

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

I.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1 Nombre del proyecto

Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V

I.1.2 Ubicación del proyecto

El Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V se localiza en la planicie aluvial del Valle de Mexicali en Baja California, aproximadamente a 36 km al sureste de esta ciudad, entre los meridianos 115° 12' y 115° 18' de longitud Oeste, y los paralelos 32° 22' y 32° 26' de latitud Norte; destacando como rasgo geográfico el volcán de Cerro Prieto, de ahí el nombre de este campo geotérmico, que alcanza una elevación de 260 msnm.

La Figura I.1 muestra la localización del campo geotermoeléctrico y el sitio donde se tienen instaladas las centrales Cerro Prieto I, II, III y IV que están actualmente en operación, así como el área propuesta para este nuevo proyecto de 100 MW.

Específicamente, el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se ubicará al costado Oeste de la Central Cerro Prieto IV, en las coordenadas geográficas 115° 12' 44" y 115° 12' 58" de longitud Oeste y 32° 24' 12" y 32° 24' 21" de latitud Norte.

I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

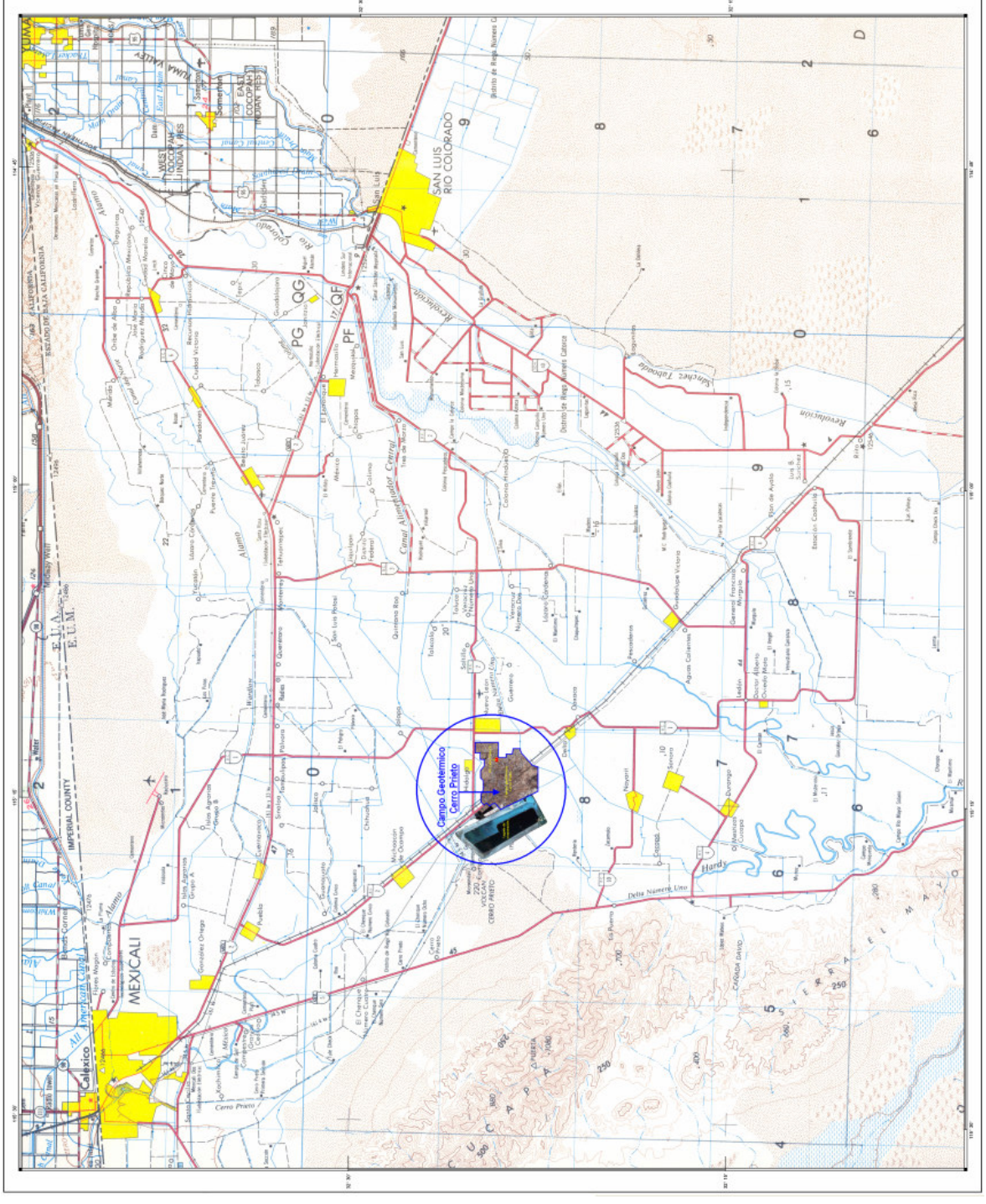
El proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se considera de vida útil permanente, aunque periódicamente se realizarán mantenimientos a las unidades, con posible sustitución de equipos y materiales.

