- González A. (1963). Geología del proyecto de Presa “La Yesca”, Jalisco. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México.
- González-V., L. M. 1986. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Jalisco. Colección Flora de Jalisco 1. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 240 pp.
- González-V., L. M. 1990. Las Ericaceas de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 2. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 140 pp.
- González-V., L. M. 1996a. La familia Clethraceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 5. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 34 pp.

- González-V., L. M. 1996b. La familia Cornaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 4. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 17 pp.
- González-V., L. M. 2000a. La familia Aquifoliaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 6. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 27 pp.
- González-V., L. M. 2000b. La familia Garryaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 7. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 25 pp.
- González-V., L. M. 2000c. La familia Betulaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 8. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara. 40 pp.
- González-V., L. M. 2000d. Las familias Monotropaceae y Pyrolaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 9. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México. 23 pp.
- González-V., L. M. 2001. La familia Theaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 12. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara, México. 38 pp.
- González-V., L. M. 2002a. La familia Symplocaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 13. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara, México. 31 pp.
- González-V., L. M. 2002b. La familia Actinidaceae en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 14. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara, México. 13 pp.
- Gough, D.I. (1980). Sismicidad Inducida. In: Ed. Blume. Terremotos 95-123.
- Grajales N.M. y López I.M., 1983. Estudio Petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del prospecto Tomatán-Guerrero-Jalisco, Proyecto C-1160: Instituto Mexicano del Petróleo Open File Report.
- Grajales N.M., 1980. Estudio radiométrico del prospecto Cocula, Estados de Michoacán y Jalisco, Informe interno, Instituto Mexicano del Petróleo.
- Groshong, R.H. (1994). Area balance, depth of detachment, and strain in extension: *Tectonics*, 13, 1488–1497.
- Guerrero, S. y F. A. Cervantes. 2003. Lista comentada de los mamíferos terrestres del estado de Jalisco, México. *Acta. Zool. Mexicana* (n. s.), 89:93-110.
- Gutiérrez, J. Hector, Romieu, Isabelle, Corey, Germán, Fortoul, Teresa, Contaminación del Aire, riesgos para la salud, *El Manual Moderno*, 1997, pp. 452.
- Harris, J.M., 1986. Silice volcanics of Volcan Tequila, Jalisco, Mexico, Ms. Thesis, University of California.
- Hearne R., Easter W. (1995). Water Allocation and Water Markets, An Analysis of Gains-from-Trade in Chile. World Bank Technical Paper Number 315.
- Hearne R., Trava J. (1997). Water Markets in Mexico: Opportunities and Constraints.
- Hemond, H. F. & Fechner, E. J. (1994). *Chemical Fate and Transport in the Environment*. EUA: Academic Press.
- Henry, J. Glynn, Heinke, Gary W., *Environmental Science and Engineering*, Prentice Hall, 1996, second edition, pp. 778
- Hermosillo, J. J., Gudiño, D. & Mendoza, M. (1995). *Notas sobre el Curso de Energía Solar*. México: Universidad ITESO.
- Hernández-L., L. 1995. The endemic flora of Jalisco, México, Centres of endemism and implications for conservation. Tesis of Máster of Science. Institute of Environmental Studies. University of Wisconsin-Madison. 76 pp.
- <http://eol.jsc.nasa.gov/scripts/sseop/QuickView.pl?directory=ESC&ID=ISS009-E-5087>

- Huerta-Martínez, F. M. y S. Guerrero. 2004. *Ecología de Comunidades*. Universidad de Guadalajara, 124 pp.
- Hutchinson, GE. (1957). *A Treatise On Limnology*, Vol. 1. Part. I. John Wiley & Sons. New York.
- Iglesias, M., Barcena, M., Matute, J.I. (1977). Informe sobre los temblores de Jalisco y la erupción del Volcán Ceboruco: *Anales del Ministerio de Fomento*, México, 1, pp 115–196.
- Image Science and Analysis Laboratory, NASA-Johnson Space Center. (2004). "Astronaut Photography of Earth - Quick View."
- in Central and Northwestern Mexico; A selection of the 1997 IAVCEI General Assembly, Excursions: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, pp 85–129.
- Inédito, Comisión Federal de Electricidad.
- International Energy Agency. (2000) Annex III Hydropower and the Environment: Present context and guidelines for future action. Volume III, Appendices.
- International Energy Agency. (2000) Annex III Hydropower and the Environment: Present context and guidelines for future action. Volume II, Main Report.
- International Energy Agency. (2000) Annex III Hydropower and the Environment: Present context and guidelines for future action. Volume III, Appendices.
- International Energy Agency. (2000) Annex III Hydropower and the Environment: Present context and guidelines for future action. Volume II, Main Report.
- International Energy Agency. (2000). Hydropower and the Environment: Effectiveness of Mitigation Measures. IEA Technical Report, Annex III, subtask 6.
- International Energy Agency. (2000). Hydropower and the Environment: Effectiveness of Mitigation Measures. IEA Technical Report, Annex III, subtask 6.
- International Energy Agency. Hydropower and the Environment: Present Context and Guidelines for Future Action. IEA Technical Report, Volume I, Summary and Recommendations.
- International Energy Agency. *Hydropower and the Environment: Present Context and Guidelines for Future Action*. IEA Technical Report, Volume I, Summary and Recommendations.
- International Energy Agency. Survey of existing guidelines, legislative framework and standard procedures for EIA of hydropower projects. IEA Technical Report.
- International River Network (2003), *Twelve Reasons to Exclude Large Hydro from Renewables Initiatives*
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common rocks: *Canadian Journal Earth Sciences*, 8, pp 523–548.
- Itaya, T., Nagao, K. (1988). K–Ar age determination of volcanic rocks younger than 1 Ma: *Memoirs of the Society of Geological Japan*, 29, pp143–161 (in Japanese with English abstract).
- Jain, R. *et al.* (2002). *Environmental Assessment*. (2<sup>a</sup> ed.). Ed. McGraw-Hill. EUA.
- Jarrard, R.D. (1986). Relations among subduction parameters: *Reviews of Geophysics*, 24, 2, pp 217–283.
- Jiménez, B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. México: Limusa Noriega.
- Johnson E.E. (1975). El agua subterránea y los pozos: Publicado por Wheelabrator Clean Water Inc., primera edición, 513 p.
- Johnson J., Viers J., Kozłowicz B., Information Center for the Environment. (2002). Geographic Information System support for total maximum daily load analysis of the Mattole River Watershed, Humboldt County, California.
- Joji Harada, Nario Yasuda. (2004) Conservation and Improvement of the Environment in Dam Reservoirs. *Water Resources Development*, Vol. 20, No. 1, 77-96.



- Joji Harada, Nario Yasuda. (2004) Conservation and Improvement of the Environment in Dam Reservoirs. *Water Resources Development*, Vol. 20, No. 1, 77-96.
- Jones, B.F.; Bowser, C.J. (1978). The Mineralogy And Related Chemistry Of Lake Sediments. IN: *Lakes, Chemistry , Geology, Physics*. A Lerman. Ed., pp. 179-235 Springer Verlag.
- Journal of Soil and Water Conservation* (1971). Sep. – Oct. Vol. 6, Number 5.
- Joyner, W. B. y Boore, D.M. (1981). Peak horizontal acceleration and velocity from strong motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, Earthquake. *Bull. Seism, Soc.Amer.* v. 71, p. 2011-2038.
- Kaygusuz Kamil. (2002). Sustainable Development of Hydroelectric Power. *Energy Sources*, vol. 24, pp. 803-815.
- Kirkby, M.J. y Morgan, R. P. C. (1984). *Erosión de Suelos*. Trad. Hurtado, V. J. Ed. LIMUSA. México, D. F.
- Klimpt J., Rivero C., Puranen H., Koch F. (2002). Recommendations for sustainable hydroelectric development. *Energy Policy*.
- Kohler, H., Schaaf, P., Muller, S.D., Emermann, R., Negendank, J.F.W., Tobschall, H.J. (1988). Geochronological and geochemical investigations on plutonic rocks from the complex of Puerto Vallarta, Sierra Madre del Sur: *Geofísica Internacional*, 27, pp 579–592.
- Kostoglodov, V. y Bandy, W. (1995). Seismotectonic constraints on the convergence rate between the Rivera and North American plates: *Journal of Geophysical Research*, v. 100, p. 17977 – 17989.
- Kostoglodov, V. y Ponce, L. (1994). Relationship between subduction and seismicity in the Mexican part of Middle America Trench: *Journal of Geophysical Research*, v. 99, no. B1, p.729-742.
- Kraemer A. R, Choudhury K. y E. Kampa, 2001. Protecting Water Resources: Pollution Prevention, Thematic Background Paper – International Conference on Freshwater Bonn 2001, Secretariat of the International Conference on Freshwater Bonn 2001 (Ed) Bonn, 2001, ([http://: www.water-2001.de](http://www.water-2001.de))
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman, Inc., Second Edition, Menlo Park, CA. 620 pp.
- Krebs, Ch. J. 1996. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers. New York, N.Y. 654 pp.
- Lamon III C., Stow Craig A. (2004) Bayesian methods for regional-scale eutrophication models. *Water Research*.
- Lamothe-Argumedo, R. 2003. La gnatostomiasis en México: un problema de salud público. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 74(1): 99-103.
- Lange, R., Carmichael, I.S.E. (1990). Hydrous basaltic-andesites associated with minette and related lavas in Western Mexico: *Journal of Petrology*, 31, pp 1225–1259.
- Lange, R., Carmichael, I.S.E. (1991). A potassic volcanic front in western Mexico: lamprophyric and related lavas of San Sebastian: *Geological Society of America Bulletin*, 103, pp 928–940.
- Lazcano D. S. 2001. Sismicidad Histórica de Guadalajara, Jal. XIII congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Woolley, A.R. (1992). The construction of the Total Alkali-Silica chemical classification of the volcanic rocks: *Mineralogy and Petrology*, 46, pp 1–22.
- Lerer L.B., Scudder T. (1999) Health impacts of large dams. *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 19, pp. 113-123.

- Lloyd, M., R. F. Inger y F. W. King. 1968. On the Diversity of Reptile and Amphibian Species in a Bornean Rain Forest. *Am. Nat.* 102:497-515.
- Lot, A. y F. Chiang (Coms.)1986. Manual del Herbario: Administración y Manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Departamento de Botánica. Instituto de Biología, UNAM. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. 142 pp.
- Luhr, J.F., Nelson, S.A., Allan, J., Carmichael, I.S.E. (1985). Active rifting in southwestern Mexico: manifestations of an incipient eastward spreading-ridge jump: *Geology*, 13, pp 54–57.
- Lyons, J. y N. Mercado-Silva. 1999 Patrones taxonómicos y ecológicos entre comunidades de peces en ríos y arroyos en el oeste de Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Autónoma de México. Serie Zoología* 70 (2) 169-190.
- Malagón, M. A., 1989. Calibración y estimación de magnitudes para sismos históricos de México. Tesis de Licenciatura, UNAM.
- Manahan, S. E. (1994). *Environmental Chemistry* (6ª ed.). EUA: CRC Press.
- Maniak, U. (2000). *Water Quality Management: Eutrophication Control* (conferencia). México: Universidad ITESO, CIATEJ.
- Manuales de Programas de Inventarios de México, Volúmen V, Desarrollo de Inventarios de Emisiones para Fuentes de Área, Radian International LLC, 1997
- Margalef, R. (1986). *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona. España. 951 pp.
- Margalef, R. (1991). *Teoría De Los Sistemas Ecológicos*. Ed. Barcanova. Barcelona. 184 pp.
- Markesbery, WR. (1997). Oxidative Stress Hypothesis In Alzheimer's Disease, *Free radical Biology and Medicine*, 23:134.
- Martín del Campo, C. M.I. (1993) Anteproyecto Hidroeléctrico La Yesca, Jal. Universidad Autónoma de Guadalajara. Tesis Licenciatura.
- Martínez-G., R. E. y L. M. González-V. 2002. La familia Salicaceae (*Populus*) en el estado de Jalisco, México. Colección Flora de Jalisco 15. 20 pp. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. 20 pp.
- Masser M., Murphy T., Shelton J., Southern Regional Aquaculture Center. (2001). *Aquatic Weed Management, Herbicides*.
- Mateen Thobani, Banco Mundial. Derechos de Agua Negociables: Una forma de resolver los problemas de escasez de agua y promover la inversión.
- Matsumoto, A. (1989). Improvement for determination of potassium in K–Ar dating: *Geological Survey of Japan, Bulletin*, 40, pp 65–70.
- Matsumoto, A., Kobayashi, T. (1995). K–Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the “mass fractionation correction procedure”: application to the Younger Ontake Volcano, central Japan: *Chemical Geology*, 125, pp 123–135.
- Matsumoto, A., Uto, K., Shibata, K. (1989). K–Ar dating by peak comparison method; new technique applicable to rocks younger than 0.5 Ma: *Geological Survey of Japan, Bulletin*, 40, pp 565–597.
- McAllister D.E., Craig J.F., Davidson N., Delany S., Seddon M. Biodiversity Impacts of Large Dams. Background Paper Nr. 1. IUCN, UNEP y WCD.
- McAllister D.E., Craig J.F., Davidson N., Delany S., Seddon M. Biodiversity Impacts of Large Dams. Background Paper Nr. 1. IUCN, UNEP y WCD.
- McCune, B. and M. J. Mefford 1999. PC-ORD for Windows. Multivariate analysis of ecological data V. 4.10. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- McDowell F.W. y Clabaugh, S.E., 1979. Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico: *Geol. Soc. Amer. Sp.* 180 p. 113-124.

- McDowell, F.W., Clabaugh S.E. (1979). Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico, in Chapin, C.E., Elston, W.E. (eds.), *Ash-flow Tuffs: Boulder*, Geological Society of America, Special Paper, 180, pp 113–124.
- McDowell, F.W., Keizer, R.P. (1977). Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango city and Mazatlán, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, 88, pp 1479–1487.
- McIntosh, A. (1991). Trace Metals In Freshwater Sediments: A Review Of The Literature And An Assessment Of Research Needs. In: Newman MC, Mcintosh AW (eds) *Metal Ecotoxicology: Concepts and Applications*. Lewis Publishers, Michigan, USA, pp. 243-260.
- McVaugh, R. 1983. Gramineae. En: W. R. Anderson (ed.) *Flora Novo-Galiciana* 14. University of Michigan Herbarium Press. Ann Arbor. 436 pp.
- McVaugh, R. 1985. Orchidaceae. En: W. R. Anderson (ed.) *Flora Novo-Galiciana* 16. University of Michigan Herbarium Press. Ann Arbor. 363 pp.
- McVaugh, R. 1987. Leguminosae. En: W. R. Anderson (ed.) *Flora Novo-Galiciana* 5. University of Michigan Herbarium Press. Ann Arbor. 786 pp.
- McVaugh, R. 1989. Bromeliaceae to Dioscoreaceae. En: W. R. Anderson (ed.) *Flora Novo-Galiciana* 15. University of Michigan Herbarium Press. Ann Arbor. 398 pp.
- McVaugh, R. 1992. Gymnosperms y Pteridophytes. En: W. R. Anderson (ed.) *Flora Novo-Galiciana* 17. University of Michigan Herbarium Press. Ann Arbor. 467 pp.
- McVaugh, R. 1993. Limncharitaceae to Typhaceae En: W. R. Anderson (ed.) *Flora Novo-Galiciana* 13. University of Michigan Herbarium Press. Ann. Arbor. 480 pp.
- McVaugh, R. 2001. Ochnaceae to Loasaceae En: W. R. Anderson (ed.) *Flora Novo-Galiciana* 13. University of Michigan Herbarium Press. Ann Arbor. 751 pp.
- McVaugh, R. 1984. Compositae. En: W. R. Anderson (ed.) *Flora Novo-Galiciana* 12. University of Michigan Herbarium Press. Ann Arbor. 1157 pp.
- Medina G., G. y J.A. Ruiz C. 2004. SICA 2.5: Sistema de información para caracterizaciones agroclimáticas ver. 2.5. Manual de documentación y guía del usuario. Tema didáctico Núm. 1. INIFAP-C-E. Zacatecas. Calera de V.R., Zacatecas, México. 126 p.
- Medina G., G., J.A. Ruiz C., R.A. Martínez P. 1998. Los climas de México. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRPAC. Guadalajara, Jalisco, México. 103 p.
- Meek, S. E. 1904. The Freshwater Fishes of Mexico North of the Isthmus of Tehuantepec. *Field Col. Mus. Chicago, Publ. Zool. Ser.*, V:1-252.
- Méndez A. y Maldonado R.J.A., 1981. Reconocimiento geológico minero de los fundos La Cumbre y el Favor Dos, localizados en el Distrito Minero Monte del Favor, Municipio de Hostotipaquillo, Jal., Informe Interno, Consejo de Recursos Minerales.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1991). *Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse* (3<sup>a</sup> ed.). EUA: McGraw-Hill.
- Michaud, F., Quintero, O., Barrier, E., Burgois, J. (1991). La frontière Nord du Bloc Jalisco (ouest Mexique): localisation et évolution de 13 Ma à l'actuel: *Comptes Rendus de l'Academie des Science, Paris, II*, 312, 1359–1365.
- Ministerio de Medioambiente (2000). Guía Para La Elaboración De Estudios Del Medio Físico, Contenido Y Metodología. Ministerio del Medio Ambiente, Madrid, Centro de Publicaciones.
- Miranda, A. 2002. Diversidad, historia natural, ecología y conservación de los mamíferos de Chamela. En: F. A. Noguera, J. H. Vega-Rivera, A. N. García-Aldrete y M. Quesada-Avedaño (Editores). *Historia Natural de Chamela*, Instituto de Biología, UNAM, México. 359-377.

- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 28: 29-179.
- Moore G., Marone C., Carmichael I.S.E. and Renne P., 1994. Basaltic volcanism and extension near the intersection of the Sierra Madre volcanic province and the Mexican Volcanic Belt. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 106, p. 383-394.
- Moore G., Marone, C., Carmichael, I.S.E. y Ranne, P. (1994). Basaltic volcanism and extension near the intersection of the Sierra Madre volcanic province and the Mexican Volcanic Belt: Geological Society of America Bulletin, v.106, p.383–394.
- Moore, G., Marone, C., Carmichael, I.S.E., Renne, P. (1994). Basaltic volcanism and extension near the intersection of the Sierra Madre volcanic province and the Mexican Volcanic Belt: Geological Society of America Bulletin., 106, pp 383–394.
- Mooser F. y Maldonado Koerdell M. (1961). Tectónica Penecontemporánea a lo largo de la Costa Mexicana del Océano Pacífico. Geofísica Internacional.
- Mooser, F. (1963). Informe de la visita al proyecto La Yesca. Informe inédito, Comisión Federal de Electricidad.
- Mooser, F. (1972). The Mexican Volcanic Belt. Structure and Tectonics: Geofísica Internacional, v.12, no, 2, p.
- Mooser, F. y Robin, C. (1975). Las fases del vulcanismo en México una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico. Revista Instituto de Geología Universidad Nacional Autónoma de México.
- Movimiento Mexicano de Afectados por las Presas y en Defensa de los Ríos (MAPDER). <http://www.mapder.org>
- Naudascher, E. (1992). *Hydraulik Der Gerinne Und Gerinnebauwerke* (2ª ed.). Alemania: Springer-Verlag.
- Nelson, S.A. (1980). Geology and petrology of Volcan Ceboruco, Nayarit, Mexico; Part II: Geological Society of America Bulletin., 91, pp 2290–2431.
- Nelson, S.A. (1986). Geología del Volcán Ceboruco, Nayarit, México con una estimación de riesgos de erupciones futuras: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, 6, pp 243–258.
- Nelson, S.A., Carmichael, I.S.E. (1984). Pleistocene to recent alkalic volcanism in the region of Sanganguey volcano, Nayarit, Mexico: Contributions to Mineralogy and Petrology, 85, pp 321–335.
- Nelson, S.A., Hegre, J. (1990). Volcan Las Navajas, a Pliocene–Pleistocene trachyte–peralkaline rhyolite volcano in the northwestern -Geology of San Pedro – Ceboruco graben 181 Mexican Volcanic Belt: Bulletin of Volcanology, 52, 186–204.
- Nelson, S.A., Livieres, R. (1986). Contemporaneous calc-alkaline and alkaline volcanism at Sanganguey Volcano, Nayarit, Mexico: Geological Society of America Bulletin, 97, pp 798–808.
- Nieto O.J., Delgado A.L. and Damon P.E., 1985. Geochronologic, petrologic and structural data related to large morphologic features between the Sierra Madre Occidental and the Mexican Volcanic Belt. Geofísica Internacional, v. 24, p. 623-663.
- Nieto-Obregón, J. Delgado-Argote, L. A. y Damon, P.E. (1985). Geochronologic, petrologic and structural related to large morphological features between the Sierra Madre Occidental and the Mexican Volcanic Belt: Geofísica Internacional, v. 24, no. 4, p.
- Nieto-Obregón, J., Delgado-Argote, L.A. y Damon, P.E. (1981). Relaciones Petrológicas y geocronológicas del magmatismo de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico en Nayarit, Jalisco y Zacatecas: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Memoria Técnica XIV, Conv. Nac. p. 327-361.