I.1.4 Presentación de la documentación legal

El predio donde se ubica el campo geotérmico Cerro Prieto, y por ende el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V, es propiedad de la CFE, el cual fue adquirido por decreto expropiatorio de acuerdo con los siguientes documentos:

- Decreto publicado el 6 de marzo de 1981 en el Diario Oficial de la Federación por la expropiación de una superficie de 446-47-78,6 ha del Ejido Miguel Hidalgo
- Decreto publicado el 19 de diciembre de 1989 en el Diario Oficial de la Federación por la expropiación de una superficie de 178-21-30,0 ha del Ejido Miguel Hidalgo.

En el Anexo D del Apartado VIII.2 se presenta una copia de ambos documentos.



SIMBOLOGIA

	POBLACIONES		CHIHUAHUA
	CON MAS DE 100 000 HABITANTES		PATZCUARO
	DE 40 000 A 100 000		GUANAJUATO
	DE 15 000 A 40 000		Emiliano Zapata
	DE 2 000 A 15 000		
	VIAS TERRESTRES		FRONTERA INTERNACIONAL
	CARRERA PANAMERICANA		FRONTERA INTERNACIONAL
	COMERCIAL DE RUTA FEDERAL, ESTADAL		FRONTERA INTERNACIONAL
	TERMINAL TRANSITABLE EN TODO TIEMPO		FRONTERA INTERNACIONAL
	BIENNA VEREDA		FRONTERA INTERNACIONAL
	FERROCARRIL DE SERVICIO PUBLICO, ESTACION		FRONTERA INTERNACIONAL
	AREAS SIMBOLIZADAS		FRONTERA INTERNACIONAL
	MARCA DE AGUA PERMANENTE, INTERMITENTE		FRONTERA INTERNACIONAL
	PANTANOS, TERRANOS SUJETOS A INUNDACION		FRONTERA INTERNACIONAL
	SANIALES, MARIAS		FRONTERA INTERNACIONAL
	DIQUE, ARENA, CERRERA VEREDA, DERRAMA		FRONTERA INTERNACIONAL
	RASOS CULTURALES		FRONTERA INTERNACIONAL
	LINEA ELECTRICAL		FRONTERA INTERNACIONAL
	CONDUCO: SUPERFICIAL, SUBTERRANEO		FRONTERA INTERNACIONAL
	ACUEDUCTO: SUPERFICIAL, SUBTERRANEO		FRONTERA INTERNACIONAL
	CANAL: PUESA, BORDO, ESTACION HIDROMETRICA		FRONTERA INTERNACIONAL
	PUNTE, TUNEL		FRONTERA INTERNACIONAL
	MINA: PICO, DEPÓSITO		FRONTERA INTERNACIONAL
	AEROPUERTO: INTERNACIONAL, LOCAL, AEROPISTA		FRONTERA INTERNACIONAL
	REPRESENTACION DEL RELIEVE		FRONTERA INTERNACIONAL
	CURVA DE NIVEL: ACOTADA EN METROS		FRONTERA INTERNACIONAL
	CURVA DE NIVEL: ORDINARIA		FRONTERA INTERNACIONAL
	DEPRESION: COSA FOTOGRAFICA EN METROS		FRONTERA INTERNACIONAL
			FRONTERA INTERNACIONAL

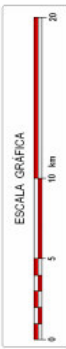


FIGURA 1.1
LOCALIZACIÓN DEL CAMPO
GEOTÉRMICO CERRO PRIETO

I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.2.1 Nombre o razón social

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
Comisión Federal de Electricidad

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

Protegido por IFAI, Art. 3°. Fracción VI, LFTAIPG

I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

I.3. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

I.3.1 Nombre o Razón Social

Departamento de Prevención de Impactos Ambientales
Subgerencia de Estudios
Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
Comisión Federal de Electricidad

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

I.3.3 Nombre del responsable técnico del estudio

Protegido por IFAI, Art. 3°. Fracción VI, LFTAIPG

I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

LOS ABAJO FIRMANTES BAJO PROTESTA DE DECIR LA VERDAD, MANIFIESTAN QUE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL ESTUDIO DENOMINADO “MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR, DEL PROYECTO GEOTERMOELÉCTRICO CERRO PRIETO V, B.C.”, BAJO SU LEAL SABER Y ENTENDER ES REAL Y FIDEDIGNA Y QUE SABEN DE LA RESPONSABILIDAD EN QUE INCURREN LOS QUE DECLARAN CON FALSEDAD ANTE LA AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DISTINTA DE LA JUDICIAL, TAL Y COMO LO ESTABLECE EL ARTÍCULO 247 DEL CÓDIGO PENAL.

PROMOVENTE:

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Protegido por IFAI, Art. 3°. Fracción VI, LFTAIPG

RESPONSABLE TECNICO DE LA ELABORACION DEL ESTUDIO:

Protegido por IFAI, Art. 3°. Fracción VI, LFTAIPG


PARTICIPANTES:

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

FIRMA:



Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG



II DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

II.1.1 Naturaleza del proyecto

México enfrenta el reto de incrementar significativamente la tasa de crecimiento económico por encima de la demográfica para disponer de recursos que proporcionen a su población el acceso a mejores niveles de vida. Dentro de esta necesidad de crecimiento de la economía y mejoramiento de la calidad de vida, la disponibilidad de energía eléctrica se convierte en un requisito esencial para la expansión de las actividades productivas, por lo que ésta juega un papel crucial para asegurar la competitividad de nuestra economía en el largo plazo.

En México, por mandato constitucional, la nación tiene el compromiso de administrar y regular el aprovechamiento de los recursos naturales y el ambiente para contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes en busca del desarrollo sustentable. Así, las expectativas de un desarrollo económico para los próximos años en el país y el alto crecimiento en el consumo de energía eléctrica, imponen la necesidad de evaluar alternativas que permitan el adecuado abastecimiento energético; en este contexto, uno de los desafíos es el desarrollar formas eficientes de producción de energía eléctrica que armonicen con el desarrollo económico, social y ambiental, a fin de preservar los recursos naturales para las generaciones futuras.

Actualmente, el 76,37% de la electricidad que se produce en el país, corresponde a energías no renovables (combustibles fósiles), mientras que el 23,63% restante se genera mediante el aprovechamiento de fuentes renovables, en un esquema en el que la capacidad total instalada asciende a 47 937,98 MW; de ésta, 32 643,46 MW corresponden a las centrales termoeléctricas; 10 284,66 MW a centrales hidroeléctricas; 2 600,00 MW a centrales carboeléctricas; 1 364,88 a una central nucleoeléctrica; 959,50 MW a centrales geotermoeléctricas; y 85,48 MW a centrales eoloeléctricas.

Ante tal situación, y debido a que los combustibles fósiles constituyen un recurso natural no renovable o de disponibilidad limitada, el desarrollo de fuentes alternas de energía resulta de gran relevancia. En este sentido, la Comisión Federal de Electricidad ha venido desarrollando proyectos de energías renovables como son los geotermoeléctricos desde la década de los años setentas y, en los años recientes, proyectos de energías eólica y solar, lo que implica la sustitución de energía a base de combustibles fósiles por energías limpias, con la consiguiente reducción de: i) emisiones de CO, CO₂, NO_x, SO_x y partículas suspendidas a la atmósfera; ii) grandes volúmenes de agua de repuesto a los ciclos de vapor y de enfriamiento; iii) descarga de aguas residuales; y iv) generación de residuos peligrosos, inherentes a las centrales termoeléctricas convencionales.

Tal es el caso del campo geotérmico de Cerro Prieto, en donde el aprovechamiento del recurso geotérmico en la generación de energía eléctrica, se inició en el mes de mayo de 1973 con la entrada en operación comercial de las dos primeras unidades de la central Cerro Prieto I (CP I) con una capacidad de 37,5 MW cada una. Actualmente, la capacidad total instalada en este campo geotérmico es de 720 MW, distribuidos en cuatro centrales de generación: CP I (180 MW), CP II (220 MW), CP III (220 MW) y CP IV (100 MW), lo que denota que este tipo de generación de electricidad es factible y confiable desde el punto de vista económico, social y ambiental, pudiéndose obtener en promedio altos factores de planta ($FP \approx 0,90$) con un bajo impacto ambiental. En la Figura II.1 se esquematizan los sectores de explotación del campo geotérmico y en el Cuadro II.1 se desglosan las características de las unidades generadoras que conforman las centrales CPI, CPII, CPIII y CPIV.