- Nieto-Obregón, J., Urrutia-Fucugauchi, J., Cabral-Cano, E., Guzman de la Campa, A. (1992). Listric faulting and continental rifting in western Mexico; a paleomagnetic and structural study: *Tectonophysics*, 208, pp 365–376.
- Nisbet, M.; Verneaux, J. (1970). Composantes Chimiques Des Eaux Courantes. *Ann. Limnol.* 2.
- Nishenko S.P., y Singh S.K., 1987. Conditional Probabilities of recurrence of Large and Great Interplate Earthquakes Along The Mexican Subduction Zone. 1986-2006 *Bulletin of the Seismological Society of America*. V. 77, p 2094-2114.
- Nixon G.T., Demant A., Amstrong R.L. and Harakal J.E., 1987. K-Ar and geologic data bearing on the age and evolution of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Geofísica Internacional*, v. 26, p. 109-158.
- Nixon, G. T., Demant, A., Amstrong, R. L. y Harakal, J. E. (1987). K-Ar and geologic data bearing on the age and evolution of the Trans-Mexican Volcanic Belt: *Geofísica Internacional*, v. 26, p.109-158.
- NOM-014-SSA-1993 (1993). Procedimientos Sanitarios Para El Muestreo De Agua Para Uso Y Consumo Humano En Sistemas De Abastecimiento De Agua Públicos Y Privados. *Diario Oficial de la Federación*. México. Norma Oficial Mexicana. Secretaria de Salud.
- NOM-117-Ssa1-1994 (1994). Determinación De Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc Y Mercurio En Alimentos, Agua Potable Y Agua Purificada Por Espectrometría De Absorción Atómica. *Diario Oficial de la Federación*. México. Norma Oficial Mexicana. Secretaria de Salud.
- NOM-127-SSA1-1994. (1994). Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-límites Permisibles de Calidad y Tratamiento a que debe Someterse el Agua para su Potabilización. *Diario Oficial de la Federación*. México. Norma Oficial Mexicana. Secretaria de Salud.
- NOM-AA-14-1980 (1980). Cuerpos Receptores, Muestreo. *Diario Oficial de la Federación*. México. Norma Oficial Mexicana. Análisis de Agua.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, *Diario Oficial de la Federación* 6 de marzo de 2002. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 83 pp.
- Novozhenin V.D., Troitskii, A.V. (2001). Assessment of Environmental Impact and measures for preparation of reservoir zones in modern plans for hydroelectric power plants. *Hydrotechnical Construction*, Vo. 35, No. 11.
- Novozhenin V.D., Troitskii, A.V. (2001). Assessment of Environmental Impact and measures for preparation of reservoir zones in modern plans for hydroelectric power plants. *Hydrotechnical Construction*, Vo. 35, No. 11.
- Ortega G.F., Mitre S., L. M., Roldán Q., J., Aranda G., Morán Z.D., Alaniz A.S. y Nieto O.J., 1992. Texto explicativo de la 5a edición de la Carta Geológica de la República Mexicana, esc 1:2'000,000, Universidad Nacional Autónoma de México (Instituto de Geología) y Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (Consejo de Recursos Minerales).
- Ortiz-Solorio, C. A. (1982). *Agrometeorología*. Depto. Suelos. UACH. Chapingo, México.
- ORVA Ingeniería, CEAS Jalisco. (2003). Estudio de Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional para el Proyecto de la Presa de Arcediano en el Municipio de Guadalajara, Jalisco.
- Osorio - Trejo, J. (1983). Comentarios al informe Y-4. Observaciones de la visita efectuada al área de estudio del P.H. La Yesca, Jal. Informe inédito. Comisión Federal de Electricidad.

- Palerm J. (2004). Proyecto Hidrológico La Yesca, Propuesta de Metodología para la Identificación y Evaluación de Impactos.
- Palmieri A., Shah F., Dinar A. (2001) Economics of reservoir sedimentation and sustainable management of dams. *Journal of Environmental Management*, 61, pp. 149-163.
- Petrone, C.M. (1998). Studio magmatologico dei sistemi vulcanici del graben San Pedro–Ceboruco (Nayarit, Messico); coesistenza di magmi a diversa affinità petrologica: Firenze, Università degli Studi di Firenze (Italy), Tesis doctoral, 280 p. (in italian).
- Petrone, C.M. Francalanci, L., Carlson, R.W., Ferrari, L., Conticelli, S. (2003). Unusual coexistence of subduction - related and intraplate type magmatism: Sr, Nd, and Pb isotope and trace elements data from the magmatism of the San Pedro –Ceboruco graben (Nayarit, Mexico): *Chemical Geology*, v. 193, p. 1-24.
- Petrone, C.M., Francalanci, L., Carlson, R.W., Ferrari, L., Conticelli, S. (2003). Unusual coexistence of subduction-related and intraplatetype magmatism: Sr, Nd and Pb isotope and trace elements data from the magmatism of the San Pedro–Ceboruco graben
- Petrone, C.M., Tagami, T., Francalanci, L., Matsumura, A., Sudo, M. (2001). Volcanic systems in the San Pedro–Ceboruco graben (Nayarit, Mexico) in the light of new K–Ar geochronological data: *Geochemical Journal*, 35, 77–88.
- Prieto Cabrera M. (1964). Estudio geológico para seleccionar la ubicación de una boquilla en el proyecto de presa “La Yesca”, en el Estado de Jalisco. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional. Tesis Profesional.
- Prieto, C. M. (1964). Estudio Geológico para seleccionar la ubicación de una boquilla en el proyecto de la Presa “La Yesca” en el estado de Jalisco. Instituto Politécnico Nacional. Tesis Licenciatura.
- Pritchard S. (2001). Reflections on dam safety. *International Water Power & Dam Construction*, Tomo 53, No. 6, pp. 32.
- Pritchard S. (2002). Overloaded. *International Water Power & Dam Construction*, Tomo 54, No. 7, pp. 18.
- Quezadas F. A. (1963). Estudio petrográfico de dos muestras de subsuelo colectadas en la ubicación de boquilla No. II del cañón de “La Yesca”, Jalisco. Archivos de la Comisión Federal de Electricidad.
- Quintero O. and Guerrero J., 1992. Different tectonic stress regimes at the Tepic - Chapala rift. [abs]: *EOS (Transaction American Geophysical Union)*, v. 43, p. 533.
- Quintero-Legorreta, O., Michaud, F., Bourgois, J. y Barrier, E. (1992). Evolución de la frontera septentrional del bloque Jalisco, México, desde hace 17 Ma: *Universidad Autónoma de México, Revista del Instituto de Geología*, v. 10, no, 2, p.111-117.
- Raisz, E. Humprey, W., (1956). Mapa de provincias fisiográficas de la República Mexicana. Oficina Naval de Investigación. USA. Massachussets.
- Raman, T.R.S. 2003. Assessment of census techniques for interspecific comparisons of tropical rainforest bird densities: a field evaluation in the Western Ghats, India. *Ibis* 145:9-21.
- Ramírez,G. A. (1996). Geometría fractal y sismicidad: dos casos en el suroccidente y sureste de México. Tesis Maestría.
- Ramírez-Bautista, A. y A. García. 2002. Diversidad de la herpetofauna de la región de Chamela. En: F. A. Noguera, J. H. Vega-Rivera, A. N. García-Aldrete y M. Quesada-Avendaño (Editores). *Historia Natural de Chamela*, Instituto de Biología, UNAM, México. 251-264.
- Ramos, S. (1982). Conclusiones geológicas de la boquilla del P.H. La Yesca, Jal. Informe inédito, Comisión Federal de Electricidad.

- Ramos, S. (1984). Prefactibilidad y Geotécnica del Eje I. Informe inédito, Comisión Federal de Electricidad.
- Ramos, S., Rojas, G., Soto, G., Gomes, M. y Vallarino, G. (1983). Análisis comparativo geológico-estructural y factores geotécnicos de las alternativas la Yesca, Juanepanta y Las Garzas. Informe inédito. Comisión Federal de Electricidad.
- Reading, C. J. 1997. A Proposed Standard Method for Surveying Reptiles on Dry Lowland Heath. *Journal of Applied Ecology*, 34: 1057-1069.
- Residencia Est. Geof. Z.P.N. (1982).- Estudios geofísicos preliminares de la Alternativa Juanepanta, P.H. La Yesca, Jal.
- Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 20, núm. 3, 2003, p. 165-181
- Righter K., Carmichael I.S.E. and Becker T., 1995. Pliocene-Quaternary faulting and volcanism at the intersection of the Gulf of California and the Mexican Volcanic Belt. *Geological Society of America Bulletin*, v.107, p. 612-626.
- Righter, K. (2000). A comparison of basaltic volcanism in the Cascades and western Mexico: compositional diversity in continental arcs: *Tectonophysics*, 318, pp 99–117. Righter, K., Carmichael, I.S.E., 1992, Hawaiites and related lavas in the Atenguillo graben, western Mexican Volcanic Belt: *Geological Society of America Bulletin*, 104, 1592–1607.
- Righter, K., Carmichael, I.S.E., Becker, T. (1995). Pliocene–Quaternary faulting and volcanism at the intersection of the Gulf of California and the Mexican Volcanic Belt: *Geological Society of America Bulletin*, 107, pp 612–627.
- Righter, K., Rosas-Elguera, J. (2001). Alkaline lavas in the volcanic front of the western Mexican Volcanic Belt: geology and petrology of the Ayutla and Tapalpa Volcanic Fields: *Journal of Petrology*, 42, pp 2333–2361.
- Rivera E., Villalobos G., Azuz I., Rosado F. SEMARNAT, Universidad Autónoma de Campeche, Universidad de Quintana Roo, CETYS-Universidad. (2004). *El Manejo Costero en México*.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., Garduño, V.H., Urrutia-Fucugauchi, J. (1996). The continental boundaries of the Jalisco block and their influence on the Plio–Quaternary kinematics of western Mexico: *Geology*, 24, pp 921–924
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., Lopez Martinez, M. y Urrutia-Fugugauchi, J. (1997). Stratigraphy and Tectonics of the Guadalajara Region and Triple-Junction Area, Western Mexico: *International Geology Review*, v. 39, p.125-140.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., Lopez-Martinez, M., Urrutia-Fucugauchi J. (1997). Stratigraphy and tectonics of the Guadalajara region and the triple junction area, western Mexico: *International Geology Review*, 39, pp 125–140.
- Rosas-Elguera, J., Urrutia F.J., and Nieto O.J., 1993. Ambiente estructural en la Frontera del Bloque Jalisco, in Delgado A., I., A., and Martín B. A., eds., *Monografía sobre la Tectónica de México*, Monografía No. 1, Contribuciones a la Tectónica de México : Mexico City, Unión Geofísica Mexicana, p. 175 - 192.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari L.J., Garduño V.H. and Urrutia F.J., 1996. The continental boundaries of the Jalisco block and their influence in the Neogene kinematics of western Mexico. *Geology*, v. 24, p. 921-924.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari L.J., López M.M. and Urrutia-F.J., 1997. Stratigraphy and Tectonics of the Guadalajara region and the triple junction area, western Mexico, *International Geological Review*, v. 39, p.125-140.
- Rosenberg D.M., Bodaly R.A., P.J. Usher. (1995) Environmental and social impacts of large scale hydroelectric development\_ who is listening?. *Global Environmental Change*, Vol. 5, No. 2, pp. 127-148.

- Rossotti A., Prosperi G., Ferrari L.J. and Rosas E.J., 1997. Silicic volcanism in the Guadalajara region, western Mexico: evidence for a massive ancestor of La Primavera Caldera: IAVCEI General Assembly, Abstract. p. 16.
- Rossotti, A., Ferrari, L., López-Martínez, M., Rosas-Elguera, J. (2002). Geology of the boundary between the Sierra Madre Occidental and the Trans-Mexican Volcanic Belt in the Guadalajara region, western Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 19, pp1-15.
- Ryding, S.-O. & Rast, W. (1989). *The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs. (Man and the Biosphere Series: Vol. I)*. Reino Unido: Parthenon Publishing & UNESCO Paris.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro. 1406 pp.
- Rzedowski, J. 1972. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México. III. Algunas tendencias en la distribución geográfica de las Compositae mexicanas. *Ciencia, Mex.* 27: 123-132.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21.
- Rzedowski, J. y R. McVaugh. 1966. La vegetación de Nueva Galicia. Contributions from the University of Michigan. Tomo 9(1): 1-23
- Sadler B., Verocai I., Vanclay F. (2000) Environmental and Social Impact Assessment for Large Dams. WCD Thematic Review V.2, Institutional Processes.
- Sánchez, M. E., Rodriguz V. R., Malagón M.A., y Lomas D. E., 1998. Caracterización dinámica del P.H. Las Cruces. C.F.E., Reporte interno. Inédito.
- Sánchez, V. y Franco, S. (1990). Informe geológico del banco de gravas y arenas. Juanepanta P.H. La Yesca. Informe inédito. Comisión Federal de Electricidad.
- Sánchez, V. y Franco, S. (1990). Resultados del levantamiento geofísico efectuado en el Eje de la Yesca. Informe inédito, Comisión Federal de Electricidad.
- SARH(1983). Estaciones Climatológicas. Datos evapotermoplumiométricos Bajo Río Lerma y Pacífico Centro. División hidrométrica. Dir. Cons. Suelo y Agua. Jalisco, México.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L. & Parkin, G. F. (2001). *Química para Ingeniería Ambiental* (4ª ed.). México: McGraw-Hill.
- SBCEan, T. H. 1880. Descriptions of two species of fishes collected by Prof. A. Dugés in Central Mexico. *Proc. U. S. Natl. Mus.* 302-305.
- Schaaf, P., Bohnel, H., Perez-Venzor, J.A. (2000). Pre-Miocene palaeogeography of the Los Cabos Block, Baja California Sur; geochronological and palaeomagnetic constraints:
- Schaaf, P., Moran-Zenteno, D., Hernandez-Bernal, M., Solis-Pichardo, G., Tolson, G., Köhler, H. (1995). Paleogene continental margin truncation in southwestern Mexico: geochronological evidence: *Tectonics*, 14, pp 1339–1350.
- Schenk, V. (1984). Relation between ground motions and earthquake magnitude, focal distance and epicentral intensity. *Eng. Geol.* 20, p. 143-151.
- Schnoor, J. L. (1996). *Environmental Modeling. Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil*. EUA: Wiley-Interscience.
- Schuster R., Highland L. Impact of Landslides and Innovative Landslide-Mitigation Measures on the Natural Environment.
- Scott, M.J., F.L. Ramsay y C.B. Kepler. 1981. Distance estimation as a variable in estimating bird numSBCers. *Studies in Avian Biology* 6:334-341.
- SEMARNAT, CNA. (2005). Estadísticas del Agua en México.



- SEMARNAT. (2002). Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental: Hidráulico, Modalidad: Particular.
- Shear, H. (2000). *Some Basic Aspects of Lake Ecology* (conferencia). México: Universidad ITESO, CIATEJ.
- Sitter L. V. (1962). Geología estructural, Ediciones Omega, S. A.
- Soto, G., Rojas, G., Gomez, M. y Vera, R. (1988). Prefactibilidad Geológica del P.H. La Yesca, Río, Santiago, Jal., Tomo I y II. Informe inédito, Comisión Federal de Electricidad.
- Steiger, R.H., Jäger, E. (1977). Subcommittee on geochronology; convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology, *Earth and Planetary Science Letters*, 36, pp 359–362.
- Stock J., 1992. Tectónica de Placas y Evolución Geológica del bloque Jalisco. *Geos, Bol. Unión Geofis. Mex.* v. 12 No. 5, resumen reunión Nov.
- Sudo, M., Tagami, T., Sato, K., Hasebe, N., Nishimura, S. (1996). Calibration of a new analytical system for the K–Ar dating method and analytical results of K–Ar age known samples: *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy*, 58, pp 21–40.
- Sudo, M., Uto, K., Anno, K., Ishizuka, O., Uchiumi, S. (1998). SORI93 biotite; a new mineral standard for K–Ar dating: *Geochemical Journal*, 32, 49–58.
- Sutherland, W.J. 1996. *Ecological Census Techniques: a Handbook*. Cambridge University Press: Cambridge, Reino Unido.
- Takaoka, N. (1989). Problem in K–Ar dating of Quaternary volcanic rocks: *Journal of the Mass Spectrometry Society of Japan*, 37 (6), 343– 351. (in japanese)
- Takaoka, N., Konno, K., Oba, Y., Konda, T. (1989). K–Ar dating of lavas from Zao Volcano, northeastern Japan: *Geological Society of Japan, Journal*, 95, 157–170 (in japanese with english abstract).
- Tectonophysics*, 318, pp 53–69.
- Thibodeaux, L. J. (1996). *Environmental Chemodynamics. Movement of Chemicals in Air, Water and Soil* (2ª ed.). EUA: Wiley-Interscience.
- Thomann, R. V. & Mueller, J. A. (1987). *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*. EUA: Harper Collins.
- Tinajero-Gonzalez, J. A. (1982). Aspectos fundamentales en el estudio de agua subterránea (Geohidrología). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión del Plan Nacional Agrario.
- Topete, A.J.P. (1987). Cálculo del Clima 2º Sist. C.W. Thornthwaite. 198 Est. Meteorológicas del Estado de Jalisco. Fac. Geografía, U de G. Jalisco, México.
- Trussart S., Messier D., Roquet V., Shuichi A. (2002). Hydropower projects : a review of most effective mitigation measures. *Energy Policy*.
- Trussart S., Messier D., Roquet V., Shuichi A. (2002). Hydropower projects: a review of most effective mitigation measures. *Energy Policy*.
- Tundisi J.G., Rocha O., Matsumura-Tundisi T., Braga B. (1998) Reservoir Management in South America. *Water Resources Development*, Vol. 14, No. 2, pp. 141-155.
- Tundisi J.G., Rocha O., Matsumura-Tundisi T., Braga B.(1998) Reservoir Management in South America. *Water Resources Development*, Vol. 14, No. 2, pp. 141-155.
- Turner, J. Francis y John Verhoogen. (1963). *Petrología ígnea y metamórfica* Ediciones Omega, S.A.
- Twidell, J. & Weir, T. (1986). *Renewable Energy Resources*. Reino Unido: Spon Press.
- Tyrrel G.W. (1963). *Petrología*. Tercera impresión en español por la editorial Cecza.
- U. S. Environmental Protection Agency. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. Publication AP-42. Section 11.12 concrete batching. pp 11.12-10.