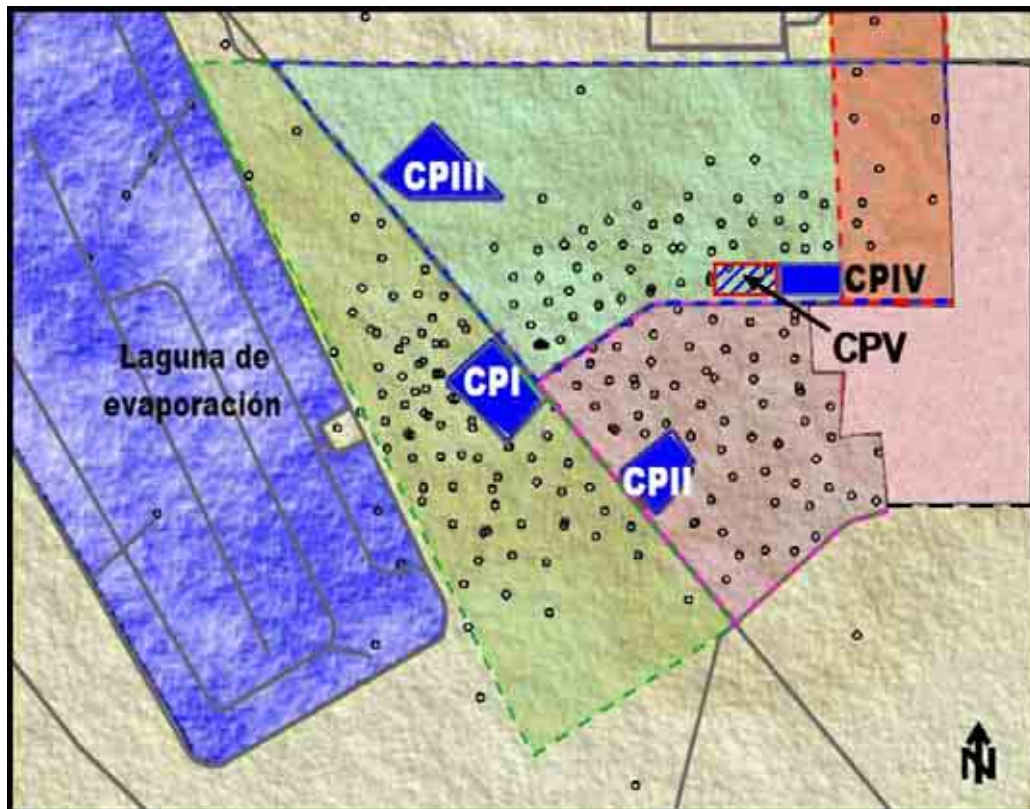


Figura II.1. Sectores de explotación en el campo geotérmico Cerro Prieto

Cuadro II.1					
Capacidad instalada en el campo geotérmico Cerro Prieto					
Nombre de la unidad	Fecha de operación comercial	Años en operación	Capacidad Instalada (MW)	Fabricante	Tipo
CP-I U-1	1973	32	37,5	Toshiba	A condensación
CP-I U-2	1973	32	37,5	Toshiba	A condensación
CP-I U-3	1979	26	37,5	Toshiba	A condensación
CP-I U-4	1979	26	37,5	Mitsubishi	A condensación
CP-I U-5	1982	23	30	Toshiba	A condensación
CP-II U-6	1986	19	110	Toshiba	A condensación
CP-II U-7	1987	18	110	Toshiba	A condensación
CP-III U-8	1986	19	110	Toshiba	A condensación
CP-III U-9	1987	18	110	Toshiba	A condensación
CP-IV U-10	2000	5	25	Mitsubishi	A condensación
CP-IV U-11	2000	5	25	Mitsubishi	A condensación
CP-IV U-12	2000	5	25	Mitsubishi	A condensación
CP-IV U-13	2000	5	25	Mitsubishi	A condensación

Por otra parte, de acuerdo con el estudio de desarrollo del mercado eléctrico, se estimó que el Área de Baja California tendría un crecimiento promedio anual de 7,9% durante el periodo 1999-2008; ante esta situación, y dado que el Área Baja California no se encuentra interconectada al Sistema Eléctrico Nacional, se han tomado las previsiones necesarias para que las centrales de Cerro Prieto continúen trabajando a su plena capacidad e incrementar la capacidad de generación en 100 MW adicionales mediante el desarrollo del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V.

De tal forma, con los 163 pozos productores con que cuenta actualmente el campo geotérmico de Cerro Prieto, se tiene una disponibilidad de vapor en superficie de 6 070 t/h de vapor, cantidad suficiente para mantener la operación del campo geotérmico - en el año 2006 la cantidad de vapor que demandó la operación de las cuatro centrales de Cerro Prieto, fue de 5 175 t/h para una generación de electricidad de aproximadamente 5 000 GW/h - y para desarrollar el Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V.

Demanda de energía eléctrica en la Región Baja California

El sistema eléctrico Baja California suministra energía eléctrica a las zonas de Tijuana, Mexicali, Ensenada Tecate y San Luís Río Colorado, lo que representa prácticamente toda la franja fronteriza de Baja California y una pequeña parte del estado de Sonora. Esta región es una de las que han tenido mayor crecimiento en la demanda de energía eléctrica en el país, y los estudios de prospectiva indican que este crecimiento se sostendrá en los próximos diez años.

El incrementar la capacidad instalada del campo en 100 MW contribuirá a incrementar la confiabilidad del sistema eléctrico y ayudará a mantener un margen de reservas adecuado.

En la Región Baja California, los principales centros de consumo son: Tijuana, Mexicali, Ensenada, Tecate y San Luis Río Colorado. En los Cuadros II.2 y II.3 se muestran la demanda de energía máxima y el consumo de energía necesaria para la Región Baja California.

Cuadro II.2													
Demanda máxima en la Región Baja California (MW)													
Zona	Real					Calculada				Futura			
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Tijuana	437	473	504	533	547	559	612	651	593	731	775	824	883
Ensenada	129	139	146	143	153	157	161	165	172	183	191	198	206
Tecate	28	29	30	32	33	35	36	38	41	42	44	47	49
Mexicali	681	736	807	855	846	853	906	956	1029	1086	1172	1257	1357
Sn Luis R C	142	155	157	160	162	168	176	185	194	202	211	220	231
Exportación	179	170	320	320	315	405	405	446	496	531	584	607	668
Total [MW]	1588	1702	1964	2046	2056	2177	2296	2450	2625	2774	2977	3153	3394

Cuadro II.3													
Energía Necesaria en la Región Baja California (GWh)													
Zona	Real					Calculada				Futura			
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Tijuana	2631	2858	3142	3287	3215	3277	3604	3939	4294	4607	4932	5315	5762
Ensenada	736	797	841	848	847	856	899	942	996	1055	1107	1159	1210
Tecate	158	167	172	181	193	202	212	221	233	244	257	268	281
Mexicali	2617	3034	3566	3677	3666	3718	3986	4298	4608	4875	5272	5687	6131
Sn. Luis R. C	665	684	759	784	793	781	829	881	934	982	1040	1100	1167
Exportación	45	31	66	112	164	362	362	362	362	362	362	362	362
Total [GWh]	6852	7571	8546	8889	8878	9196	9892	10643	11427	12126	12970	13888	14193

Oferta de energía en la Región Baja California

La oferta de energía eléctrica en la Región Baja California está integrada por varios tipos de centrales: ciclo combinado, turbogas, combustión interna y geotérmicas. Las centrales geotérmicas constituyen el 36% de la capacidad total en Baja California. En el Cuadro II.4 se muestran las centrales que integran la oferta energía en Baja California y las capacidades nominales de cada central.