- U. S. Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Publication AP-42. Section 11.19.2 crushed stone processing and pulverized mineral processing. pp 11.19.2-17.
- U. S. Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Publication AP-42. Section 13.2.2 unpaved roads. pp 13.2.2-20.
- U. S. Environmental Protection Agency. Supplement D to Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Publication AP-42. Table II.7.1 Emission Factors for heavy duty diesel powered construction equipment. pp II.7.4
- U. S. Environmental Protection Agency. Supplement D to Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Publication AP-42. Table 13.3-1 Emission Factors for detonation of explosives. pp 13.3-2.
- UDG. Análisis Comparativo de Riesgos Gas Natural/Gas LP.
- Universidad Autónoma de México, CFE. (2004). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Hidroeléctrico “La Parota”, Guerrero.
- Urrutia, J. F. y del Castillo, L. (1977). Un modelo del Eje Neovolcánico Mexicano, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana: v. 38, p. 18-28.
- Urrutia, J.F. (1986). Late Mesozoic-Cenozoic evolution of the northwestern Mexico magmatic zone: Geofísica Internacional, v. p.
- US Department of the Interior, Bureau of Reclamation. (1995). Operation of Glen Canyon Dam, Colorado River Storage Project, Arizona. Final Environmental Impact Statement.
- Valencia, C. (1984). Informe geofísico realizado en el P.H. La Yesca, Jal., Eje 1. Informe inédito, Comisión Federal de Electricidad.
- Vallarino, G. (1982). Informe geológico y consideraciones geotécnicas preliminares de la Alternativa Juanepanta. Informe inédito, Comisión Federal de Electricidad.
- Vargas-P., O., M. Martínez-y D. y P. A. Dávila-A. 1998. El género *Physalis* (SOLANACEAE) en el estado de Jalisco. Bol. Inst. Bot. Universidad de Guadalajara. 5:395-401.
- Vázquez-G., J. A., R. Cuevas-G., T. S. Cochrane, H. H. Iltis, F. J. Santana-M. y L. Guzmán-H. 1995. Flora de Manantlán. Sida, Botanical Miscellany 13, Botanical Research Institute of Texas. 312 pp.
- Venegas S.S., Herrera F.J.J., y Maciel F.R., 1985. Algunas Características de la Faja Volcánica Mexicana y de sus Recursos Geotérmicos, Rev. Geofís. Int., v. especial sobre el Cinturón Volcánico Mexicano, parte 1 (ed. S.P. Verma), v. 24-1 y Geofísica Internacional v. 24-1, p.4777-4781.
- Venegas, S.S., Herrera, F. J. J. y Maciel, F. R. (1985). Algunas características de la Faja Volcánica Mexicana y sus recursos geotérmicos: Geofísica Internacional, v. 24, no.1. p.
- Vera, R. y Rojas, G. (1980). Informe geológico superficial del estrechamiento y vaso. Informe inédito, Comisión Federal de Electricidad.
- Verma, S.P., Nelson, S.A. (1989a). Isotopic and trace element constraints on the origin and evolution of alkaline and calc-alkaline magmas in the northwestern Mexican Volcanic Belt: Journal of Geophysical Research, 94, pp 4531–4544.
- Verma, S.P., Nelson, S.A. (1989b). Correction to “Isotopic and trace element constraints on the origin and evolution of alkaline and calc-alkaline magmas in the northwestern Mexican Volcanic Belt”: Journal of Geophysical Research, 96, pp 7679–7681.
- Veytia M. y Gonzáles A. (1963). Plano Fotogeológico del Río Santiago, en el proyecto “La Yesca”, Jal. Archivos de la Comisión Federal de Electricidad.
- Vié J.C. (1999) Wildlife recues – the case of the Petit Saut hydroelectric dam in French Guiana. Oryx, Vol. 33, No. 2.

- Wallace, P., Carmichael, I.S.E. (1989). Minette lavas and associated leucitites from the western front of the Mexican Volcanic Belt: petrology, chemistry and origin: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 103, pp 470–492.
- Wallace, P., Carmichael, I.S.E. (1992). Alkaline and calc-alkaline lavas near Los Volcanes, Jalisco, Mexico: geochemical diversity and its significance in volcanic arcs: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 111, pp 423–439.
- Walter, K. S. y H. J. Gillett (eds.) 1998. 1997 IUCN red list of threatened plants. Compiled by the World Conservation Union. Gland, Switzerland and Cambridge, U. K. 862 pp.
- Wark, K. y C. F. Warner (1990). Contaminación del aire, origen y control. Limusa-Noriega Ed., México, 650 pp.
- Watkins N.D., B.M. Gunn, A.K. Baksi and J. Ade-Hall, 1971. Paleomagnetism, Geochemistry, and Potassium-Argon Ages of the Rio Grande de Santiago Volcanics, Central Mexico. *Geol. Soc. Am. Bull*, 82, p. 1955-1968.
- Watkins, N. D. Gunn, B. M. Baksi, A. K., York, D. y Ade-hal, J. (1971). Paleomagnetism, geochemistry, and potassium-argon ages of the Río Grande de Santiago volcanics, Central Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 82, p. 1955-1968.
- Wetzel, RG. (1981). *Limnología*. Editorial Omega. Barcelona. 334 pp.
- White, G. F. (1979). **Scope 5. Environmental Impact Assessment –Principles and Procedures-**. (2ª ed.). M S Swaminathan Research Foundation. EUA.
- Wilson, D. E., F. Russell Cole, J. D. Nichols, R. Rudran, and M. S. Foster. 1996. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals*. Smithsonian Institution Press, New York, USA. 409 pp.
- World Resources Institute, World Bank. (2005). *World Resources 2005: The Wealth of the Poor, Managing Ecosystems to Fight Poverty*.
- Wright Tarah Sharon Alexandra. Giving “Teeth” to an Environmental Policy – A Delphi study at Dalhousie University.
- Yesca. Informe Inédito. Comisión Federal de Electricidad.
- Zimmermann, J.-L., Stussi, J.M, Gonzalez-Partida, E., Arnold, M. (1988). K–Ar evidence for age and compositional zoning in the Puerto Vallarta–Rio Santiago batholith (Jalisco, Mexico): *Journal South America Earth Science*, 1, pp 267–274.

## **MODIFICACIONES AL CAPITULO III Y COMPLEMENTOS**

III	VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES.....	3
III.1	INFORMACIÓN SECTORIAL .....	3
III.1.1	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.....	3
III.1.2	PROGRAMA SECTORIAL DE ENERGÍA .....	3
III.1.3	COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE).....	5
III.2	VINCULACIÓN CON LAS POLÍTICAS E INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN DEL DESARROLLO EN LA REGIÓN .....	6
III.2.1	PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE JALISCO .....	6
III.2.2	PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE NAYARIT .....	6
III.2.3	PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE AMATITAN, JALISCO.....	7
III.2.4	PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE HOSTOTIPAQUILLO, JALISCO .....	8
III.2.5	PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE MAGDALENA, JALISCO.....	9
III.2.6	PLANIFICACIÓN MUNICIPAL DE TEQUILA, JALISCO.....	11
III.2.7	PLANIFICACIÓN MUNICIPAL DE LA YESCA, NAYARIT .....	12
III.2.8	CONCLUSIONES GENERALES DEL ANÁLISIS DE TODOS LOS PLANES MUNICIPALES SUJETOS A ESTUDIO .....	25
III.3	ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS .....	26
III.3.1	LISTADO DE INSTRUMENTOS NORMATIVOS.....	26
III.3.2	CUADRO DE VINCULACIÓN CON LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS NORMATIVOS CON EL PROYECTO.....	27
III.3.3	NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE INGERENCIA DIRECTA AL PROYECTO. ....	35
III.3.4	NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE APLICACIÓN CONCURRENTE. ....	37
III.3.5	ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....	41
III.4	OTRAS DISPOSICIONES U ORDENAMIENTOS.....	42
III.4.1	REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS .....	42
III.4.2	REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS .....	43
III.5	AUTORIZACIONES Y GESTIONES PARA EL DESARROLLO Y EJECUCION DEL PH LA YESCA.....	45
III.5.1	RÉGIMEN DE PROPIEDAD Y ANUENCIAS PARA EJECUCIÓN DE LABORES.....	46
III.5.2	PERMISO GENERAL DE REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGA Y CONTROL DE EXPLOSIVOS.....	48

### **III VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES**

El capítulo III, se refiere a las características del proyecto y su interacción con los instrumentos de planeación que ordenan la zona en donde se proyecta la ubicación del mismo, por lo que es recomendable identificar y analizar cada una de las peculiaridades legales de aplicación en la zona y por la materia, a fin de sujetar el mismo a cada uno de éstos.

#### **III.1 INFORMACIÓN SECTORIAL**

##### **III.1.1 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO**

El Plan Nacional de Desarrollo 2001 – 2006 es el documento en el cual se incluyen las prioridades, objetivos y estrategias de la Administración Pública Federal para dicho período. En su capítulo 6 (Área de Crecimiento con Calidad), se menciona que *“...los servicios públicos administrados por el Ejecutivo Federal requieren inversiones considerables para enfrentar los retos del desarrollo. En particular, el marco normativo y regulatorio de la industria eléctrica, requiere una revisión profunda a fin de responder al crecimiento previsible de la demanda...”*. Posteriormente, se establece que *“...en materia de energía, el objetivo para 2006 es contar con empresas energéticas de alto nivel con capacidad de abasto suficiente, estándares de calidad y precios competitivos. En términos de energía eléctrica, se deben generar flujos de electricidad eficaces y suficientes ante la creciente demanda...”*.

El PH La Yesca es plenamente compatible con los aspectos enunciados en el Plan, por lo que, en un primer término, la ejecución de la obra participaría con el cumplimiento de los objetivos proyectados por el Gobierno Federal como estrategia de crecimiento y respuesta a las nuevas demandas.

##### **III.1.2 PROGRAMA SECTORIAL DE ENERGÍA**

Con base en las políticas marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo se elaboró el Programa Sectorial de Energía 2001 – 2006 (PSE), el cual menciona que *“...el sector eléctrico nacional debe tender hacia una modernización que le permita ofrecer un suministro acorde con las especificaciones técnicas más estrictas, aparejado de una gama de servicios integrales diseñados para satisfacer las necesidades de los distintos tipos de usuarios...”*. Respecto a la cobertura nacional, se menciona en el PSE que *“...el acceso al servicio público de electricidad ha crecido significativamente durante las últimas dos décadas, a tal grado que a fines del año 2000 alcanzó el 94,7 por ciento de la población nacional conectada a la red eléctrica, siendo éste uno de los niveles de cobertura más altos en Latinoamérica. Sin embargo, en términos absolutos, alrededor de cinco millones de mexicanos aún no cuentan con acceso al servicio eléctrico. De éstos, la mayoría habitan en comunidades rurales aisladas a la red eléctrica, lo que incrementa la dificultad de acceder a dichas poblaciones. Esa cantidad puede llegar a ser casi 12 millones de personas en el*

*año 2006 simplemente considerando el índice de crecimiento poblacional...". Con relación a la demanda de energía eléctrica, el PSE señala que "...las ventas de energía del Subsector Eléctrico en el 2000 ascendieron a 155 348 GWh, de las cuales el 60,3 por ciento fueron destinadas al sector industrial, 23,3 por ciento al residencial, 7,5 por ciento al comercial, 5,1 por ciento al agrícola y 3,8 por ciento al de servicios. El total de usuarios atendidos en el servicio público de energía eléctrica alcanzó casi los 24,0 millones, dentro de los que el sector industrial representó únicamente 0,5 por ciento, aunque su demanda participó con 60,3 por ciento..."*

*Respecto a la capacidad actual instalada, el PSE indica que "...en Diciembre del 2000, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) contaba con 36 697 MW de capacidad instalada de generación, donde la fuente de energía primaria que tiene mayor participación es la de hidrocarburos (60,6 por ciento), seguida de la hidroeléctrica (26,2 por ciento)...". Más adelante, se establece que "...con objeto de aprovechar el amplio potencial hidroeléctrico con el que cuenta el país, sobretodo en lo que se refiere a proyectos pequeños y medianos, será necesario realizar una promoción efectiva para que los sectores social y privado participen en la generación hidroeléctrica, con apego al marco jurídico vigente. De esta manera habrán de coordinarse los esfuerzos de las distintas autoridades involucradas, así como de los organismos paraestatales, para dar a conocer las principales alternativas de proyectos, dar agilidad a los procesos de otorgamiento de las concesiones, licencias y permisos que se requieran y facilitar el desarrollo de los propios proyectos...". El PSE menciona que la modernización del sector eléctrico contempla, entre otros aspectos, la "...diversificación de fuentes de energía, mediante el apoyo a plantas hidroeléctricas y carboeléctricas, con lo que se atenúa el riesgo de exponer la generación a la volatilidad del precio del gas natural, ...". Para garantizar la seguridad en el abasto de energía eléctrica a nivel nacional, "...se requiere incorporar 32 219 MW adicionales al sistema eléctrico nacional durante el periodo 2001-2010, lo cual incluye a la capacidad actualmente comprometida, que representan 10 854 MW, con lo cual se espera poder garantizar el abasto suficiente de electricidad. Debido a los tiempos de maduración de las inversiones necesarias y los años de construcción que se requieren para que las plantas inicien su operación como tal, es necesario que los 21 365 MW restantes se adjudiquen entre los años 2004 – 2010, y de este modo cumplir con los requerimientos del sector eléctrico..."*

En atención a lo anterior, es posible asegurar que la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, es favorable y plenamente compatible con las políticas marcadas tanto en el Plan Nacional de Desarrollo como en el Programa Sectorial de Energía.

### **III.1.3 COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)**

Con relación a los objetivos por (CFE), es de establecer que las necesidades de suministro de energía eléctrica y la política de diversificación de fuentes generadoras de electricidad en el país, hacen imprescindible la construcción de aprovechamientos hidroeléctricos.

Actualmente la visión de la CFE para desarrollar aprovechamientos hidroeléctricos de grandes dimensiones e importancia energética, como podría significar el PH La Yesca, y las consecuentes que en conjunto forman parte integral de este estudio, se consideran proyectos de desarrollo nacional plenamente compatibles y coherentes con las políticas marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa Sectorial de Energía, en cuya ejecución debe planearse de manera intersectorial, empatando metas comunes con las dependencias federales, estatales y municipales, ya que tanto los posibles efectos desfavorables como los beneficios de estos proyectos trascienden más allá del ámbito exclusivamente energético.

La CFE ha identificado el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca como una alternativa viable para contribuir a satisfacer la demanda de energía eléctrica en el área occidental del país. Por lo cual, en caso de concretarse en definitiva la proyección de dicha obra, el Programa de Obras de Inversión del Sector Eléctrico (POISE) considera la fecha de su entrada en operación.

Con la construcción de este proyecto hidroeléctrico se aportaría al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) 750 MW y una producción media anual de 1 228 GWh aproximadamente, considerando las Centrales Hidroeléctricas de las presas hidroeléctricas Aguamilpa, Santa Rosa y El Cajón, ésta última que aún se encuentra en su fase de construcción, conjuntamente con el PH La Yesca, se convertirían en una de las redes hidroeléctrica más grandes de todo el país.

En cuanto a las fuentes de generación del Sector Eléctrico Nacional, tal como lo establece el Programa Sectorial de Energía 2001 – 2006, se tiene como objetivo diversificar éstas, ya que actualmente el 74% de la potencia instalada para la generación eléctrica del país es con base a derivados del petróleo; en este sentido, la posible ejecución del proyecto PH La Yesca, pretende contribuir en el equilibrio sobre la diversificación de fuentes de generación de energía eléctrica.



## **III.2 VINCULACIÓN CON LAS POLÍTICAS E INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN DEL DESARROLLO EN LA REGIÓN**

### **III.2.1 PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE JALISCO**

El objetivo general del Gobierno de Jalisco para el período 2001-2007, consiste en "...mejorar sustancialmente las condiciones de vida y el bienestar de las y los jaliscienses mediante la promoción de un desarrollo económico, social, político y cultural, de manera sostenida, sustentable e incluyente...". Para cumplir con el objetivo general, el Gobierno Estatal presenta como estrategia social "...ampliar la infraestructura urbana y rural, para mejorar la cobertura de servicios de agua potable, drenaje y energía eléctrica, así como de caminos rurales y pavimentación, entre otros...". Respecto al desarrollo económico e industrial en el Estado, se propone como estrategia "...promover la inversión en proyectos generadores de empleos y alto impacto regional y en proyectos de infraestructura básica que detonen el desarrollo y diversifiquen el sector industrial...". Finalmente, en el ámbito del desarrollo social y urbano, la estrategia es "...contribuir al mejoramiento y la ampliación de los servicios municipales de limpia, transporte, alumbrado público, alcantarillado público, áreas verdes, el encauzamiento de ríos, tratamiento de aguas negras y confinamiento y tratamiento de residuos sólidos...". Del análisis anterior, aún cuando en el Plan no se señalan las actividades específicas o líneas de acción para el cumplimiento de las políticas mencionadas, se considera que el desarrollo de las labores y trabajos tendientes a la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca es compatible con las políticas de desarrollo económico, industrial, social y urbano que establece el Plan Estatal de Desarrollo de Jalisco.

### **III.2.2 PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE NAYARIT**

El objetivo general del Gobierno de Nayarit, para el período 2000-2005 consiste en "...la implementación de un marco para el desarrollo económico y social que involucre la acción conjunta Estado con los diversos Grupos Sociales y que implica conjugar intereses políticos, sociales, económicos y culturales, para definir un rumbo de crecimiento en todos los reclamos sociales, mediante la promoción de un desarrollo económico, social, político y cultural, de manera sostenida, sustentable e incluyente...". Para cumplir con el objetivo general, el Gobierno Estatal presenta como estrategia social "...Elevar el bienestar social de los nayaritas a partir de un equitativo y ordenado uso, distribución, aprovechamiento y planificación de los recursos naturales, humanos, infraestructura, servicios y equipamiento en el Estado ...". Respecto al desarrollo económico e industrial en el Estado, se propone como estrategia "...la imprescindible reorientación del esfuerzo de los nayaritas buscando un modelo de desarrollo más acorde con las tendencias mundiales y los cambios en la dinámica productiva, buscando insertar a la entidad en su verdadera vocación productiva, con el propósito de impulsar la inversión, que eleve el bienestar económico de la población...". Finalmente, en el ámbito del desarrollo social y urbano, la estrategia es "...Adecuar el marco legal para promover la

*formulación, revisión, actualización, aplicación y evaluación de los planes y programas de desarrollo urbano y de ordenamiento territorial estatales...*. De la misma manera en su planeamiento de desarrollo menciona “...que por las características topográficas es necesario vencer las dificultades para ampliar la cobertura de energía eléctrica considerando factores como costo y beneficio...” Del análisis anterior, aún cuando en el Plan no se marcan las actividades o líneas de acción específicas para el cumplimiento de las políticas mencionadas, se establece que todos los trabajos tendientes a la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, son plenamente compatibles con las políticas de desarrollo económico, industrial, social y urbano que establece el Plan Estatal de Desarrollo de Nayarit.

### **III.2.3 PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE AMATITÁN, JALISCO.**

Es importante mencionar que geográficamente Amatitán no se encuentra entre los municipios afectables por las obras o embalse del PH La Yesca, por lo que no resultará impactado físicamente, sin embargo se considera su análisis únicamente por su influencia socioeconómica debido a su cercanía al proyecto.

**Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Amatitán** establece una reserva urbana de 73.02 ha, mismas que se contemplaban para comenzar a utilizar a partir del año 2000 y 7 ha que se contempla utilizar a partir del 2010. El municipio cuenta con tres áreas de protección de patrimonio histórico y un área ecológica (Cerro de Amatitán) así como una serie de escurrimientos de agua y arroyos protegidos. Existe sólo un área reconocida para la actividad extractiva de piedra brasa. El Plan contempla restricciones para urbanizar en áreas determinadas, como son aquellas donde hay instalaciones ferroviarias, de riesgo (gasolineras, etc.), instalaciones de agua potable, de drenaje, de electricidad y de telecomunicaciones, así como respetar la franja de las vialidades regionales como son la carretera internacional Guadalajara-Nogales y los proyectos futuros de construcción de libramientos (SEDEUR, PDU Amatitán).

**Plan de Desarrollo Municipal 2001-2003** se contemplaba la gestión del municipio ante la CFE para la construcción de una sub-estación de energía eléctrica para dar abasto a las necesidades del municipio. Esto es señalado en el Eje de Desarrollo Económico. También se planteaba la necesidad de almacenar agua para uso agropecuario.

**Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco, el Municipio de Amatitán** está dividido en seis distintas áreas de uso de suelo; dos áreas son de uso predominantemente agrícola y solo una de ellas es compatible con la industria y la infraestructura, la otra no es compatible con ninguna otra actividad. En las dos áreas la política territorial es de aprovechamiento de los recursos naturales con su uso sostenible a gran escala.

Una tercera área es de uso predominantemente de protección, restauración y promoción de la flora y la fauna sin ser compatible con ninguna otra actividad, la política territorial es de restauración de las condiciones que propicien nuevamente la continuidad de los procesos naturales. Tres áreas más son de uso predominantemente de protección, restauración y promoción de la flora y la

fauna, de estas tres, dos son compatibles con el establecimiento de áreas naturales y una no es compatible con ninguna otra actividad. En estas tres áreas la política territorial es de protección y ésta se aplica a las áreas naturales que sean susceptibles de integrarse al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP).

La influencia adversa o impactos negativos que pudiera tener el PH La Yesca en los objetivos y metas de planeación establecidos para el municipio de Amatitán son prácticamente nulos o imperceptibles.

Es decir, no se considera que el proyecto tenga impactos negativos significativos en los objetivos de conservación de los recursos naturales contemplados en los distintos Planes de Desarrollo, por lo que es de considerar que la planeación y posterior ejecución del PH La Yesca resulta ser totalmente compatible con los aspectos contenidos en el Plan de Ordenamiento.

### **III.2.4 PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE HOSTOTIPAQUILLO, JALISCO**

**Plan de Desarrollo Urbano del Municipio** de Hostotipaquillo cuenta con Áreas de reserva urbana a mediano plazo una superficie aproximada de 1.2 ha al este de la población y con una superficie aproximada de 2.2 ha como reserva a largo plazo.