Cuadro II.4					
Oferta de energía en la Región Baja California					
Central	Municipio	Tipo	No Unidades	Capacidad Total, MW	Generación Neta, GWh
Rosarito 8 y 9	Rosarito	Ciclo combinado	2	496	2022,48
Mexicali, Rosarito 10 y 11	Mexicali	Ciclo combinado	2	489	1348,77
Tijuana	Rosarito	Turbogas	2	298	641,09
Cerro Prieto I	Mexicali	Geotérmica	5	180	1176,72
Cerro Prieto II	Mexicali	Geotérmica	2	220	1438,21
Cerro Prieto III	Mexicali	Geotérmica	2	220	1438,21
Cerro Prieto IV	Mexicali	Geotérmica	4	100	653,73
Total			19	2 003	8719,21

Balance oferta-demanda.

A partir de los estudios de planeación del Sistema Eléctrico Nacional, se determinaron los requerimientos de capacidad adicional de generación no comprometida. Los requerimientos de capacidad adicional para un escenario de 10 años son de 1091 MW.

Para cubrir esta demanda, se requerirán cinco nuevas centrales: cuatro de ciclo combinado (una de 253 MW, una de 228 MW y dos de 255 MW) y una geotermoeléctrica de 100 MW. Esta última conforma el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V que considera la instalación y operación de dos unidades de 50 MW cada una.

Justificación del proyecto

Basada en la información geológica, geofísica y geoquímica obtenida por CFE en la zona del campo geotérmico de Cerro Prieto, la empresa japonesa West Japan Engineering Consultans (West Jec) realizó estudios que indican que es factible incrementar en 100 MW la capacidad actualmente instalada en este campo geotérmico (720 MW), lo que representará el 39% de la capacidad total instalada del Sistema Baja California.

El Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V reviste una gran importancia por el impulso que dará al desarrollo en la explotación de los recursos renovables del país; consistirá en la instalación y operación de dos unidades a condensación de 50 MW cada una, con las que se incrementará a 820 MW la capacidad de generación del campo geotérmico Cerro Prieto bajo un régimen de extracción de vapor racional y estable a largo plazo.

El desarrollo de este proyecto no significará un incremento en el nivel de impacto ambiental, ya que:

- El proyecto no se ubica dentro de áreas naturales protegidas o en sitios de alto valor escénico. La central se establecerá dentro del predio industrial del complejo geotermoeléctrico del mismo nombre, conforme a lo indicado en la autorización de Uso del Suelo otorgada a CFE por la Dirección de Catastro, Control Urbano y Ecología del Ayuntamiento de Mexicali, B. C., mediante oficio No. 445 de fecha 3 de abril de 1998 (copia en el anexo D).
- Las dos unidades de 50 MW quedarán alojadas en una sola casa de máquinas que se construirá en un terreno plano y prácticamente libre de vegetación que se ubica sobre el costado Oeste de la actual central Cerro Prieto IV (ver fotografía 1, 2 y 4 del anexo B) - en el área de la futura central únicamente se localizan pequeños manchones de vegetación secundaria, conformados básicamente por algunos ejemplares de pino salado (*Tamarix ramosissima*), huizapol (*Ambrosia chumosa*), cachanilla (*Pluchea sericea*) y tule (*Typha latifolia*), las cuales se desarrollan en las orillas de pequeños drenes (ver Figura IV.30). Todo el equipo periférico y auxiliar (torres de enfriamiento, condensadores, bombas, secadores de vapor, sistema de extracción de gases incondensables y subestación eléctrica) quedará establecido sobre el mismo terreno.
- El área en donde quedará asentada la central corresponde a las plataformas de los pozos M-112 A, E-41 y 312 D, y las instalaciones provisionales (oficinas para la supervisión de obras, almacenes de equipos y herramientas, almacén temporal de residuos peligrosos, comedor, etc.) quedarán ubicadas sobre las plataformas de los pozos 619 y 627, por lo que el movimiento de tierras será mínimo y únicamente se requerirá nivelar el terreno mediante la compensación de cortes y terraplenes para el desplante de las cimentaciones – los pozos referidos serán clausurados conforme a la NOM-004-CNA-1996 la cual establece los 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 –.
- Para la operación de la central, se utilizará parte de la infraestructura del campo geotérmico ya existente para el suministro de vapor, manejo de aguas residuales geotérmicas y transmisión del fluido eléctrico, requiriéndose solamente tramos cortos de tuberías para interconectar el vaporducto, del canal de conducción de los drenes de las turbinas y excedentes de las torres de enfriamiento y de las líneas de transmisión de 161 kV y de distribución de 13,8 kV.
- Se dará continuidad a los programas que se tienen establecidos para el control de los aspectos ambientales inherentes al desarrollo del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto, principalmente los que se refieren a las emisiones de ruido y gases incondensables a la atmósfera, manejo de aguas residuales industriales y domésticas y manejo de residuos peligrosos, entre otros, descritos en el capítulo VI de este documento.