No existen zonas de protección histórica decretadas en el territorio de Hostotipaquillo, en la cabecera municipal se considera Monumento histórico al Templo de la Virgen del Favor, además son susceptibles de protección patrimonial, el centro urbano, y La Ex-Hacienda llamada "La Haciendita", ubicada al oeste de la población.

Como Áreas de Prevención Ecológica se encuentran: al norte de cabecera municipal, con una superficie aproximada de 45.6 ha; al este de la Hostotipaquillo, con una superficie aproximada de 37 ha; y al oeste de la cabecera municipal en el cerro de la Preparatoria, con una superficie aproximada de 16.5 ha. En todos los casos se encuentran en las cercanías de la localidad de Hostotipaquillo por lo que no se afecta alguna de estas con las actividades, obras y embalse del proyecto.

**Plan Municipal de Desarrollo de Hostotipaquillo 2001-2020**, Se considera fundamental la construcción de la infraestructura vial del municipio y su inserción en la red de carreteras del Estado de Jalisco. También se menciona el Ordenamiento Territorial y la protección al medio ambiente como dos de los objetivos más importantes a alcanzar por el municipio. Se mencionan como monumentos históricos: el templo de la Virgen del Favor, las Haciendas de Santo Tomás, Labor de Guadalupe, Huajacatlán, Amajac y la de Michel.

**Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco, Hostotipaquillo** está dividido en cinco distintas áreas de uso de suelo; cuatro áreas son de uso predominantemente de conservación, restauración y promoción de la flora y la fauna. De estas cuatro áreas, tres no son compatibles con ninguna otra actividad y una es compatible con el establecimiento de áreas naturales, la política territorial de ésta última es de protección y se aplica a las áreas naturales que sean susceptibles de integrarse al Sistema Nacional de Áreas

Naturales Protegidas (SINAP). La política territorial de las otras tres es de restauración y conservación y se aplica a las áreas que cumplen con una función ecológica relevante pero que no están integradas al SINAP. Sólo un área de Hostotipaquillo es de uso predominantemente agrícola y es compatible con la industria y la infraestructura. La política territorial es de aprovechamiento de los recursos naturales con su uso sostenible a gran escala.

Al estar ubicado en este municipio, el proyecto hidroeléctrico impone una fuerte presión a los objetivos contemplados en los Planes de Desarrollo Municipal y de Ordenamiento. En lo que se refiere a reservas territoriales para urbanización, los planes no contemplan espacios urbanizables distantes a la cabecera municipal como los que se pudieran demandar, aunque sea temporalmente para la instalación de campamentos de trabajo; no obstante esto, las actividades complementarias tendientes a la ejecución del PH La Yesca no se contraponen a los principios de enunciados en el Plan de Desarrollo Municipal.

El Plan de Desarrollo Urbano del Municipio reconoce como factores restrictivos la existencia de una topografía adversa con pendientes superiores al 15 por ciento, que elevan los costos de dotación de servicios y la existencia de dos zonas inundables en áreas conocidas como El Charco de los Adobes y La Presa.

Los cambios de uso del suelo y las nuevas edificaciones que pueden resultar como consecuencia de los impactos económicos del proyecto contemplado en la cabecera municipal de Hostotipaquillo, pudieran atentar contra el objetivo de decretar toda la población como área de patrimonio fisonómico, reglamentando eliminar el comercio ambulante del centro urbano poblacional; no obstante esto de los objetivos planteados en el Plan Municipal de Hostotipaquillo, no se desprende limitante adicional, por lo que es de entender que la construcción y operación del PH La Yesca resulta ser totalmente compatible con el mismo.

### **III.2.5 PLANIFICACIÓN DEL MUNICIPIO DE MAGDALENA, JALISCO**

Al igual que Amatitán, geográficamente el territorio de Magdalena no se encuentra entre los municipios afectables por las obras o embalse del PH La Yesca, por lo que no resultará impactado físicamente, sin embargo se considera su análisis únicamente por su influencia socioeconómica debido a su cercanía al proyecto.

**Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Magdalena, Jalisco;** establece el siguiente número de hectáreas de reserva urbana 31,7 ha que se pudieron comenzar a utilizar a partir del año 2000 y 65,96 ha más que podrían utilizarse a partir del 2010.

Cuenta con cuatro áreas de protección de patrimonio histórico y siete áreas ecológicas, así como una serie de escurrimientos de agua, pozos, arroyos protegidos y la Laguna Magdalena. Existen tres áreas reconocidas para la extracción de arenas, además de varias minas de ópalo a cielo abierto. Además, se deben tener en cuenta las restricciones para urbanizar áreas determinadas como instalaciones ferroviarias, de riesgo (gasolineras, etc.), instalaciones de agua potable, de drenaje, de electricidad y de

telecomunicaciones, así como respetar la franja de las vialidades regionales como son la carretera internacional Guadalajara-Nogales, la Maxipista Guadalajara-Tepic y de los caminos a Las Matas, a La Joya y a Etzatlán. Magdalena también cuenta con un circuito vial interno.

**Plan Municipal de Desarrollo de Magdalena 2002-2020**, se contempla la gestión del municipio ante la SEMARNAP para decretar como áreas naturales protegidas las siguientes: Laguna Magdalena, Laguna San Andrés, Laguna La Quemada, zona boscosa Cerro Viejo, zona boscosa Cerro de San Andrés, zona boscosa Huitzililapa, zona boscosa El Copo (La Joya), zona boscosa el Huajical.

Otro objetivo importante es construir plantas de tratamiento para sanear y mantener limpias las aguas de presas, arroyos y lagunas de Magdalena. Se contempla la construcción de presas nuevas y bordos abrevaderos, la rehabilitación y puesta en operación de las presas San Gregorio y Los Espinos. Asimismo, se contempla la puesta en marcha de normas para la regulación del impacto ambiental de los bancos de arena y de las minas de ópalo a cielo abierto del municipio.

En cuanto al desarrollo social, un objetivo constantemente repetido es la promoción y preservación de los valores culturales y familiares del municipio.

**Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco**, Magdalena está dividido en seis distintas áreas de uso de suelo: dos áreas son de uso predominantemente agrícola y sólo una de ellas es compatible con la industria y la infraestructura, la otra no es compatible con ninguna otra actividad. En las dos áreas la política territorial es de aprovechamiento de los recursos naturales con su uso sostenible a gran escala. Las cuatro áreas restantes son de uso predominantemente de conservación, protección ó restauración de la flora y la fauna, de estas cuatro, tres no son compatibles con ninguna otra actividad y una es compatible con el establecimiento de áreas naturales. En tres áreas la política territorial es de conservación y ésta se aplica a las áreas que cumplen con una función ecológica relevante pero que no merecen ser integradas al SINAP. El área restante tiene la política territorial de restauración de las condiciones que propicien la continuidad de los procesos naturales.

La influencia adversa o impactos negativos que puede provocar el proyecto en lo establecido en el plan de desarrollo municipal puede ser lo siguiente:

- Mayor impulso a la urbanización y ampliación de la mancha urbana al otro lado de la Maxipista, incrementando el problema de la división de la población por vialidades regionales.
- Mayor presión a los cambios de uso de suelo asociada a la aparición de nuevos negocios. Esto puede afectar el objetivo de crear una zona para usos industriales en la periferia de la cabecera municipal.
- El incremento del flujo vehicular significará una mayor saturación de las vialidades que cruzan el centro de población y se incrementará la necesidad de operar un libramiento, que actualmente se pretende hacer utilizando la Maxipista.

No obstante los posibles impactos planteados en líneas precedentes, resulta que para el caso que nos ocupa la construcción y posterior operación del PH La Yesca, resulta ser compatible, de manera concurrente con los objetivos planteados en el Plan Municipal por lo que es de entender y se entiende que la ejecución de dicha obra participaría de manera indirecta en el cumplimiento y alcance de sus objetivos.

### **III.2.6 PLANIFICACIÓN MUNICIPAL DE TEQUILA, JALISCO**

**Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Tequila** establece las siguientes hectáreas de reserva urbana: 68,9 que se pudieron comenzar a utilizar a partir del año 2000 y 120,6 más, que podrían utilizarse a partir del 2010.

Cuenta con un área de protección de patrimonio histórico (el centro urbano) y dos áreas ecológicas (Cerros de Tequila y Barranca) así como una serie de escurrimientos de agua, cuerpos de agua y arroyos protegidos. Cuenta con tres áreas de actividad extractiva. Se deben tener en cuenta las restricciones para urbanizar en áreas determinadas como instalaciones ferroviarias, de riesgo (fábricas tequileras, gasolineras, etc.), instalaciones de agua potable, drenaje, electricidad y telecomunicaciones, así como respetar la franja de las vialidades regionales como son la carretera internacional Guadalajara-Nogales. En cuanto a vialidad tiene conexión con la carretera internacional Guadalajara-Nogales, cuenta con un camino a Choloaca y a La Presa. Tiene un circuito vial interno, no obstante esto es de entender que por la distancia entre el Municipio de Tequila Jalisco y la zona de ejecución del PH La Yesca, no existen efectos negativos que se puedan entender como limitante de dicho proyecto, por lo que se concluye que existe una compatibilidad plena entre el proyecto y Plan de Desarrollo Municipal de Tequila.

**Plan Municipal de Desarrollo para el Municipio de Tequila 2001-2003** fue sólo una versión preliminar y en realidad no presenta ninguna restricción importante. Se menciona como un objetivo la mejora de las vías de comunicación para incentivar la industria. También se hace referencia a la actividad minera y el deseo de apoyar a este sector, por lo que de dicha versión desprende que las obras de ejecución del PH La Yesca son totalmente compatibles con los extremos contenidos en el Plan Municipal de Tequila, Jalisco.

**Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco, Tequila** está dividido en ocho distintas áreas de uso de suelo; una es de uso predominantemente agrícola y la política territorial es de aprovechamiento de los recursos naturales. Cinco son de uso predominante de conservación, protección ó restauración de la flora y la fauna, de éstas cinco, tres son compatibles con el establecimiento de áreas naturales y su política territorial es de protección y ésta se aplica a las áreas naturales que sean susceptibles de integrarse al SINAP. Las otras dos restantes no son compatibles con ninguna otra actividad y su política territorial es de restauración en una y de conservación en otra, lo cual significa que es un área ecológica importante pero no es susceptible de integrarse al SINAP. Las dos áreas restantes son de uso forestal y son

compatibles con la conservación, restauración y promoción de flora y fauna. La política territorial es de conservación y ésta se aplica a las áreas que cumplen con una función ecológica relevante pero que no merecen ser integradas al SINAP; de tal suerte que por lo que respecta al Ordenamiento Territorial para la zona no se presenta limitante alguna, pues aunque las zonas indicadas están contempladas como preferentemente forestales, las mismas se encuentran en lugares sumamente distantes del sitio de ejecución del PH La Yesca, de tal manera que el proyecto resulta totalmente compatible con los Ordenamientos Territoriales, pues no se causarían efectos adversos.

### III.2.7 **VINCULACIÓN CON EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DEL ESTADO DE JALISCO**

Es importante señalar que el Estado de Jalisco, cuenta con su Ordenamiento Ecológico Territorial desde junio del 2001, a partir de su publicación en el Periódico Oficial denominado “*El Estado de Jalisco*”. Asimismo, es importante resaltar que de cada uno de los criterios ambientales aplicables y descritos en la Unidades de Gestión Ambiental (UGA) que se desprenden del documento de referencia, para efectos del proyecto de que se trata, únicamente son aplicables las siguientes: UGA Ff3 123 P, UGA Ff2 115 C y UGA Ff3 111 P, y del análisis técnico y jurídico que se efectúe de cada una de ellas, no se desprende incompatibilidad o limitante legal y técnica que se contraponga con los alcances del Proyecto Hidroeléctrico que nos ocupa, pues los criterios establecidos en cada una de las UGAs antes referidas no limitan o restringen ninguna de las actividades que se realizarán en torno del mismo, lo que permite concluir que el multicitado proyecto es compatible con los criterios ecológicos regentes para el ordenamiento ecológico territorial del Estado de Jalisco.

Cabe señalar que la vinculación no solamente es en términos legales (adjetivos) sino además técnicamente, pues ninguno de los criterios previstos en las UGAs restringe los pormenores de las obras y actividades que se pretenden realizar con la ejecución del proyecto, esto es, ninguno de los criterios regentes para cada una de las Unidades de Gestión Ambiental, se contraponen con las particularidades del Proyecto Hidroeléctrico que se evalúa.

Para una mejor referencia y comprensión de lo anteriormente señalado, se listan los criterios particulares de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) que son aplicables y que se encuentran vinculadas con el proyecto de que se trata.

<b>UGA</b>	<b>Ff<sub>3</sub> 111 P</b>	
<b>Fragilidad ambiental</b>	Media	
<b>Uso del suelo predominante</b>	Flora y Fauna	El proyecto no implica el aprovechamiento de flora y fauna, sin embargo, se establecen acciones que favorecen el uso predominante
<b>Uso</b>	Área Natural	No existe restricción legal y

<b>compatible</b>		técnica alguna en éste sentido, no obstante, las medidas de mitigación y compensación prevén la creación de áreas de protección y conservación
<b>Uso condicionado</b>	Pecuario Turismo Asentamientos Humanos	Es importante manifestar que los usos señalados no son restrictivos o limitativos, por lo que no se contraponen con el PH La Yesca, de acuerdo a los criterios de política ambiental y los procedimientos establecidos en la legislación para formular, aprobar, expedir, evaluar y modificar los programas de ordenamiento ecológico, bajo el principio legal de que lo que no esta prohibido esta permitido.
<b>Criterios</b>	Ff 6,8,10,11,12,13,16,17,18,23,24 An1,2,3,5,7,8,9,10,11,4,6,15,18,19,12,14,16 P 16 Tu 8,9,14 Ah 13,26,24,19,14, Ag 27 If 1,3,7,19	

<b>UGA Ff<sub>3</sub> 111 P</b>		
<b>USO: FLORA Y FAUNA (Ff)</b>		
<b>CLAVE</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>Vinculación</b>
Ff 6	Para las especies nativas del estado establecer un inventario a nivel municipal con el fin de identificar flora y fauna notable y fomentar su protección	Además de los métodos de muestreo que se prevén y la investigación que se contemplan en el Capítulo IV, existen los inventarios de la flora y fauna que se han elaborado con respecto al lugar de influencia del PH La Yesca, lo que favorece el criterio de que se trata y para que la autoridad que corresponda cuente con información actualizada para esos efectos.
Ff 8	Promover la continuidad de los procesos evolutivos de las especies de flora y fauna y demás recursos biológicos, destinando áreas representativas de los sistemas ecológicos a acciones de preservación e investigación.	Dentro de las medidas de compensación del PH La Yesca, se contempla el establecimiento de áreas de protección y conservación de la flora y la fauna, tal y como se prevé en los capítulos IV y V del presente documento.
Ff 10	Impulsar un inventario y monitoreo de la flora, fauna y hongos y sus poblaciones	



	que permitan mantener un estatus actualizado para aquellas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial.	Dentro de los trabajos de muestreo e investigación y los inventarios de flora y fauna, se destaca la presencia de especies con algún status de protección especial
Ff 11	Realizar campañas para reducir el tráfico o apropiación ilegal de especies.	Se contempla dentro de los programas educativos a la población
Ff 12	Incorporar en los programas de manejo de flora y fauna el conocimiento tradicional y la participación de las comunidades.	Se contempla dentro de los programas educativos a la población
Ff 13	En sitios que cumplan la función de ser corredores naturales se regularán las actividades productivas ya establecidas para evitar que estas se conviertan en amenazas a la vida silvestre.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la flora y fauna, considerando los corredores biológicos que se han identificado, tal como se prevé en el capítulo IV del presente documento.
Ff 16	Mantener zonas de exclusión en áreas productivas y recreativas para la anidación y reproducción de fauna silvestre.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la flora y fauna, considerando la anidación y reproducción de la fauna silvestre
Ff 17	Impulsar en áreas silvestres programas de restauración de los ciclos naturales alterados por las actividades humanas.	Se contempla dentro de los programas educativos a la población
Ff 18	Promover que los programas de reforestación se realicen considerando las especies y densidades existentes antes del deterioro.	Dentro del PH La Yesca existe una propuesta de reforestación de las áreas deforestadas o impactadas con especies nativas o propias de la región, incluyendo el establecimiento de un vivero como medida de mitigación o compensación
Ff 23	En los corredores naturales impulsar actividades de ecoturismo regulado.	Se contempla dentro de los programas educativos a la población
Ff 24	Impulsar un programa de monitoreo de la calidad del agua superficial dentro de zonas silvestres para asegurar la salud de los organismos.	El PH La Yesca contempla un programa de monitoreo permanente de la calidad del agua superficial en el área de influencia

**UGA Ff<sub>3</sub> 111 P**

**USO: ÁREA NATURAL (An)**

No obstante de que el uso predominante no aplica, por lo que no se contraponen con el PH La Yesca, se prevé la creación de área de protección y conservación de la vida silvestre

<b>CLAVE</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>Vinculación</b>
An 1	Promover y apoyar la elaboración y operación del programa de manejo para el logro de los objetivos de conservación del patrimonio natural.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la flora y fauna
An 2	Promover e impulsar la valoración y preservación del patrimonio geológico de Jalisco	El PH La Yesca contempla medidas de mitigación en la operación de los bancos de material que habrán de operarse, previendo su abandono
An 3	Promover e impulsar la preservación y aprovechamiento de la biodiversidad.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la biodiversidad en el sitio de influencia
An 5	Promover e impulsar el reconocimiento y preservación de paisajes representativos	Se identificaron los paisajes representativos, sin embargo, estos no serán motivo de alteración con motivo del PH La Yesca
An 7	Las aguas superficiales utilizadas en la actividad antropogénica deberán de mantener saneadas a fin de sostener los niveles de calidad de los hábitats silvestres.	El PH La Yesca contempla la operación de plantas de tratamiento de las aguas de uso doméstico y de servicios durante la etapa de construcción y operación
An 8	Establecer la infraestructura mínima para operar lo señalado en el programa de manejo.	No obstante que el criterio no aplica, las obras y actividades prevén la utilización de la infraestructura mínima indispensable para su realización
An 9	Implementar los proyectos de aprovechamiento, restauración y manejo en áreas naturales protegidas cumpliendo con la mitigación considerada en los estudios de impacto ambiental.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la biodiversidad en el sitio de influencia
An 10	Mantener las especies exóticas de animales y vegetales, fuera de las áreas protegidas.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla la introducción de especies exóticas
An 11	Impulsar la visitación turística regulada a las áreas naturales.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla la visitación turística
An 4	Promover e impulsar la protección de sitios que se identifiquen como patrimonio cultural.	A pesar de que no se han identificado sitios que se clasifiquen como patrimonio cultural, el PH La Yesca atenderá las determinaciones que al efecto emita el INAH
An 6	Promover la participación de las comunidades locales en la	

An 15	planificación, protección y conservación de los recursos La colecta o extracción de flora, fauna, minerales y otros recursos naturales estará prohibida salvo aquellos autorizados por parte de la instancia competente.	Se contempla dentro de los programas educativos a la población  El PH La Yesca contempla como medidas de mitigación la colecta, recolección y rescate de especies de flora y fauna silvestre, previo la obtención de las autorizaciones correspondientes por parte de la autoridad competente
An 18	Articular los espacios con especial valoración ambiental que deben configurar, como decisión social, las piezas de una red o sistema de corredores de vida silvestre y el mantenimiento de los ecosistemas representativos de la región con previsión de cautela y limitaciones de uso y recursos actuales que impidan su transformación y pérdida.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la biodiversidad en el sitio de influencia
An 19 An 12	Establecer áreas de amortiguamiento en las Áreas Naturales Protegidas que regulen las presiones al área de conservación, y establecer ahí, las instalaciones para turismo de descanso.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la biodiversidad en el sitio de influencia
An 14	Mantener actividades productivas y recreativas fuera de las zonas de anidación, reproducción y alimentación de la fauna silvestre.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la flora y la fauna silvestre
An 16	El desarrollo de actividades de aprovechamiento, se realizará fuera de las zonas núcleo.	No aplica, en virtud de que no existe una zona núcleo, sin embargo, dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la biodiversidad en el sitio de influencia

<b>UGA Ff<sub>3</sub> 111 P</b>	
<b>USO: PECUARIO (P)</b>	
<b>CLAVE</b>	<b>CRITERIO</b>
P 16	En aquellos sitios donde exista una combinación de áreas de pastoreo y vegetación natural incorporar ganadería diversificada
	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé la realización de actividades pecuarias

<b>UGA Ff<sub>3</sub> 111 P</b>		
<b>USO: TURISMO (Tu)</b>		
<b>CLAVE</b>		<b>CRITERIO</b>
Tu 8	Se permiten actividades de ecoturismo en áreas silvestres de acuerdo con el programa de manejo autorizado.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé la realización de actividades de ecoturismo
Tu 9	En áreas naturales protegidas sólo se permiten las prácticas de campismo, rutas interpretativas, observación de fauna y paseos fotográficos.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé la realización de actividades de ecoturismo, no obstante, tal criterio se considerará en la creación de las áreas de protección y conservación de los recursos naturales
Tu 14	Monitorear la calidad de las aguas utilizadas recreativamente.	El PH La Yesca no contempla la realización de actividades recreativas, únicamente la operación de plantas de tratamiento de las aguas de uso doméstico y de servicios durante la etapa de construcción y operación

<b>UGA Ff<sub>3</sub> 111 P</b>		
<b>USO ASENTAMIENTOS HUMANOS (Ah)</b>		
<b>CLAVE</b>		<b>CRITERIO</b>
Ah 13	Establecer un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales que incluya acciones ambientalmente adecuadas desde el origen, almacenamiento, recolección, transporte. Tratamiento y disposición final de basura, con el fin de evitar la contaminación de mantos freáticos y aguas superficiales, contaminación del suelo y daños a la salud.	El PH La Yesca prevé la ejecución de un programa de manejo de los residuos sólidos municipales durante las etapas de construcción y operación
Ah 26	Impulsar y apoyar la formación de recursos humanos según las áreas de demandas resultantes de las propuestas de ordenamiento, visualizándolas como áreas de oportunidad laboral para los habitantes del lugar.	No aplica, en virtud de que no existen asentamientos humanos en el área de influencia del PH La Yesca
Ah 24	Promover e impulsar la plantación de especies nativas en áreas verdes con el objetivo de una educación	Dentro del PH La Yesca existe una propuesta de reforestación de las áreas deforestadas o impactadas con especies nativas o propias de la

	ambiental no formal sobre la riqueza biótica del lugar.	región, incluyendo el establecimiento de un vivero como medida de mitigación o compensación
Ah 19	Se prohíbe el establecimiento de asentamientos humanos en suelos con alta fertilidad.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla el establecimiento de asentamientos humanos
Ah 14	Se prohíbe el establecimiento de asentamientos humanos en suelos con alta fertilidad.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla el establecimiento de asentamientos humanos

<b>UGA Ff<sub>3</sub> 111 P</b>		
<b>USO: AGRICULTURA (Ag)</b>		
<b>CLAVE</b>	<b>CRITERIOS</b>	
Ag 27	Promover pequeñas agroindustrias para impulsar el comercio de productos alimenticios locales.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla la realización de actividades agrícolas, sin embargo, la información proporcionada por el proyecto, permitirá un mejor uso del suelo en las actividades agrícolas

<b>UGA Ff<sub>3</sub> 111 P</b>		
<b>USO: INFRAESTRUCTURA (If)</b>		
<b>CLAVE</b>	<b>CRITERIO</b>	
If 1	En la construcción de infraestructura carretera considerar el respeto de los recursos y valores paisajísticos.	El PH La Yesca contempla medidas de mitigación y compensación por apertura de caminos
If 3	La construcción de caminos y carreteras deberán estar por lo menos a 200 m de zonas históricas o arqueológicas.	A pesar de que no se han identificado sitios que se identifiquen como patrimonio cultural, el PH La Yesca atenderá las determinaciones que al efecto emita el INAH
If 7	Consolidar un sistema de carreteras que atienda conexiones entre las doce regiones del estado y actúe como soporte de los flujos económicos más importantes de Jalisco con el exterior.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no implica la apertura de carreteras entre las regiones del Estado de Jalisco
If 19	Establecer acceso directo terrestre entre cabeceras municipales	No aplica, ya que el PH La Yesca no implicará la apertura de accesos entre cabeceras municipales

UGA	Ff <sub>3</sub> 123 P	
<b>Fragilidad ambiental</b>	Media	
<b>Uso del suelo predominante</b>	Flora y Fauna	El proyecto no implica el aprovechamiento de flora y fauna, sin embargo, se establecen acciones que favorecen el uso predominante
<b>Uso compatible</b>	Área Natural	No existe restricción legal y técnica alguna en éste sentido, no obstante, las medidas de mitigación y compensación prevén la creación de áreas de protección y conservación
<b>Uso condicionado</b>		
<b>Criterios</b>	Ff 6,8,10,12,13,23 An 2,13,15,19 If 1,3,7,19	

UGA Ff <sub>3</sub> 123 P		
USO: FLORA Y FAUNA (Ff)		
CLAVE	CRITERIO	
Ff 6	Para las especies nativas del estado establecer un inventario a nivel municipal con el fin de identificar flora y fauna notable y fomentar su protección.	Además de los métodos de muestreo que se prevén e investigación que se contemplan en el Capítulo IV, existen los inventarios de la flora y fauna que se han elaborado con respecto al lugar de influencia del PH La Yesca, lo que favorece el criterio de que se trata
Ff 8	Promover la continuidad de los procesos evolutivos de las especies de flora y fauna y demás recursos biológicos, destinando áreas representativas de los sistemas ecológicos a acciones de preservación e investigación.	Dentro de las medidas de compensación del PH La Yesca, se contempla el establecimiento de áreas de protección y conservación de la flora y la fauna
Ff 10	Impulsar un inventario y monitoreo de la flora, fauna y hongos y sus poblaciones que permitan mantener un estatus actualizado para aquellas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial.	Dentro de los trabajos de muestreo e investigación y los inventarios de flora y fauna, se destaca la presencia de especies con algún status de protección especial
Ff 12	Incorporar en los programas de manejo de flora y fauna el conocimiento tradicional y la participación de las comunidades.	Se contempla dentro de los programas educativos a la población
Ff 13	En sitios que cumplan la	

	función de ser corredores naturales se regularán las actividades productivas ya establecidas para evitar que estas se conviertan en amenazas a la vida silvestre.	Dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la flora y fauna, considerando los corredores biológicos que se han identificado
Ff 23	En los corredores naturales impulsar actividades de ecoturismo regulado.	Se contempla dentro de los programas educativos a la población

<b>UGA Ff<sub>3</sub> 123 P</b>		
<b>USO: ÁREA NATURAL (An)</b>		
<b>CLAVE</b>	<b>CRITERIO</b>	
An 2	Promover e impulsar la valoración y preservación del patrimonio geológico de Jalisco	El PH La Yesca contempla medidas de mitigación en la operación de los bancos de material que habrán de operarse, previendo su abandono
An 13	Construir caminos municipales, estatales o federales fuera de las zonas núcleo de las áreas naturales protegidas	No aplica, en virtud de que no existe una zona núcleo, sin embargo, dentro del PH La Yesca, se propone la creación de áreas de protección y conservación de la biodiversidad en el sitio de influencia
An 15	La colecta o extracción de flora, fauna, minerales y otros recursos naturales estará prohibida salvo aquellos autorizados por parte de la instancia competente.	El PH La Yesca contempla como medidas de mitigación la colecta, recolección y rescate de especies de flora y fauna silvestre, previo la obtención de las autorizaciones correspondientes por parte de la autoridad competente
An 19		

<b>UGA: Ff<sub>3</sub> 123 P</b>		
<b>USO INFRAESTRUCTURA (If)</b>		
<b>CLAVE</b>	<b>CRITERIO</b>	
If 1	En la construcción de infraestructura carretera considerar el respeto de los recursos y valores paisajísticos.	El PH La Yesca contempla medidas de mitigación y compensación por apertura de caminos
If 3	La construcción de caminos y carreteras deberán estar por lo menos a 200 m de zonas históricas o arqueológicas.	A pesar de que no se han identificado sitios que se identifiquen como patrimonio cultural, el PH La Yesca atenderá las determinaciones que al efecto emita el INAH
If 7	Consolidar un sistema de carreteras que atienda conexiones entre las doce regiones del estado y actúe como soporte de los flujos económicos más importantes de Jalisco con el exterior.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no implica la apertura de carreteras entre las regiones del Estado de Jalisco
If 19	Establecer acceso directo terrestre entre cabeceras municipales	No aplica, ya que el PH La Yesca no implicará la apertura de accesos entre cabeceras municipales

UGA	Ff <sub>2</sub> 115 C	
<b>Fragilidad ambiental</b>	Bajo	
<b>Uso del suelo predominante</b>	Flora y Fauna	El proyecto no implica el aprovechamiento de flora y fauna, sin embargo, se establecen acciones que favorecen el uso predominante
<b>Uso compatible</b>		
<b>Uso condicionado</b>	Pecuario	Es importante manifestar que los usos señalados no son restrictivos o limitativos, por lo que no se contraponen con el PH La Yesca.
<b>Uso Incompatible</b>	Agrícola Minería Asentamientos Humanos	El PH La Yesca no prevé ninguna de las actividades restringidas, por lo que no se contraponen con el proyecto
<b>Criterios</b>	Ff 2,5,10,17,18,21 P 1,6,16,17 Tu 10 Ah 13,19,24,26 Ag 4,5,6,10,11,12,19,25,27 Mi 5,7	

UGA Ff <sub>2</sub> 115 C		
USO: FLORA Y FAUNA (Ff)		
CLAVE		CRITERIO
Ff 2	El aprovechamiento de las especies de flora y fauna silvestre deberá realizarse a través de las Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable (UMAS).	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla el aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestre
Ff 5	Impulsar el aprovechamiento bajo programa de manejo autorizado de flora, fauna y hongos sin estatus comprometido.	El PH La Yesca no contempla el aprovechamiento de especies de la vida silvestre, sin embargo, el criterio se contempla dentro de los programas educativos a la población
Ff 10	Impulsar un inventario y monitoreo de la flora, fauna y hongos y sus poblaciones que permitan	



	mantener un estatus actualizado para aquellas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial.	Dentro de los trabajos de muestreo e investigación y los inventarios de flora y fauna, se destaca la presencia de especies con algún status de protección especial
Ff 17	Impulsar en áreas silvestres programas de restauración de los ciclos naturales alterados por las actividades humanas.	El PH La Yesca prevé un programa de restauración de área degradadas, que se enfoca primordialmente a la reforestación con especies propias de la región
Ff 18	Promover que los programas de reforestación se realicen considerando las especies y densidades existentes antes del deterioro.	El PH La Yesca prevé un programa de restauración de área degradadas, que se enfoca primordialmente a la reforestación con especies propias de la región, considerando las densidades existentes
Ff 21	Limitar el uso de fuego exclusivamente en sitios designados como zonas de campamento	El PH La Yesca no contempla el uso de fuego

<b>UGA Ff<sub>2</sub> 115 C</b>		
<b>USO: PECUARIO (P)</b>		
<b>CLAVE</b>		<b>CRITERIO</b>
P 1	Regular la población ganadera en áreas de pastoreo de acuerdo con la capacidad de carga del sitio.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla actividades ganaderas
P 6	Incorporar a la actividad ganadera la reintroducción de especies desaparecidas, como el guajolote	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla la reintroducción de especies
P 16	En aquellos sitios donde exista una combinación de áreas de pastoreo y vegetación natural incorporar ganadería diversificada	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla actividades ganaderas
P 17	El uso del fuego realizarse solo en sitios donde no represente un riesgo para el ecosistema circundante	El PH La Yesca no contempla el uso de fuego

<b>UGA Ff<sub>2</sub> 115 C</b>		
<b>USO: TURISTICO (Tu)</b>		
<b>CLAVE</b>		<b>CRITERIO</b>
Tu 10	Con el fin de conocer la amplia diversidad de valores ambientales que posee Jalisco promover senderos de interpretación ambiental en autopistas.	El criterio no aplica, en virtud de que no existen autopistas en el área de influencia del PH La Yesca

<b>UGA Ff<sub>2</sub> 115 C</b>		
<b>USO ASENTAMIENTOS HUMANOS (Ah)</b>		
<b>CLAVE</b>		<b>CRITERIO</b>
Ah 13	Establecer un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales que incluya acciones ambientalmente adecuadas desde el origen, almacenamiento, recolección, transporte. Tratamiento y disposición final de basura, con el fin de evitar la contaminación de mantos freáticos y aguas superficiales, contaminación del suelo y daños a la salud.	El PH La Yesca prevé la ejecución de un programa de manejo de los residuos sólidos municipales durante las etapas de construcción y operación
Ah 26	Impulsar y apoyar la formación de recursos humanos según las áreas de demandas resultantes de las propuestas de ordenamiento, visualizándolas como áreas de oportunidad laboral para los habitantes del lugar.	No aplica, en virtud de que no existen asentamientos humanos en el área de influencia del PH La Yesca
Ah 24	Promover e impulsar la plantación de especies nativas en áreas verdes con el objetivo de una educación ambiental no formal sobre la riqueza biótica del lugar.	Dentro del PH La Yesca existe una propuesta de reforestación de las áreas deforestadas o impactadas con especies nativas o propias de la región, incluyendo el establecimiento de un vivero como medida de mitigación o compensación
Ah 19	Se prohíbe el establecimiento de asentamientos humanos en suelos con alta fertilidad.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla el establecimiento de asentamientos humanos

<b>UGA Ff<sub>2</sub> 115 C</b>		
<b>USO: ÁGRICOLA (Ag)</b>		
<b>CLAVE</b>		<b>CRITERIO</b>
Ag 4	Promover y apoyar la siembra y producción de cultivos asociados en áreas de agricultura de subsistencia.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas
Ag 5	Promover una diversificación de cultivos acorde a las condiciones ecológicas del sitio.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas
Ag 6	Promover y/o estimular que la rotación de cultivos incluya leguminosas y la trituration e incorporación al suelo de los esquilmos al término de la cosecha.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas
Ag 10	Promover el uso de curvas de nivel en terrenos agrícolas mayores al 5%.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas
Ag 11	Incorporar abonos orgánicos en áreas sometidas en forma recurrente a monocultivo.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas
Ag 12	Incorporar coberturas orgánicas sobre el suelo para evitar la erosión.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas
Ag 19	Promover y estimular el uso de controladores biológicos de plagas y enfermedades.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas
Ag 25	Poner en marcha un programa de vigilancia epidemiológica para trabajadores agrícolas permanentes.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas
Ag 27	Promover pequeñas agroindustrias para impulsar el comercio de productos alimenticios locales.	No aplica, en virtud de que el PH La Yesca no prevé actividades agrícolas

<b>UGA Ff<sub>2</sub> 115 C</b>		
<b>USO: MINERIA (Mi)</b>		
<b>CLAVE</b>		<b>CRITERIO</b>
Mi 5	En el aprovechamiento minero metálico, se deberá incorporar el manejo de residuos contaminantes y peligrosos.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla actividades minero metálico
Mi 7	Fortalecer el sistema de seguridad laboral relativo a la seguridad e higiene para los trabajos que se realicen en las minas.	El criterio no aplica, en virtud de que el PH La Yesca no contempla actividades minero metálico

De la lectura que se realice de cada uno de los criterios referidos con antelación, paralelamente con las actividades a desarrollarse a partir de la realización del Proyecto Hidroeléctrico, se puede constatar que de los criterios aplicables y descritos en las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) que se desprenden del Ordenamiento Ecológico para el Estado de Jalisco (**UGA: Ff<sub>3</sub> 123 P, UGA Ff<sub>2</sub> 115 C y UGA Ff<sub>3</sub> 111 P**) se puede apreciar que existe una compatibilidad de criterios, ya que, a partir de las acciones propuestas (medidas de mitigación y compensación determinadas en los capítulos del presente documento) se estará dando pleno cumplimiento con cada uno de los criterios referidos, por lo que, el multicitado proyecto es plenamente compatible con los criterios ecológicos regentes para el ordenamiento ecológico territorial del Estado de Jalisco,



Cabe señalar que únicamente se presenta la vinculación con el Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco, ya que el Estado de Nayarit carece de éste instrumento de política ambiental.

### **III.2.8 PLANIFICACIÓN MUNICIPAL DE LA YESCA, NAYARIT**

En la cabecera municipal de La Yesca, se encuentra una restricción al uso de fincas y del espacio público que contravengan lo establecido en la declaración de patrimonio histórico protegido. Esto incluye la colocación de mantas o anuncios en fachadas o calles contempladas dentro del perímetro patrimonial del centro de población, sin más restricciones al respecto o adicionales, por lo que es de entender que el PH La Yesca resulta ser totalmente compatible con los aspectos contenidos en Plan Municipal de La Yesca.

### **III.2.9 CONCLUSIONES GENERALES DEL ANÁLISIS DE TODOS LOS PLANES MUNICIPALES SUJETOS A ESTUDIO**

Atendiendo a la claridad en los objetivos específicos y de planeación de los instrumentos analizados, éstos pueden ser considerados plenamente como regulatorios del proyecto que nos ocupa, por lo que, no se pueden dejar de estimar los mismos por su importancia inherente en la zona de influencia y en el desarrollo de los Ayuntamientos señalados y sus poblaciones, y no obstante que en los Planes referidos no existen limitantes legales en materia de desarrollo urbano o de alguna otra índole que restrinjan o se contrapongan con el Proyecto Hidroeléctrico, dentro de la presente evaluación se establecen las actividades o líneas de acción específicas para el cumplimiento de las políticas municipales que pudieran ser de aplicación directa e inherente a las labores de construcción del PH La Yesca, por lo que, es de concluirse que la ejecución del proyecto resulta ser totalmente compatible con las políticas de desarrollo económico, industrial, social y urbano establecido por los referidos municipios en sus Planes de Desarrollo Municipal.

### **III.3 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS**

#### **III.3.1 LISTADO DE INSTRUMENTOS NORMATIVOS**

##### **Leyes**

Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente  
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable  
Ley General de Vida Silvestre  
Ley de Aguas Nacionales  
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos  
Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos  
Ley Federal sobre Monumentos Históricos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos  
Ley General de Asentamientos Humanos  
Ley General de Bienes Nacionales

##### **Reglamentos**

Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica  
Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos  
Reglamento de la LGEEPA en materia de Impacto Ambiental  
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas  
Reglamento de la Ley Forestal  
Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos  
Reglamentos de la Ley de Aguas Nacionales  
Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios  
Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo  
Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas,

Artísticos e Históricos

**III.3.2 CUADRO DE VINCULACIÓN CON LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS NORMATIVOS CON EL PROYECTO**

En la siguiente tabla se lleva a cabo la vinculación del proyecto con los instrumentos normativos, de conformidad a las obras y actividades proyectadas, desde las etapas de preparación, construcción, operación y abandono del PH La Yesca, demostrando que la MIA prevé las acciones y medidas de mitigación suficientes para dar pleno cumplimiento al marco legal aplicable.