Adicionalmente es importante señalar que, al igual que en las centrales geotermoeléctricas Cerro Prieto I, II, III y IV, en la central Cerro Prieto V no se realizarán actividades de alto riesgo, ya que no se manejarán sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a las cantidades de reporte establecidas en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas y que, por lo tanto, no se requiere presentar un estudio de riesgo, lo cual fue confirmado por las autoridades competentes mediante los oficios Nos. DGGIMAR.710/382, de fecha 11 de febrero de 2004 y

DOO.-04/1183, del 16 de marzo de 2000, cuyas copias se incluyen en el **Anexo F** de este documento.

Objetivos del proyecto

El proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V contribuirá a cubrir la demanda de energía eléctrica de la Región Baja California del país, cumpliendo con los estándares requeridos por el sistema, de acuerdo con lo determinado por el pronóstico de crecimiento del Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE).

Particulares

- Aprovechar el recurso geotérmico para generar energía eléctrica en forma limpia, coadyuvando al desarrollo de las fuentes alternas de energía.
- Diversificar la base energética incorporando centrales geotermoeléctricas dentro del territorio nacional.
- Beneficiar a los pobladores de la región creando fuentes de trabajo durante las etapas de construcción y operación del proyecto.
- Mejorar la confiabilidad en el suministro de la energía eléctrica en la Región Baja California.

Específicos

- Satisfacer la demanda de energía a menor costo y en un largo plazo.
- Reforzar la infraestructura eléctrica en la Región Baja California.

Derivados

- Fomentar el crecimiento de la industria de la construcción y agroindustrial.
- Favorecer la creación de empleos indirectos en poblados y ciudades cercanas al proyecto.
- Mejorar la calidad de vida local y regional.

Infraestructura existente

En el campo geotérmico Cerro Prieto ya se cuenta con la infraestructura básica que se requiere para desarrollar el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V (100 MW), siendo esta la siguiente:

a) Pozos y producción en Cerro Prieto

El campo geotérmico de Cerro Prieto, el mayor de los cuatro campos mexicanos en explotación comercial, comprende una superficie de 18 km², aunque las reservas del yacimiento en el subsuelo se extienden hasta cubrir otros 50 km²; se ubica en una cuenca de tipo transtensional producida entre dos fallas laterales activas pertenecientes al sistema de San Andrés: la falla Cerro Prieto y la falla Imperial. En el subsuelo de esa cuenca, el proceso de adelgazamiento de la corteza continental ha generado una anomalía térmica, que es la que finalmente aporta el calor del sistema geotérmico. En la actualidad la CFE opera en Cerro Prieto 163 pozos productores y

once pozos inyectoros, con los que se producen 6 070 t/h de vapor que se extraen conjuntamente con 8 000 t/h de agua geotérmica. Las características de los pozos productores de Cerro Prieto se indican en el Cuadro II.5 y se representan en la Figura II.2.

Cuadro II.5. Características de los pozos productores				
Pozos	Sector del campo			
	CP-I	CP-II	CP-III	CP-IV
Profundidad, m	1 800	2 700	2 500	3 000
Temperatura, ° C	305	322	333	350
Producción por pozo, t/h	20	53	49	57
Entalpía media, kJ/kg	1 300	1 520	1 620	1 575