NORMATIVA	REQUERIMIENTO(S) ESPECÍFICO(S)	FORMA DE ATENCIÓN
<p>Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus Reglamentos y NOM'S de aplicación</p>	<p>I.- Artículos 15, 17 y 19. Relacionados con las políticas ambientales y la planeación y el uso de los ordenamiento ecológicos del territorio.</p> <p>II.- Artículos 28, 29, 30, 35 Bis 1 y 36. Relativos a la evaluación del impacto ambiental y el cumplimiento de los criterios, parámetros y lineamientos establecidos en la Normas Oficiales Mexicanas.  Artículo 5 a), k) y o), 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 27, 28, 51 y 53 del Reglamento en materia de Impacto Ambiental que regulan el proceso de elaboración y presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental.  NOM-060-SEMARNAT-1994.,  NOM-061-SEMARNAT-1994.,  NOM-062-SEMARNAT-1994.,  NOM-120-SEMARNAT-1997.,  NOM –138- SEMARNAT/SS-2003.,  PROY-NOM-084-SEMARNAT-2003.,  NOM-113-SEMARNAT-1998.,  NOM-114-SEMARNAT-1998.,  PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003.</p>	<p>I.- Se hace uso de los diferentes ordenamientos ecológicos del territorio y los planes parciales de desarrollo urbano. La MIA del PH La Yesca se encuentra elaborada atendiendo los principios de política ambiental que la autoridad se encuentra obligada a atender en el proceso de evaluación.  Además, el PH La Yesca forma parte de las obras de infraestructura hidráulica que se prevén en el Plan Nacional de Desarrollo. De la misma manera, la MIA del PH La Yesca se encuentra elaborada tomando en cuenta los criterios que la autoridad debe atender en la elaboración del Ordenamiento Ecológico del Territorio, independientemente de que tales disposiciones no implican el establecimiento de una acción o medida de mitigación o compensación específica.</p> <p>II.- Mediante la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental, se da pleno cumplimiento a lo ordenado por las disposiciones relativas vigentes, ya que el PH La Yesca se considera una obra o actividades cuya evaluación en materia de impacto ambiental corresponde a la Federación; asimismo, en su elaboración están considerados los reglamentos, y Normas Oficiales Mexicanas aplicables, así como una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente; también se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas y los objetivos</p>

	<p>III.- Artículos 79, 80, 81, 87 y 87 Bis. Relacionados con la preservación y aprovechamiento de la vida silvestre. NOM-059-SEMARNAT-2001., NOM-007-SEMARNAT-1997.</p> <p>IV.- Artículos 88, 89, 90, 91, 93 y 95 Relativos al aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos. NOM-001-SEMARNAT-1996.</p>	<p>de las normas oficiales mexicanas que le aplican directamente y las que aplican indirectamente.</p> <p>Ver Capitulo VI, Ficha 20, Vegetación, NOM-062-SEMARNAT-1994</p> <p>III.- Las diferentes etapas del proyecto dan pleno cumplimiento con lo dispuesto por la normatividad en materia de vida silvestre, ya que se toman en cuenta los criterios de preservación y conservación de la flora y fauna silvestre previstos en la legislación, motivo por los que, en la MIA del PH La Yesca se prevén acciones y medidas de mitigación y de compensación tendientes al rescate, protección y conservación de las especies de la vida silvestre, independientemente de que el área de influencia del proyecto, no existe veda alguna decretada por la autoridad competente y que el PH La Yesca no contempla el aprovechamiento de especies de la vida silvestre.</p> <p>Ver Capitulo VI, Ficha 20, Vegetación, NOM-059-SEMARNAT-2001</p> <p>IV.- El proyecto considera el cumplimiento de las disposiciones para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos en la totalidad de sus acciones y medidas de mitigación y compensación, tomando en cuenta los criterios que la autoridad competente debe de atender durante el proceso de evaluación de la MIA del PH La Yesca, incluyendo los objetivos de la normas oficiales mexicanas aplicables, incluyendo las acciones necesarias para evitar, y en su caso, controlar procesos de eutroficación, salinización y cualquier otro proceso de contaminación en las aguas nacionales, independientemente de que el PH La</p>
--	---	---



	<p>V.- Artículos 98, 99, 100 y 101. Relacionadas con la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo.</p> <p>VI.- Artículos 110 y 111 Bis. Donde se desprenden las medidas legales para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera. Artículos 16, 17, 18, 19, 25, 28, 31, 32 del Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Establece los trámites, obligaciones y prohibiciones relacionadas con las emisiones contaminantes a la atmósfera, tanto de fuentes fijas como fuentes móviles de jurisdicción federal. NOM-041-SEMARNAT-1999., NOM-043-SEMARNAT-1993., NOM-044-SEMARNAT-1993., NOM-045-SEMARNAT-1996 (antes NOM-045-ECOL-1996)., NOM-050-SEMARNAT-1993.</p>	<p>Yesca no contempla actividades pesqueras.</p> <p>V.- El PH La Yesca se vincula con los criterios ambientales previstos en la legislación ambiental y con las normas oficiales mexicanas, previendo que en las zonas afectadas por las obras y actividades, deban llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas, incluyendo las autorizaciones para el aprovechamiento de recursos forestales, estableciendo un aprovechamiento sustentable de ese recurso y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas selváticos</p> <p>VI.- Se da cumplimiento a las obligaciones normativas, toda vez que el PH La Yesca toma en cuenta que las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico, tomando en cuenta la facultad de la autoridad Federal para autorizarlas. Lo anterior, no obstante que el PH La Yesca no prevé el establecimiento de fuentes fijas de jurisdicción federal, sin embargo, se atienden las disposiciones legales que aplican en caso de que exista emisión de olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera cuya autorización corresponda a la autoridad federal. Asimismo, la medición de emisiones contaminantes a la atmósfera se prevé conforme lo dispuesto en las normas oficiales mexicanas aplicables a cada fuente, incluyendo la emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por</p>
--	--	---

	<p>VII.- Artículos 117, 118, 121, 122, 123, 124 y 129. Donde se establecen los criterios y las medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos.</p> <p>VIII.- Artículos 134, 135, 136, 139, 140 y 143. Regulaciones encaminadas a prevenir y controlar la contaminación del suelo.</p>	<p>fuentes móviles, tomando en cuenta que éstas no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establecen en las normas oficiales mexicanas.</p> <p>Ver Capitulo VI ficha 2 Calidad del Aire, NOM-041-SEMARNAT-1993 y NOM-045-SEMARNAT-1996 antes NOM-045-ECOL-1996.</p> <p>Ver Capitulo VI Ficha 16 Seguridad e Higiene NOM-041-SEMARNAT-1993 y NOM-045-SEMARNAT-1996 antes NOM-045-ECOL-1996.</p> <p>VII.- La MIA del PH La Yesca considera el cumplimiento de las disposiciones vigentes, ya que los criterios para la prevención y control de la contaminación del agua están tomados en cuenta en las medidas de mitigación, por lo que respecta al manejo del agua residual de las plantas de tratamiento que se operaran durante la construcción y operación del proyecto, en el entendido de que las aguas nacionales afectables no se utilizan para el abastecimiento de centros de población.</p> <p>VIII.- El PH La Yesca, en el manejo de los residuos sólidos municipales considera los criterios para la prevención y control de la contaminación del suelo, incluyendo que los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos, reúnan las condiciones necesarias para prevenir o evitar su contaminación o problemas de salud. Además, se toman en cuenta los criterios de manejo, almacenamiento, transportación y disposición de los residuos peligrosos que se generarán durante las etapas de construcción y</p>
--	---	--

	<p>IX.- Artículo 147. Disposición que prevé la regulación de las actividades consideradas altamente riesgosas y la prevención de accidentes.</p> <p>X.- Artículos 150, 151, 151 Bis y 152 Bis normatividad que regula el manejo de los residuos peligrosos. Artículos 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23 y 24 del Reglamento en materia de Residuos Peligrosos que regulan el manejo, almacenamiento, clasificación, transporte y disposición final de los mismos, así como lo demás relativo y aplicable al Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. NOM-052-SEMARNAT-1993., NOM-053-SEMARNAT-1993., NOM-054-SEMARNAT-1993 (antes NOM-054-ECOL-1993., NOM-CRP-003-ECOL/93).</p> <p>XI.- Artículos 155 y 156 Disposiciones que norman la generación de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y olores. NOM-080-SEMARNAT-1994., NOM-081-SEMARNAT-1994.</p>	<p>operación del proyecto, de acuerdo a lo previsto en las normas oficiales mexicanas aplicables.</p> <p>IX.- En aquellas etapas del proyecto en las que se utilizarán sustancias o materiales considerados altamente riesgosas, dado que para el caso que nos ocupa el posible manejo de estas sustancias sería solamente temporal, estas mismas serían manipuladas conforme a los índices y parámetros descritos por la Normas Oficiales Mexicanas regentes para la materia y que se encuentran previstas en el cuerpo de esta misma Manifestación.</p> <p>X.- En todas aquellas etapas y lugares del proyecto en donde habrá generación de residuos peligrosos, los mismos serán manejados y dispuestos conforme a los requerimientos específicos derivados de la misma regulación y las Normas Oficiales Mexicanas, regentes para la materia y que se encuentran previstas en el cuerpo de esta misma Manifestación. .</p> <p>Ver Capitulo VI, Ficha 5, Suelos, NOM-052-SEMARNAT-1993</p> <p>Ver Capitulo VI, Apartado 5.5.1, NOM-054-SEMARNAT-1993</p> <p>XI.- Atendiendo la normatividad vigente y aplicable se prevé el cumplimiento de los parámetros en las diferentes etapas del proyecto, lo anterior tal como se describe en el cuerpo de esta misma Manifestación en la cual claramente se contempla la atención y cuidado para mantener los parámetros señalados a la materia. Ver Capitulo VI, Ficha 16, Seguridad e Higiene, NOM-080-SEMARNAT-1994</p>
--	---	--

		<p>Es importante señalar que en los casos que técnicamente corresponde, se han previsto acciones y medidas de mitigación debidamente establecidas en los demás capítulos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental o las que en su momento, pueda llegar a determinar la autoridad Federal para el cumplimiento de las disposiciones legales anteriormente enunciadas, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>
<p>Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y sus Reglamentos y NOM'S de aplicación</p>	<p>Artículos 29, 30, 32, 33, 34, 117 y 118 que prevén los criterios y políticas para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales y la regulación del cambio de uso del suelo en los terrenos forestales. Artículos 120, 121, 123, 124, 126 y 127 del Reglamento los cuales establecen el contenido de los estudios técnicos justificativos para su elaboración y el mecanismo de evaluación y autorización correspondiente.</p>	<p>Actualmente se está concluyendo el Estudio Técnico Justificativo para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales. Se realizará el trámite correspondiente ante la SEMARNAT. Al respecto, es necesario precisar que el presente documento no prevé acciones y medidas de mitigación relacionadas con el impacto ambiental generado por el cambio en la utilización de los terrenos forestales, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>
<p>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y sus reglamentos y NOM'S de aplicación</p>	<p>Artículos 19, 21, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 45, 46, 47, 48, 67, 68 y 69, disposiciones que establecen las obligaciones relacionadas con la generación, almacenamiento temporal, transportación y disposición final de los residuos, tanto peligrosos como sólidos urbanos y de manejo especial.</p>	<p>El proyecto en todas sus etapas contempla acciones y medidas de mitigación tendientes a dar cabal cumplimiento de las disposiciones vigentes, por lo que se esta previendo cumplir con todos los aspectos de almacenamiento, transporte y disposición final de cualquier tipo de residuo, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>

<p>Ley General de Vida Silvestre y NOM'S de Aplicación</p>	<p>Artículos 18, 19, 20, 29, 30, 31, 36, 56, 57, 58, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90 y 91, disposiciones que prevén las obligaciones legales con fines de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, particularmente aquellas relacionadas en las especies y poblaciones en riesgo y prioritaria para su conservación, trato digno y respetuoso de la fauna y lo relacionado con el aprovechamiento extractivo de la fauna y flora silvestre.</p>	<p>El proyecto se encuentra diseñado de tal manera que se asegure el cumplimiento de las disposiciones en materia de conservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestres, por lo que se han previsto acciones y medidas de mitigación debidamente establecidas en el resto de los capítulos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental o las que en su momento, pueda llegar a determinar la autoridad Federal, sin embargo, las disposiciones legales anteriormente referidas únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>
<p>Ley de Aguas Nacionales, sus Reglamentos y NOM'S de aplicación.</p>	<p>Artículos 7, 16, 20, 21 Bis, 23, 24 y 25, 28, 29, 29 Bis, 29 Bis I, 78, 79, 80 y 81, 85, 88, 88 Bis, 96 Bis, que establecen los criterios de utilidad pública y de aprovechamiento sustentable del agua, así como la regulación para el trámite y obtención de los permisos y títulos de concesión.</p>	<p>En la presente Manifestación de Impacto Ambiental se prevén medidas de mitigación tendientes a cumplir con los criterios establecidos en la legislación de la materia, máxime considerando que el PH La Yesca contempla que el proceso de generación de energía eléctrica se dará únicamente con el transito de aguas superficiales del cause que nos ocupa, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>
<p>Ley Federal sobre Monumentos Históricos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas</p>	<p>Artículos 28, 29 y 30, Disposiciones que prevén las obligaciones a cumplirse una vez que se encuentran bienes arqueológicos dando aviso a la autoridad civil más cercana quien informará a su vez al INAH. Los trabajos de excavación, salvamento o exploración serán únicamente realizados por el INAH o por instituciones acreditadas por dicho Instituto.</p>	<p>Con la finalidad de compensar las posibles afectaciones en las zonas de interés arqueológico en el ares de influencia del proyecto, se prevé la realización de los tramites correspondientes ante el INAH y el cumplimiento de las medidas que al efecto se ordenen, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>

No obstante que esta tabla de vinculación no se constituye como un requisito esencial de procedencia para el diseño y presentación de la MIA, se considero la misma como un mecanismo conceptual y practico que coadyuva a la evaluación del documento. De la misma forma, es de entenderse que esta tabla de vinculación legal, solo se entiende como un marco referencial para supuestos normativos, los cuales no en todos los casos relacionados con las etapas del desarrollo del proyecto, tendrán vigencia o aplicación, de la misma manera, es importante no olvidar que bajo el principio de estricto sentido, la Ley no es materia de juicio, apreciándose el anterior como un principio básico de derecho y que no le es dable a la autoridad o al usuario su interpretación, pues de manera genérica la Ley refiere supuestos de adecuación a los hechos, en los cuales solo la autoridad puede determinar su aplicación.

### **III.3.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE INGERENCIA DIRECTA AL PROYECTO.**

NOM-001-SEMARNAT-1996.- Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-007-SEMARNAT-1997 (antes NOM-007-RECNAT-1997).- Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas.

NOM-041-SEMARNAT-1999.- Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-043-SEMARNAT-1993.- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

NOM-044-SEMARNAT-1993 (antes NOM-044-ECOL-1993, NOM-CCAT-007-ECOL/1993).- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.

NOM-045-SEMARNAT-1996 (antes NOM-045-ECOL-1996).- Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

NOM-050-SEMARNAT-1993.- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.

NOM-052-SEMARNAT-1993.- Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-053-SEMARNAT-1993.- Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-SEMARNAT-1993 (antes NOM-054-ECOL-1993, NOM-CRP-003-ECOL/93).- Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL/93 (Antes NOMCRP-001-ECOL/1993).

NOM-059-SEMARNAT-2001.- Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.

NOM-060-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

NOM-061-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.

NOM-062-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.

NOM-080-SEMARNAT-1994 (antes NOM-080-ECOL-1994).- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

NOM-081-SEMARNAT-1994.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

NOM-113-SEMARNAT-1998.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

NOM-114-SEMARNAT-1998.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

NOM-120-SEMARNAT-1997.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

NOM – 138- SEMARNAT/SS-2003.- Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y las Especificaciones para su Caracterización Y Remediación.

PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003.- Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales.

PROY-NOM-084-SEMARNAT-2003.- Que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias.

### **III.3.4 NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE APLICACIÓN CONCURRENTE.**

NOM-002-SCT/2003. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

NOM-003-SCT/2000. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-004-SCT/2000. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

NOM-005-SCT/2000. Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-007-SCT2/2002. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

NOM-009-SCT2/2003. Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-010-SCT2/2003. Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-011-SCT2/2003. Condiciones para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos en cantidades limitadas.

NOM-012-SCT2-1995. Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.

NOM-025-SCT2-1994. Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.



NOM-028-SCT2/1998. Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.

NOM-011-STPS-2001. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM-019-STPS-1993. Relativa a la constitución, registro y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.

NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.

NOM-013-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano.

NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

NOM-003-RECNAT-1996. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte.

NOM-020-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O<sub>3</sub>). Valor normado para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-021-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-022-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-023-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-024-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas totales (pst). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (pst) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-025-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (pm10). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (pm10) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

**Enunciación de Normas Oficiales Mexicanas de carácter concurrente a la legislación ambiental y que regulan las condiciones de seguridad e higiene.**

NOM-001-STPS-1999.- Edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo. Condiciones de seguridad e higiene.

NOM-002-STPS-2000.- Condiciones de seguridad prevención y combate de incendios en los centros de trabajo.

NOM-004-STPS-1999.- Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

NOM-005-STPS-1998.- Condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

NOM-006-STPS-1993.- Condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo.

NOM-009-STPS-1999.- Equipo suspendido instalación, operación y mantenimiento condiciones de seguridad.

NOM-010-STPS-1999.- Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente de trabajo.

NOM-011-STPS-1993.- Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM-015-STPS-1993.- Relativa a la exposición laboral de las condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo.

NOM-017-STPS-1994.- Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-018-STPS-2000.- Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo

NOM-019-STPS-1993.- Constitución y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en el trabajo.

NOM-021-STPS-1993.- Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas.

NOM-024-STPS-1993.- Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los

centros de trabajo donde se generen vibraciones.

NOM-026-STPS-1998.- Colores y señales de seguridad e higiene e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

NOM-027-STPS-2000.- Soldadura y corte-condiciones de seguridad e higiene.

NOM-029-STPS-1993.- Seguridad-equipo de protección respiratoria-código de seguridad para la identificación de botes y cartuchos purificadores de aire.

NOM-030-STPS-1993.- Seguridad-equipo de protección respiratoria-definiciones y clasificación.

**Enunciación de Normas Oficiales Mexicanas de carácter concurrente a la legislación ambiental y que regulan diversas condiciones en ámbitos ambientales de diversas actividades operativas.**

NOM-002-ECOL-1996.- Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

NOM 014-SSA1-1993.- Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

NOM-041-SSA1-1993.- Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias .

NOM-077-ECOL-1995.-Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

NOM-086-ECOL-1994.- Que establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en las fuentes fijas y móviles.

NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Protección Ambiental - Salud Ambiental - Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos - Clasificación y especificaciones de manejo.

NOM-034-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-035-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

NOM-036-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos

para la calibración de los equipos de medición.

NOM-037-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-038-ECOL-1993.- Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-047-ECOL-1993.- Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

NOM-018-SSAT-1993.- Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de los agentes ambientales.

### **III.3.5 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS**

La zona donde se ubica el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca no se encuentra en alguna de las áreas naturales protegidas catalogadas dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México. Las áreas naturales protegidas más cercanas al sitio del proyecto son El Bosque La Primavera que se encuentra ubicado aproximadamente a 80 km en línea recta del sitio del proyecto, en las inmediaciones de los Municipios de Zapopan, Tlajomulco de Zuñiga, Tala y El Arenal, Jalisco; así como el Área Municipal de Protección Hidrológica "Barranca del Río Santiago" que se ubica en el Municipio de Zapopan, Jalisco;

El Bosque La Primavera, el cual fué decretado como Área Natural Protegida el 06 seis de marzo de 1980 mil novecientos ochenta, cubre una superficie de 30 500 ha treinta mil quinientas hectáreas, siendo sus puntos geográficos extremos los paralelos 20°37' - 20°45' de Latitud Norte y los 103°35'-103°28' de Longitud Oeste. Se extiende sobre los puntos de confluencia de los municipios que ocupa, por lo que se puede acceder a éste por caminos de terracería. La declaratoria de Área Natural Protegida es con el propósito, por un lado, de aplicar sobre la base de enfoques multidisciplinarios, medidas de regulación y control que eviten la alteración o degradación del ecosistema y, por otro, aprovechar el lugar para fines de esparcimiento, permitiendo la entrada a visitantes y turistas bajo especiales condiciones, con fines educativos, culturales y de recreación.

El Área Natural Bosque La Primavera se ubica en la Provincia Fisiográfica de la Cordillera Neovolcánica, dentro del tronco de los Municipios de Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, Tala y El Arenal, Jalisco. Con relación a la vegetación, el Área Natural de La Primavera presenta zonas de Bosque de Encino, Pino y Matorrales, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino-Pino, Bosque Tropical Caducifolio y Pastizal, presentándose en este tipo de

vegetación a los pinos y encinos como especies dominantes, aunque este tipo de vegetación ha estado sometido a la presión originada por la ganadería y el crecimiento demográfico de la zona urbana de Guadalajara, Jalisco. La fauna silvestre se compone de 135 ciento treinta y cinco especies clasificadas de aves, sin que a la fecha se cuente con catálogo completo de otras especies.

Fuente: Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.  
Página Web: <http://www.conanp.gob.mx/>

Otra de las áreas de importancia para referenciar es el Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago que se ubica en el Municipio de Zapopan, Jalisco, aproximadamente a 70 km en línea recta del proyecto, el cual es de reciente creación, mediante decreto de fecha 7 siete de octubre del 2004 dos mil cuatro. Cubre una superficie de 17 729 ha diecisiete mil setecientos veintinueve hectáreas, siendo sus puntos geográficos extremos los paralelos 20°50'35" y 20°58'30" de Latitud Norte y 103°30'45" y 103°39'45" de Longitud Oeste, por lo que se puede acceder a éste por caminos de terrecería. La declaratoria de Área Natural Municipal es con el propósito de mantener la diversidad biológica y asegurar la continuidad de los procesos evolutivos de los ecosistemas existentes. Recreación y Desarrollo Turístico, Protección y promoción del patrimonio Histórico y Cultural

Se ubica en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Mexicano. El área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago ocupa su extensión dentro del Municipio de Zapopan, Jalisco. Con relación a la vegetación, el Área Municipal de Protección Hidrológica Barranca del Río Santiago presenta zonas de Bosque Tropical Caducifolio, Bosque de Encino y comunidades Rupícolas, aunque este tipo de vegetación ha estado sometida a la presión originada por la ganadería. Su biodiversidad se compone de 869 ochocientos sesenta y nueve especies de plantas, 11 once especies de Lepidópteros, 121 ciento veintiún especies de aves, 29 veintinueve especies de mamíferos y 53 cincuenta y tres de herpetofauna.