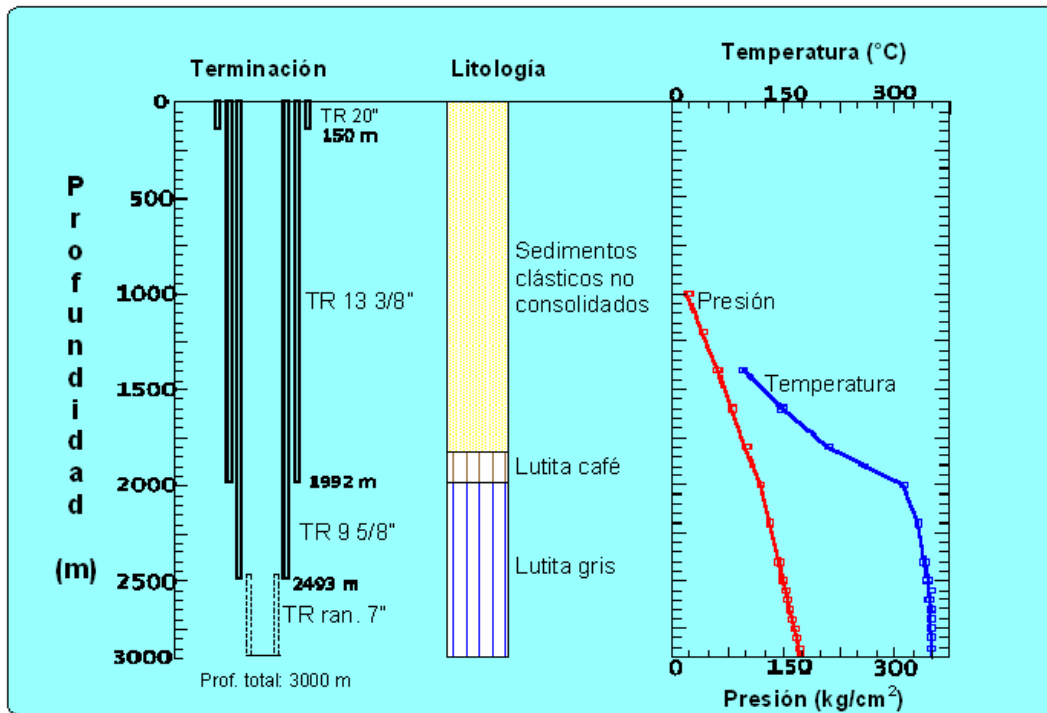


Figura II.2. Esquema típico de construcción de los pozos de Cerro Prieto

De acuerdo con la figura anterior, se tiene que los primeros 50 m de profundidad del pozo se perforan con un diámetro de 36 plg (0,91 m) y se recubren con una tubería de revestimiento (TR) de 30 plg (0,76 m) de diámetro, la cual sirve de anclaje y se fija con cemento a la pared del agujero. De los 50 a los 150 m el agujero del pozo se reduce a 26 plg (0,66 m), recubriéndose con una TR de 20 plg (0,50 m) de diámetro. Entre los 150 y los 1 000 m (o donde se encuentre la base de la unidad de sedimentos clásticos no consolidados) el agujero es de 17 1/2 plg (0,44 m) y se reviste con tubería de 13 3/8 plg (0,34 m). De los 1 000 a los 1 800 m (o ligeramente arriba de donde se espere que aparezca la cima de la zona de sílice y epidota), el diámetro del agujero es

de 12 1/4 plg (0,31 m) y el de la TR es de 9 5/8 plg (0,24 m); esta es la tubería de producción del pozo que va igualmente cementada a la pared del agujero y a la TR de 13 3/8 plg (0,34 m). Finalmente, el resto del pozo se perfora con un diámetro de 8 1/2 plg (0,22 m), recubriéndose con una tubería o *liner* de 7 plg (0,18 m), la cual no se cementa sino se cuelga de la TR de 9 5/8 (0,24 m); este *liner* tiene su porción inferior ranurada para permitir el paso y la extracción del fluido geotérmico.

b) Red de vaporductos y canales de desalojo de agua geotérmica

El fluido obtenido en superficie a través de los pozos es una mezcla de agua y de vapor que debe ser separada por medios mecánicos, lo que se hace en la plataforma de cada pozo mediante un separador centrífugo.

El vapor separado se envía a través de un sistema interconectado de vaporductos hacia las plantas generadoras CP I, II, III y IV; la interconexión de los vaporductos permite transferir vapor de los pozos localizados en un sector del campo hacia otro, en función de las necesidades de cada central. La cantidad de vapor que demandará la operación de las dos unidades de 50 MW es de 800 t/h y será derivada del ramal 1 de la red de vaporductos. El agua separada, por su parte, es conducida mediante canales abiertos y tuberías hacia una laguna de evaporación solar donde una parte se evapora y otra parte se reintegra al yacimiento geotérmico mediante pozos inyectoros, tal y como se representa en la Figura II.3. Para la operación del proyecto Cerro Prieto V, únicamente se requerirá instalar un tramo de canal de 130 m de longitud para el desalojo de las aguas geotérmicas.

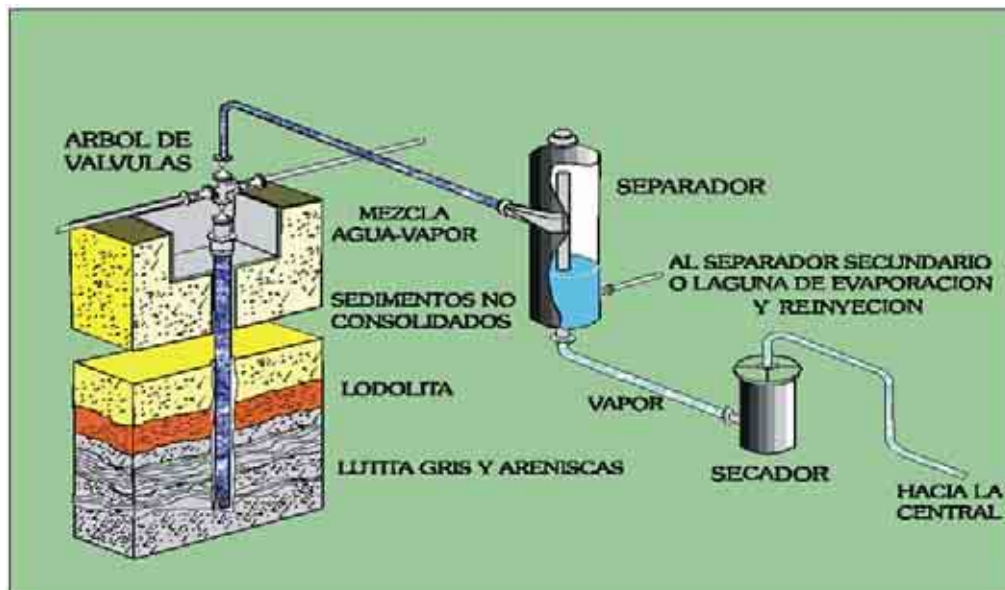


Figura II.3. Manejo del fluido geotérmico

c) Líneas de transmisión y de distribución de fluido eléctrico

La energía eléctrica que generará la central Cerro Prieto V se integrará al sistema eléctrico Baja California mediante una línea de transmisión de 161 kV de aproximadamente 1 500 m que se entroncará a la red eléctrica Cerro Prieto I - Cerro Prieto IV ya existente. En cuanto a la energía eléctrica de respaldo que requerirá la central generadora, ésta se derivará del circuito Nuevo León 4135 CPI del suministro público CFE-San Luis Río Colorado (también ya existente), mediante una línea de distribución de 13,8 kV y 500 m de longitud.