Fuente: Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.  
Página Web: <http://www.conanp.gob.mx/>

De todo lo anterior se desprende que, dada la distancia que existe entre el sitio proyectado para el PH La Yesca con dichas Áreas Naturales Protegidas, es de estimar que éstas no sufrirían impacto alguno, por lo que se establece que el desarrollo del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca es compatible con las políticas de conservación que establecen los programas o planes de manejos de dichas áreas y no se contraviene a las mismas.

### **III.4 OTRAS DISPOSICIONES U ORDENAMIENTOS**

#### **III.4.1 REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS**

El área donde se desarrollará y ejecutará el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca no se encuentra ubicada dentro de alguna Región Terrestre Prioritaria, en función de la regionalización establecida por la Comisión Nacional para el Conocimiento

y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como en ninguna otra disposición ambiental o urbana que limite el desarrollo del proyecto.

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Página Web: <http://www.conabio.gob.mx/>

### III.4.2 REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS

El área donde se llevará a cabo la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca se encuentra ubicada dentro de la Región Hidrológica Prioritaria No. 22 veintidós, denominada cuenca Río Baluarte – Marismas Nacionales, dada la información de la CONABIO; su ubicación respecto al sitio del proyecto, tiene una extensión de 38 768,73 km<sup>2</sup>, enclavada en los Estados de Nayarit, Sinaloa, Durango, Jalisco y Zacatecas y su ubicación poligonal es la siguiente:

**Polígono:** Latitud 23°52'48" - 21°24'00" N  
LONGITUD 106°06'00" – 103°44'24" W

Sus recursos hídricos principales son:

**lénticos:** Presa Aguamilpa, Lagunas de Agua Brava, Teacapán, El Caimanero, Mezcatitlán, lagunas costeras, pantanos y más de 100 pequeños cuerpos.

**lóticos:** Ríos Baluarte, Cañas, Acaponeta, Rosamorada, San Pedro o Alto y Bajo Mezquital, Graceros, Grande de Santiago, Huaynamota, Matatán, Chapalagana, Jesús María, Bolaños, Valparaíso y un gran número de arroyos.

**Geología/Edafología:** Llanura costera del Pacífico presenta sedimentos aluviales, limosos y arcillosos; suelos tipo Solonchak. Planicie extensa con cordones de playa que aíslan cuerpos de agua. La parte alta corresponde a zonas de topografía accidentada con cañones y mesetas. Abarca las Sierras El Nayar, Los Huicholes, Muruata, Álamos, Valparaíso, Mesa del Conejo, Mesa el Rayo, Mesa La Gloria, Mesa Los Altos de San Pedro, etc. En general los suelos son de tipo Litosol, Regosol, Feozem y Luvisol.

**Características varias:** climas semiseco templado, semiseco cálido, templado subhúmedo, cálido, húmedo, cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, todos con lluvias en verano y algunas lluvias invernales; vientos tipo monzón del SE al NW. Temperatura media anual 16 - 18 °C. Precipitación de 1 000 - 2 000 mm; evaporación de 1 800 mm.

**Principales poblados:** San Blas, Tepic, Villa Hidalgo, Mezquital, Santiago Ixcuintla, Rosario, Rosamorada, Acaponeta, Tecuala, Ruíz, Quimiquis, Tuxpan, Escuinapa de Hidalgo, Valparaíso, Nayarit.

**Actividad económica principal:** minería, turismo, pesca, agricultura de humedad, de temporal y de riego, apicultura, acuicultura (camaronicultura principalmente, moluscos, crustáceos y peces) y ganadería.

La problemática presente en esta región hidrológica, en función de lo

establecido por la CONABIO, es la siguiente:

- **Modificación del entorno:** por la infraestructura minera, deforestación con fines agrícolas, construcción de presas y canales, desecación de cuerpos de agua para camaronicultura, desviación de corrientes superficiales y abastecimiento de agua. Deterioro del cauce de los ríos por la presa de Aguamilpa. Construcción de caminos.
- **Contaminación:** por aguas negras, agroquímicos, pesticidas y metales pesados.
- **Uso de recursos:** extracción de agua para agricultura y acuicultura. Especies introducidas: la tilapia azul *Oreochromis aureus*, la carpa dorada *Carassius auratus*, la carpa común *Cyprinus carpio*, el bagre de canal *Ictalurus punctatus* y el crustáceo *Macrobrachium rosenbergii*. Violación de vedas. Introducción de ganado caprino. Cacería ilegal e introducción de especies exóticas en los ranchos cinegéticos.

Las políticas de conservación que establece la CONABIO para esta región hidrológica son las siguientes:

**Conservación:** se propone: conservación de humedales, no a la apertura de bocas, manejo de agua balanceado, control de agroquímicos, plantas de tratamiento de aguas residuales, control de granjas acuícolas, no a la desviación de lóticos y control del turismo. Existen áreas de reproducción de cocodrilos que deben protegerse, así como áreas de manglar en barras arenosas, las islas de Palmar y Puerto Palapares. Hacen falta estudios de endemismos y de biodiversidad en general. No se tiene información de las reservas de aguas subterráneas existentes. La presa de Aguamilpa ha propiciado el crecimiento de especies exóticas que pueden llegar a las partes no alteradas. La urbanización y contaminación por motores ya está afectando la parte baja. Se desconoce la hidrología básica de los ríos; asimismo, el inventario biótico está incompleto.

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.  
Página Web: <http://www.conabio.gob.mx/>

En relación a las regiones hidrológicas prioritarias del país, señaladas por la CONABIO y sus características, es de entender que las mismas, son de importancia para el desarrollo del país, sin embargo dicha importancia no es ni debe de ser entendida como exclusivamente de conservación, si no que por el contrario de aprovechamiento, por lo cual, el PH La Yesca, se constituye de forma conjunta con la valoración hecha a los planes de desarrollo analizados, se proyecta como una obra de valor estratégico en el crecimiento nacional en todos los sentidos, al no contravenir dicho proyecto con los principios nacionales de conservación, motivo por el cual, en los diferentes capítulos del presente documento se desprenden las acciones y medidas de mitigación y compensación necesarias para la compatibilidad del proyecto con los criterios de sustentabilidad establecidos por la CONABIO en la región hidrológico de que se trata, en el entendido, de que no existen impedimentos ni limitaciones técnicas o legales que se contrapongan con el desarrollo del proyecto de que se trata, pues los mismos se encuentran abordados en el documento que nos

ocupa.

### **III.5 AUTORIZACIONES Y GESTIONES PARA EL DESARROLLO Y EJECUCION DEL PH LA YESCA**

La Comisión Federal de Electricidad ha iniciado a la fecha el trámite de algunas gestiones necesarias para el desarrollo y ejecución del respectivo Proyecto Hidroeléctrico La Yesca y de los cuales es de importancia resaltar los oficios de No Intervención emitidos a la fecha por diversas autoridades en el área de influencia del proyecto y que serán descritos en líneas consecuentes.

1.- Oficio de No Intervención emitido por el H. Ayuntamiento Constitucional de Hostotipaquillo, Jalisco; mediante Oficio 01/2006, de fecha 24/01/2006.

2.- Oficio de No Intervención emitido por el H. Ayuntamiento Constitucional de Magdalena, Jalisco; mediante Oficio DOMP-014-02/2006, de fecha 14/02/2006.

3.- Oficio de No Intervención emitido por el H. Ayuntamiento Constitucional de Tequila, Jalisco; Mediante Oficio P.M.09, de fecha 16/01/2006.

4.- Oficio de No Intervención emitido por el H. Ayuntamiento Constitucional de Amatitan, Jalisco; mediante Oficio 97, de fecha 13/01/2006.

5.- Oficio de No Intervención emitido por el H. Ayuntamiento Constitucional de San Martín de Bolaños, Jalisco; mediante Oficio 440/05/PRES, de fecha 09/11/2005.

6.- Oficio de No intervención emitido por SAGARPA, Estado de Jalisco, mediante Oficio número 134.02.01.025/2006 de fecha 13/01/2006.

7.- Oficio de No intervención de la Secretaria de Turismo, Estado de Jalisco, mediante Oficio número DEP/001/06 de fecha 14/02/2006.

8.- Oficio de No intervención de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) Delegación Jalisco, mediante Oficio número SCT.714.303.411.-1401/05 de fecha 14/11/2005.

9.- Oficio de No intervención de Secretaria de la Reforma Agraria, mediante oficio número 3150 de fecha 07/11/2005.

10.- Oficio de No intervención de Secretaria de Desarrollo Urbano, Estado de Jalisco, mediante Oficio de la Dirección General de Obras Publicas del Estado de Jalisco, oficio numero D.G.O.P. 033/2006 de fecha 05/01/06.

11.- Oficio de No intervención de la Delegación Estatal de Nayarit, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, mediante Oficio número 138.01.01.0261 de fecha 06/12/2005.

12.- Oficio de No intervención de la Secretaría de Turismo del Estado de Nayarit, mediante Oficio número ST/PL/008/06 de fecha 06/01/2006.



13.- Oficio de No intervención de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) Delegación Nayarit, mediante Oficio número 717.20.237/2005 de fecha 22/12/2005.

14.- Oficio de No intervención de la Secretaria de la Reforma Agraria representación Nayarit, mediante Oficio número 1246 de fecha 28/11/2005.

15.- Oficio de No Intervención de la Secretaria de Obras Publicas de Nayarit, mediante Oficio número SOP/007/7012/05, de fecha 28/11/2005.

16.- Oficio de No Intervención de la Secretaria de Desarrollo Económico de Nayarit, mediante Oficio número SDE/945/2005, de fecha 07/12/2005.

Documentos todos los anteriores en los cuales se concede por cada una de las autoridades descritas, la no intervención de los alcances del PH La Yesca con las obras y objetivos de dichas autoridades, por lo que esto es de entender como un factor adicional de viabilidad del proyecto que nos ocupa, pues de los mismos comunicados de las autoridades se desprende que dicho proyecto es plenamente compatible con los principios legales y las esferas de influencia de las multicitadas autoridades, al no existir oposición alguna a la ejecución del proyecto (se anexa al presente capítulo).

### **III.5.1 RÉGIMEN DE PROPIEDAD Y ANUENCIAS PARA EJECUCIÓN DE LABORES**

El régimen de propiedad preponderante en la zona es el de propiedad particular, por ese motivo, los pequeños propietarios que sufrirían afectaciones directas en los predios de su propiedad, han otorgado en un 95% su anuencia.

Los predios y propietarios involucrados por la construcción del proyecto y la formación de su embalse se muestran en la siguiente tabla. Cabe señalar que corresponde a información proporcionada por la Secretaría de la Reforma Agraria en la etapa de Factibilidad del proyecto, por lo que actualmente se están elaborando los deslindes y planos específicos de cada predio afectable, mismos que serán empleados para los trámites legales que correspondan.

PREDIOS AFECTABLES POR EL EMBAËSE					
No.	SUPERFICIE TOTAL	SUPERFICIE AFECTABLE ha	ESTADO Y MUNICIPIO	PREDIO	PROPIETARIO
1	768-60-00	71,69117717	NAY. LA YESCA	FC. BARRANCA DEL NOGAL	JOVITA JIMENEZ CASTAÑEDA
2	400-00-00	101,2474087	NAY. LA YESCA	EL NARANJO	RODRIGO HERNANDEZ SALAZAR
3	400-00-00	37,71897439	NAY. LA YESCA	EL PLAN DE BORREGO	JUAN MANUEL HERNANDEZ SALAZAR
4	285-75-00	75,28641296	NAY. LA YESCA	EL CIRUELITO	JUAN Y LAMBERTO MURILLO ACOSTA
5	200-00-00	134,3735251	NAY. LA YESCA	CUCHILLA DEL PASO DE LA YESCA	LAURO Y MARCOS GARCIA MORENO
6	170-00-00	90,64563736	NAY. LA YESCA	EL POTRERO	MARCOANTONIO CELAYA CHACÓN
7	800-00-00	67,94999436	NAY. LA YESCA	LAS MINITAS	PEDRO CELAYA CASTAÑEDA
8	690-00-00	171,8597088	NAY. LA YESCA	AGUA ZARCA	ALBERTO SALINAS LOPEZ
9	135-80-00	7,30493816	NAY. LA YESCA	EL CABALLITO	DIMAS SALINAS GUZMÁN
10	333-60-00	32,67105992	NAY. LA YESCA	OJO DE AGUA	J. JESÚS Y DANIEL RODRIGUEZ LOPEZ
11		9,46363505	NAY. LA YESCA	SANTA CRUZ	DAVID ARELLANO PEREZ
12		18,52955714		LA JOYA	PABLO SALINAS PEREZ
13		4,1804965		SANTA CRUZ	DAVID ARRELLANO PEREZ
14	150-00-00	0,57534731		EL PELILLOS Y TAMBORES	AMADO CORTES
15		2,12201103		APANICO	MANUEL CORTEZ SANDOVAL
16		1,30248228			EVEDONIO BAUTISTA GUZMAN
17	1050-00-00	41,7670189	TEQUILA	ZOPILOTE, EL TACHINELO Y EL BARRITO	RAMON PADILLA RAMIREZ
18		3,26305782	TEQUILA	LAS GUÁCIMAS	FRANCISCO RODRIGUEZ PADILLA
19		23,73569636			MIGUEL CHAVEZ
20	77-00-00	40,01080676	TEQUILA	TENALTITÁN	FRANCISCO MOTA COSTILLA
21		2,04454559			REFUGIO MOTA RODRIGUEZ
22		22,39426346			REFUGIO MOTA RODRIGUEZ (NATALTITÁN)
23	600-00-00	90,86417668	TEQUILA	LA MESA BLANCA	MANUEL HERRERA BARAJAS
24	550-00-00	63,18071513	TEQUILA	EL AHUACATE	ANTONIO GUZMÁN NAJAR
25	950-00-00	171,5327	TEQUILA	PALOS VERDES	HERMENEGILDO VALDEZ TOPETE
26	180-00-00	114,8647817	TEQUILA	EL TORIL	ANGEL VALDEZ PEREZ
27	120-00-00	18,75191992	TEQUILA	BUENA VISTA	AUSENCIO VALDEZ PEREZ
28	600-00-00	129,8895406	TEQUILA	GOLONDRINAS	Mo. DE LOURDES RODRIGUES CASTRO
29		42,29847004			JAVIER HERRERA HARO
30	471-00-00	35,70505368	TEQUILA	AMATÁN	ELISEO HERRERA
31	536-28-00	62,09732029	TEQUILA	MESA DE SAN MIGUEL	CARLOS MORENO ARANJO Y C D

32	416-23-00	5,91313398	TEQUILA	PUEBLO VIEJO	AGUSTIN GUZMÁN SANCHEZ
33	555-28-00	64,47658994	TEQUILA	PUEBLO VIEJO	SALVADOR GUZMÁN SANCHEZ
34	172-19-00	23,07932063	TEQUILA	MESA DE LOS CHILES	EUSEBIO ARAUJO ARELLANO
35	328-47-00	41,36086507	TEQUILA	EL SABINO	CARMEN MORENO BRISEÑO
36	1562-35-00	76,32399427	TEQUILA	CASA BLANCA	JUVENTINO LAMAS ROJAS
37	668-85-00	38,48366867	TEQUILA	MESA DE LOS PALOMOS	ADALBERTO Y ROGELIO MACIAS ROJAS
38		21,12253311	TEQUILA	LAS CONCHILLAS	AGUSTIN ESMERIO COBARRUBIAS
39	130-22-00	4,84497848	TEQUILA	LA BARRANCA	AGUSTIN ESIMERIO COVARRUBIAS
40		22,31290163	TEQUILA	LA BARRANCA	MARTA RIVERA MEDINA
41		12,48853882	TEQUILA	LA BARRANCA	AGUSTIN ESIMERIO COVARRUBIAS
42	381-96-00	2,53837059	TEQUILA	LA MATITA	JOSÉ MACÍAS MURILLO
43	1292-55-00	7,55306722	TEQUILA	MAZALTE	MARIA DE LOS ANGELES AGUIRRE JAIMES
44		7,39754724	TEQUILA		JOSÉ CASTAÑEDA IBARRA
45	1356-23-00	61,7792665	TEQUILA	INNOMINADO	ANGELINA CONTRERAS Y HILDA SANDOVAL
46	74-10-00	7,11068974	TEQUILA	EL COLORADO	IGNACIO MAGAÑES GARCIA
47	136-97-00	14,5019924	TEQUILA	EL TECUÁN	EDUVIGENES CARRANZA BAÑUELOS
48		12,82994314	TEQUILA	LA SOLEDAD	RAMIRO CARRANZA SANCHEZ
49		11,92946934	TEQUILA	LA SOLEDAD	PAZ MARTINES CARRANZA
50	316-94-50	12,55003245	TEQUILA	LAS CABEZAS	PORFIRIO IBARRA GALINDO
51	88-65-40	1,72390551	TEQUILA	LA MESA	PORFIRIO IBARRA GALINDO
52	111-09-10	0,08851464	TEQUILA	LADERA NORTE DEL CAJÓN	JOSÉ REYES VILLALOBOS CASTAÑEDA
53	402-21-90	10,38618425	TEQUILA	EL ESCALÓN	EJIDO EL ESCALÓN
54		35,77202727	HOSTOTIPAQUILLO	LLANO DE VELA	LLANO DE VELA DOT
55	313-18-00	23,14352921	TEQUILA	SAYULIMITA	EDUARDO ORENDAIN
56	1273-95-00	112,3339729	TEQUILA	HACIENDA DE SAYULIMITA	MANUEL MORENO SANCHEZ
57	741-01-00	26,93890193	HOSTOTIPAQUILLO		EJIDO SAYULIMITA DOT
58	722-69-00	99,51402983	HOTOTIPAQUILLO	EL TEPIQUE	ANTOÑO BAÑUELOS CASTAÑEDA
59	1584-40-00	93,06037293	TEQUILA	EJIDO SANTO DOMINGO	EJIDO SANTO DOMINGO
60	834-00-00	98,52789017	HOSTOTIPAQUILLO	LAS ANONAS	JESÚS GARCIA ACOSTA
61		13,07456881			
62		18,28376387	HOSTOTIPAQUILLO	RANCHO Sto.DOMINGO	SALVADOR MACIAS MOJARRO
63		31,92982641	HOSTOTIPAQUILLO	SANTO DOMINGO	AUCENCIO ROJAS PIZ
64	400-00-00	3,47839122	HOSTOTIPAQUILLO	CERRO DE LA BOLSA	JESÚS MONROY ARELLANO
65	405-00-00	66,13252369	HOSTOTIPAQUILLO	LA YESCA	DIÉGO VALLES HARO Y COND.
66	2478-72-57	395,3173769	HOSTOTIPAQUILLO	LA YESCA	LAURO GARCIA MORENO Y COND.

Ver Plano Informativo Tenencia de la Tierra (Capítulo VIII Anexo de Planos: capítulo II).

### III.5.2 PERMISO GENERAL DE REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGA Y CONTROL DE EXPLOSIVOS

Al respecto la Comisión Federal de Electricidad, gestionó y obtuvo en dicho rubro el correspondiente Permiso General del Registro Federal de Armas de Fuego y Control de Explosivos, número 304-JAL., de la Sección de Explosivos, de la Mesa de Construcciones, de fecha 05 diciembre del año 2005, con vigencia para todo el año 2006 debidamente emitido por el Gral. de Bgda. D.E.M. Alfredo Hermilo Herrera Muñoz, Director General del Registro Federal de Armas de Fuego y Control de Explosivos de la Secretaria de la Defensa Nacional, permiso que no cuenta con mayor limitante que la de restricción de almacenamiento permanente y solo será posible que con el mismo retire de los polvorines de la casa proveedora las cantidades necesarias para el consumo inmediato, por lo cual de lo anterior es de determinar que con dicha autorización se entiende dicho requerimiento legal como totalmente cubierto y de esta manera se anticipa este requerimiento y se cumple con los más esenciales principios de legalidad en el rubro para la ejecución de un Proyecto Hidroeléctrico como el que nos ocupa.

## **SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

Para definir el área de estudio<sup>1</sup> se partió del análisis de unidades de paisaje que existen en la región donde se desarrollará el proyecto, definidas por homogeneidad de sus características físicas, biológicas y/o de uso de suelo; y de sus interacciones. Una vez definidas estas unidades, se establece el sistema ambiental regional para el proyecto, determinándose aquellas unidades en las que habría interacción entre el ecosistema y los procesos socioeconómicos relacionados con el proyecto.<sup>2</sup>

Así, el sistema ambiental natural del proyecto quedó delimitado por el cañón del Río Santiago. El cañón se consideró como una unidad de paisaje que está tipificada por ser una área de pendientes muy pronunciadas (como se describe en el apartado IV.1.2 de la MIA), en el cual predomina un clima cálido y la vegetación de selva baja caducifolia. Los suelos muy someros aunado a las fuertes pendientes, le proporciona un bajo potencial para aprovechamiento agropecuario y forestal. La topografía y la variación horaria de caudal del contaminado Río Santiago<sup>3</sup> le otorgan condiciones de aislamiento, por lo que la presencia humana es escasa.

Si bien la extensión de la unidad de paisaje se podría extender a lo largo del cañón del río Santiago por varias decenas de kilómetros, existen “barreras” que hidrológicamente concentran y cambian las condiciones del paisaje: i) Hacia aguas arriba del área que embalsará el PH La Yesca, se encuentra la cortina de la Presa Santa Rosa la cual retiene sedimentos, modifica la disponibilidad de químicos de riesgo y modifica el caudal que pasa a través de ella y ii) Aguas abajo es inminente la formación del embalse del PH El Cajón, (cerrará sus túneles de desvío en julio de 2006) con el cual cambiarán el régimen hidrológico que prevalecen en la zona que inundará el PH La Yesca. Estas dos modificaciones antrópicas del paisaje, modifican su integridad regional y reflejan en el ecosistema los efectos de los procesos de cambio del subsistema socioeconómico. Por esta razón, el sistema ambiental se acotó a la franja de la unidad del paisaje del cañón comprendida entre la cortina de la Presa Santa Rosa y el futuro embalse del PH El Cajón.

---

<sup>1</sup> Según la GUÍA PARA ELABORAR LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL SECTOR HIDRÁULICO de Semarmat, en el capítulo IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN se establece que “el objetivo de este capítulo es describir y analizar en forma integral el sistema ambiental que constituye el entorno del proyecto. Para ello, en primera instancia, se delimitará el área de estudio del proyecto tomando en cuenta una serie de criterios técnicos, normativos y de planeación.”

Luego establece que: “Para la delimitación del área de estudio se deberán considerar las siguientes características del proyecto: • Dimensiones • Distribución espacial de las obras y actividades del proyecto, incluyendo las asociadas y/o provisionales • Tipo de obras y actividades a desarrollar. • Ubicación Si en el área de estudio existe un ordenamiento ecológico decretado, la información anterior se utilizará para identificar las unidades de gestión ambiental sobre las cuales se encuentra el proyecto. El conjunto de unidades ambientales completas identificadas será el área de estudio. Cuando no exista un ordenamiento ecológico decretado, se utilizará la información sobre las características del proyecto mencionadas anteriormente y se establecerán los límites interrelacionando dicha información con los siguientes criterios: • Rasgos geomorfoedafológicos. • Límites políticos - administrativos. • Tipos de vegetación. • Regiones productivas. • Cuencas hidrológicas • Relaciones económicas entre municipios, y. • Otros.

<sup>2</sup> Otro criterio para delimitar el área de estudio fue el análisis territorial de las unidades de gestión ambiental delimitadas en ordenamientos ecológicos del territorio. En el caso del PH La Yesca, existe ordenamiento ecológico del territorio para el estado de Jalisco, pero no para el estado de Nayarit. Por esta razón, para el análisis de la interacción que el subsistema socioeconómico y el proyecto podrían tener con los ecosistemas en el entorno regional, se decidió utilizar las unidades de paisaje.

<sup>3</sup> Por los caudales de generación eléctrica en la presa de Santa Rosa y la contaminación de las descargas de aguas residuales de Guadalajara.

En este cañón del Río Santiago -cuyas principales características como unidad de paisaje se describen en el apartado IV.1.2- se producen las interacciones relevantes entre un subsistema socioeconómico de una extensión territorial mayor, y el ecosistema. La representación territorial del sistema ambiental regional fue entonces incluida en el Área de Estudio definida e ilustrada en el apartado IV.1.2 y de esta MIA.

### **SUBSISTEMA SOCIO – ECONÓMICO**

Para definir el subsistema social, económico, cultural y político a evaluarse y su delimitación en el territorio - definido en la MIA como *sistema sociopolítico* (apartado IV.1.1 Delimitación del Área de Estudio Sociopolítica) por ser más integrador que subsistema socio-económico<sup>4</sup>- no es conveniente trabajar con base en las unidades de paisaje o herramientas de ordenamiento del territorio, ya que las posibles repercusiones socio políticas del proyecto se pueden presentar en toda la región con la cual se establecen relaciones sociales y económicas directas con la zona donde se construirá el proyecto.

La mejor forma de definir el subsistema y su representación territorial fue con base en la determinación de los municipios con los cuales hay relación directa con el proyecto, considerando que el territorio fuera influenciado por las acciones del proyecto, y en condiciones en las que existiera una dinámica socioeconómica integrada a otros municipios que implicara una relación activa.

Como se especifica en el apartado IV.1.1 bajo los criterios enunciados, la extensión del subsistema socioeconómico y político comprende los municipios de Hostotipaquillo, Tequila, San Martín de Bolaños, Amtitán y Magdalena, en el estado de Jalisco, así como el de la Yesca, en Nayarit.

### **ÁREA DE INFLUENCIA**

Durante el desarrollo de los escenarios ambientales modificados por el proyecto para distintos períodos y fases, se incorporan los impactos ambientales identificados del proyecto, así como también los procesos de cambio con efecto sobre el sistema ambiental. La evaluación de las áreas de influencia de cada impacto<sup>5</sup> – incluyendo los acumulativos significativos- permite establecer la relación territorial entre el área de estudio y las áreas de influencia de cada impacto, considerando aquellos componentes del sistema ambiental regional afectados y los procesos indirectos de cambio.

En el caso de los efectos del proyecto sobre la calidad del agua del embalse artificial y los efectos potenciales sobre la salud y la integridad del sistema ambiental y la potencial generación de gases invernadero; se desarrollaron modelos de simulación que permitieron

---

<sup>4</sup> Los programas trienales y sexenales siguen una dinámica dada por las divisiones político-administrativas del territorio, teniendo a los municipios como la división operativa menor.

<sup>5</sup> Según la GUÍA PARA ELABORAR LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL SECTOR HIDRÁULICO de Semarnat (ver página 42): “En el escenario ambiental elaborado en la sección V.1.1, se insertarán los impactos ambientales generados. El resultado de esto es el escenario ambiental modificado por el proyecto, donde se indicará el área de influencia de los impactos que afectan la región... Sobre la superficie se considerará la totalidad de los componentes del sistema ambiental regional afectados”.

establecer los alcances territoriales de los procesos bajo peores escenarios futuros. Estos escenarios, se caracterizaron por presentar grado variables de incertidumbre, principalmente en relación con los parámetros de calidad del agua de entrada al sistema ambiental por las descargas de la zona conurbada de Guadalajara (ZCG).

La complejidad de variables sociopolíticas que determinan la entrada en funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ZCG y la calidad final del efluente - incluyendo la influencia de la calidad del agua descargada en la integridad del sistema ambiental y en los potenciales riesgos a la salud humana- permiten establecer que para todos los escenarios hidrológicos futuros el área de influencia HACIA el proyecto se extiende desde la ZCG a lo largo del cañón del Río Santiago hasta la presa de Santa Rosa. Los procesos hidroquímicos y la regulación de caudales y sedimentos que se producen en la presa de Santa Rosa, tipifican al flujo del Río Santiago que ingresa al sistema ambiental estudiado.

Aguas abajo del proyecto, el área de influencia directa alcanzará al embalse de la presa de El Cajón (descrito en el capítulo II de esta MIA), aunque acumulativamente, el sistema de presas sobre el Río Santiago tendría efectos hasta su desembocadura en el mar.

De esta manera, el área de influencia *hacia* el proyecto por efecto de las descargas de aguas residuales desde la ZCG en los escenarios futuros y en los impactos asociados, incluye al sistema de abastecimiento de agua y saneamiento de dicha zona conurbada. En el capítulo V, se integra información sobre el tratamiento de aguas residuales de Guadalajara, la futura mejora de la calidad del agua del Río Santiago y su efecto potencial sobre el sistema ambiental; información utilizada para la construcción de escenarios.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> La limitación de datos disponibles sobre la hidrología, topografía, hidroquímica y sedimentología – entre otros- de los cuerpos lóticos y lénticos en el Río Santiago; no permiten la generación de modelos de simulación confiables. Parte de estos datos serán obtenidos a partir del Programa Específico de Monitoreo de variables hídricas, microbiológicas e hidroquímicas del subsistema acuático entre presa de Santa Rosa y PH EL Cajón (detallado en el capítulo VII) de que se desarrollará como medida de compensación del proyecto.

## GLOSARIO DE TERMINOS

**Afluente:** Curso de agua que vierte a otro, generalmente más importante, Agua o liquido que entra en un lugar.

**Albedo:** Capacidad que tienen los cuerpos para reflejar la radiación solar. Se expresa mediante la relación (en porcentaje o cifra decimal) entre la total radiación recibida y la parte no absorbida, reflejada. Dícese de la medida correspondiente a la reflectividad lumínica de un objeto. Albedo 1 para la más reflectante y albedo 0 para la menos reflectante.

**Ambiente:** el conjunto de elementos naturales y artificiales o Inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

**Antrópico:** De origen o por acción humana

**Aprovechamiento Sustentable:** la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

**Área de Estudio del Medio Físico y Natural:** Es el área de influencia correspondiente al polígono que comprende 65 000 hectáreas y en donde influyen directamente los medios bióticos y abióticos.

**Área de Estudio Sociopolítica:** Es el área que corresponde a los 5 municipios directamente involucrados para la ejecución del proyecto y que comprende los municipios de Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila, San Martín de Bolaños en el Estado de Jalisco y La yesca en el Estado de Nayarit.

**Área de Estudio:** Espacio que comprende una superficie en el cual se realizaron los estudios correspondientes.

**Áreas Naturales Protegidas:** las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente ley.

**Beneficioso o perjudicial:** Positivo o negativo.

**Biodiversidad:** la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

**Biotecnología:** toda aplicación tecnológica que utilice recursos biológicos, organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.

**Capacidad de Carga Ambiental:** Respuesta de un ecosistema a las diversas actividades o acciones productivas del desarrollo, sin que se afecte su condición natural y/o aumente su fragilidad.

**Componentes ambientales críticos.** Serán definidos de acuerdo con los siguientes criterios: fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección, así como aquellos elementos de importancia desde el punto de vista cultural, religioso y social.

**Componentes ambientales relevantes.** Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto-ambiente previstas.

**Contaminación:** la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

**Contaminante:** toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

**Contingencia Ambiental:** situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas.

**Control:** inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento.

**Criterios Ambientales:** Los lineamientos y conceptos necesarios para preservar, restaurar y conservar el equilibrio de los ecosistemas y proteger al ambiente, en el marco del desarrollo sustentable.

**Criterios Ecológicos:** los lineamientos obligatorios contenidos en la presente ley, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental.

**Daño a los ecosistemas:** Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico.

**Daño ambiental:** Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

**Daño grave al ecosistema:** Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema.

**Desarrollo Sustentable:** el proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

**Desequilibrio Ambiental:** La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman al ambiente que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

**Desequilibrio ecológico grave:** Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

**Desequilibrio Ecológico:** la alteración de las relaciones de Interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

**Diagnóstico Participativo.** Instrumento que nos permite conocer las percepciones, expectativas e intereses de los pobladores de un territorio respecto a un proyecto e identifica acciones que se pueden realizar para prevenir o remediar problemas y para que el proyecto contribuya más al desarrollo del territorio.

**Dinámica de poblaciones:** Estudio de las variaciones en la densidad de población.

**Duración:** El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.



**Ecosistema:** la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre si y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

**Educación Ambiental:** proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida.

- a) El grado de concordancia con los usos del suelo y/o de los recursos naturales actuales y proyectados.

**Elemento Natural:** los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.

**Emergencia Ecológica:** situación derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que al afectar severamente a sus elementos, pone en peligro a uno o varios ecosistemas.

**Emisión Contaminante:** La generación o descarga de materia o energía en cualquier cantidad, estado físico o forma, que al incorporarse, acumularse o actuar en los sistemas biótico y abiótico, afecte o pueda afectar negativamente su composición o condición natural.

**Enfriamiento evaporativo:** Enfriamiento producido por el proceso de evaporación o transpiración. Generalmente se percibe en áreas circundantes a cuerpos de agua y áreas con vegetación significativa. La explicación de este fenómeno radica en que el cambio de estado físico del agua al pasar de líquido a vapor consume energía, lo que provoca dicho enfriamiento.

**Equilibrio Ecológico:** la relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

**Especialización Económica.** En este estudio se define como la actividad preponderante de un municipio y/o región. El indicador para definir la especialización de los municipios analizados es el índice de especialización.

**Especies de difícil regeneración:** Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.

**Estudio de Impacto Ambiental:** Proceso de análisis de carácter interdisciplinario, basado en estudios de campo y gabinete, encaminado a identificar, predecir, interpretar, valorar, prevenir y comunicar los efectos de una obra, actividad o proyecto sobre el medio ambiente.

**Evaluación de Impacto Ambiental:** Es la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas relativos a los componentes físico-químico, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno.

**Fauna Silvestre:** las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación.

**Flora Silvestre:** las especies vegetales así como los hongos, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre.

**Flora y Fauna Acuáticas:** Las especies biológicas y elementos biogénicos que tienen como medio de vida temporal, parcial o permanente, las aguas del territorio del estado.

**Fragilidad Ambiental:** Condición actual de un ecosistema, parte de él o de sus componentes, en comparación a su condición natural clímax.

**Impacto ambiental acumulativo:** El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

**Impacto ambiental residual.** El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

**Impacto ambiental significativo o relevante:** Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

**Impacto ambiental sinérgico:** Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

**Impacto Ambiental:** modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

**Importancia:** Indica qué tan significativo es el efecto del impacto en al ambiente. Para ello se considera lo siguiente:

**Índice de Marginación.** El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar entidades federativas y municipios según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

**Índice de Morbilidad.** Es un referente que establece el número de enfermos que existen en un territorio por cada mil habitantes.

**Índice de Potencial Económico.** Es un referente que expresa las posibilidades que tienen un municipio o región para impulsar la creación de negocios que impulsen la generación de empleos. En este estudio los componentes del índice fueron: la distancia del municipio a Guadalajara, la existencia de empleos bien pagados, nivel de educación y oferta educativa, importancia de los sectores dinámicos, buena infraestructura y gobierno eficiente.

**Inventario ambiental:** Es una descripción completa del medio tal y como es en un área donde se plantea ubicar una determinada actuación.

**Irreversible:** Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.

- b) La calidad ambiental del sitio, la incidencia del impacto en los procesos de deterioro.
- c) La capacidad ambiental expresada como el potencial de asimilación del impacto y la de regeneración o autorregulación del sistema.
- d) La condición en que se encuentran el o los elementos o componentes ambientales que se verán afectados.
- e) La relevancia de la o las funciones afectadas en el sistema ambiental.

**Magnitud:** Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

**Manifestación del Impacto Ambiental:** el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

**Material Genético:** todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo, que contenga unidades funcionales de herencia.

**Material Peligroso:** elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas. Naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

**Medidas de mitigación.** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

**Medidas de prevención:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

**Medio abiótico:** Conjunto de elementos abióticos de un área o que afectan a elementos del medio físico. Ej. clima, aire, suelos, geología, etc.

**Medio biótico:** Conjunto de los seres vivos de un área determinada.

**Medio Físico o Medio Natural:** Sistema constituido por los elementos y procesos del ambiente natural tal como lo encontramos en la actualidad y sus relaciones con la población.

**Medio Socio-económico:** Sistema constituido por las estructuras y condiciones sociales, histórico culturales y económicas en general, de las comunidades humanas o de la población de un área determinada.

**Naturaleza del impacto:** Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.

**Norma Oficial Mexicana:** La regla científica o tecnológica emitida por el ejecutivo federal, que deben aplicar los gobiernos del estado y de los municipios, en el ámbito de sus competencias.

**Ordenamiento Ecológico:** el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos.

**Oscilación térmica:** Diferencia entre los valores de temperatura máxima y temperatura mínima para cualquier escala de tiempo, esto es diaria, mensual, anual, etc. También se le conoce como amplitud térmica.

**Patrimonio Cultural:** El conjunto de manifestaciones producto de la obra conjunta o separada del hombre y de la naturaleza que contiene relevancia histórica, estética, paisajística, arquitectónica, urbanística, literaria, artística, pictográfica, tradicional, etnológica, científica, tecnológica o intelectual para la sociedad jalisciense.

**Población Económicamente Activa (PEA).** Personas de 12 y más años que en la semana de referencia se encontraban ocupadas o desocupadas

**Preservación:** el conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitat naturales.

**Prevención:** el conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.

**Protección:** el conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.

**Raster:** Tipo de archivo utilizado en el ambiente de los sistemas de información geográfica, el cual consiste en imágenes constituidas por una matriz de celdas, generalmente cuadradas, las cuales se pueden identificar por la intersección de columnas y renglones.

**Reciclaje:** El proceso por el cual los residuos son transformados en productos nuevos, de tal manera que pierden su identidad original y se convierten en materia prima de nuevos productos.

**Recurso Natural:** el elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

**Recursos Biológicos:** los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro componente biótico de los ecosistemas con valor o utilidad real o potencial para el ser humano.

**Recursos Genéticos:** el material genético de valor real o potencial;

**Región Ecológica:** la unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes.

**Relleno Sanitario:** Sistema de ingeniería sanitaria para la disposición final de los residuos sólidos municipales en terrenos condicionados para tal efecto, de conformidad a las disposiciones normativas aplicables, con el objeto de proteger el medio de cualquier posible contaminación;

**Rescate Energético:** Es la recuperación con fines de reutilización de una parte de la energía que fue utilizada en los procesos productivos que anteceden a la generación de residuos;

**Residuo Incompatible:** Aquel que al entrar en contacto o ser mezclado con otro, reacciona produciendo calor o presión, fuego o evaporación, partículas, gases o vapores peligrosos, pudiendo ser esta reacción violenta.

**Residuo:** cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó;

**Residuos Peligrosos:** todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

**Residuos Sólidos Industriales:** Residuos sólidos que resultan de las actividades industriales y de servicios, que no se consideran peligrosos conforme la normatividad ambiental federal.

**Residuos Sólidos Municipales:** Residuos sólidos que resultan de las actividades domésticas y comerciales, no considerados como peligrosos, conforme la normatividad ambiental federal.

**Restauración:** conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

**Reversibilidad:** Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

**Riesgo:** Posibilidad de pérdidas humanas, materiales y económicas, así como la afectación significativa al ambiente, que se pueda generar con motivo de los peligros naturales o antropogénicos existentes y la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas.

**Secretaría:** La secretaria de medio ambiente, recursos naturales y pesca;

**Sistema ambiental.** Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

**Subempleo.** En este estudio se entiende por subempleo la situación en que las personas realizan actividades económicas y no reciben ingreso por sus trabajos.

**Temperatura máxima maximorum:** Es el valor máximo de temperatura que se ha presentado a una escala horaria o diaria durante la serie histórica de datos de una localidad en particular.

**Temperatura mínima minimorum:** Es el valor mínimo de temperatura que se ha presentado a una escala horaria o diaria durante la serie histórica de datos de una localidad en particular.

**Unidad ambiental (fauna):** Unidad definida en función del tipo de vegetación dominante en el sitio (ver Materiales y Métodos para Fauna).

**Unidad ambiental:** Las áreas en las que están zonificados polígonos, definidas por rasgos geomorfológicos y ecológicos específicos, georeferenciados, en condiciones de homogeneidad.

**Urgencia de aplicación de medidas de mitigación:** Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la relevancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.

**Vocación Natural:** condiciones que presenta un ecosistema para sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos.

**Vulnerabilidad Ambiental:** Nivel de susceptibilidad de los ecosistemas o de alguno de sus componentes para soportar diferentes tipos y/o intensidades de impacto ambiental provenientes de las diversas acciones o actividades productivas del desarrollo o por efecto de los eventos naturales.

**Zona de influencia:** Se refiere a todo el área que queda por arriba de la cota de inundación y dentro del área de estudio.

**Zona de inundación:** Se refiere a la zona que quedará inundada una vez lleno el vaso de la presa.