Infraestructura adicional

Conforme a lo señalado en los incisos a, b y c del punto anterior, la ejecución del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V comprenderá las siguientes obras principales:

- a) Instalación y puesta en operación de dos unidades a condensación de 50 MW con todos sus equipos periféricos y auxiliares (condensador, torre de enfriamiento, sistema de extracción de gases, bombas, etc.);
- b) Instalación de un tramo de tubería de 18 m de longitud para interconexión al ramal 1 de la red de vaporductos que suministrará el vapor a las unidades de 50 MW;
- c) Construcción de un canal a cielo abierto de aproximadamente 130 m de longitud por 2 m de ancho (260 m²) para integrarse al sistema de canales para el desalojo de las aguas geotérmicas residuales (excedentes de las torres de enfriamiento y condensados de las turbinas) hacia la laguna de evaporación.
- d) Construcción y operación de una subestación eléctrica elevadora de tensión, de 13,8 kV a 161 kV.
- e) Tendido de una línea de distribución de 13,8 kV de aproximadamente 500 m de longitud.
- f) Tendido de una línea de Transmisión de 161 kV con una longitud aproximada de 1500 m, para la conexión de las unidades generadoras al sistema eléctrico existente (línea troncal Cerro Prieto I-Cerro Prieto IV).
- g) Acondicionamiento, mediante nivelación, compactación y pavimentación de un camino de terracería existente de aproximadamente 300 m de longitud y 7 m de ancho (2 100 m²), para el acceso al área de la Central Cerro Prieto V.

II.1.2 Selección del sitio

Este tipo de proyectos se ubican en zonas específicas que por sus características geológicas permiten la existencia de un yacimiento profundo, el cual contiene el recurso geotérmico factible de ser explotado comercialmente, por lo que no es posible proponer sitios alternativos para el proyecto; por lo anterior, la selección se enfoca únicamente a definir los sitios más adecuados dentro de la zona de aprovechamiento geotérmico, para la ubicación de la central generadora de electricidad.

Criterios de selección del sitio

Los principales criterios para la selección del sitio del proyecto, fueron los siguientes:

a) Aspectos técnicos y económicos

- Aprovechamiento de la infraestructura existente para el suministro de vapor, manejo de aguas residuales geotérmicas, transmisión del fluido eléctrico generado, dotación de energía eléctrica de respaldo a la central generadora y accesos, de tal forma que la interconexión a dichos sistemas sea el más factible técnica y económicamente.
- Establecimiento de las instalaciones permanentes y provisionales en áreas que impliquen el menor movimiento de tierras para su construcción.
- Nivelación del terreno mediante la compensación de cortes y terraplenes para el desplante de las cimentaciones.

b) Aspectos ambientales y sociales

- Establecimiento de las instalaciones permanentes y provisionales en áreas que impliquen el menor desmonte, evitando afectar a la vegetación natural de terrenos aledaños y proteger el suelo de la erosión.
- Optimización de las trayectorias de las líneas de interconexión (vaporductos, canales de desalajo de aguas residuales y de transmisión y distribución de fluido eléctrico), a fin de reducir al mínimo las posibles afectaciones sobre el suelo y la vegetación.
- Minimizar el posible impacto a la calidad del aire por las emisiones de ácido sulfhídrico (H_2S) a través de tubos de venteo y/o torres de enfriamiento de la central generadora.

Sitios candidatos

Bajo las consideraciones anteriores se preseleccionaron dos sitios, el primero de ellos (opción 1) se localiza al Oeste de la central Cerro Prieto IV y el segundo (opción 2) se ubica al Sureste de la Central Cerro Prieto III; el estado en que se encuentran ambos sitios se puede apreciar en las Fotografías 1 y 2, respectivamente, y su situación dentro del campo geotérmico, en la fotografía 3 (Anexo B).

Sitio seleccionado

Como se puede observar en las Fotografías 1, 2 y 3 (Anexo B), los dos sitios opcionales satisfacen los primeros cinco criterios de selección preestablecidos, por lo que el aspecto de la calidad del aire constituyó el factor de decisión más importante. En este sentido, se llevó a cabo la modelación matemática de la dispersión del H_2S en la atmósfera mediante el modelo estadístico Gaussiano: *Industrial Source Complex, ISC3*, considerando los escenarios siguientes:

- a) Estimación de las emisiones del H_2S de las centrales Cerro Prieto I, II, III y IV para calibrar el modelo de dispersión con las mediciones de H_2S del año 2005 registradas en

- las estaciones de monitoreo continuo de la concentración de H₂S en el aire ambiente, instaladas en las poblaciones aledañas al campo geotérmico y operadas por la Residencia General de Cerro Prieto.
- Evaluar el posible impacto a la calidad del aire por las emisiones del H₂S del proyecto Cerro Prieto V, ubicado al Oeste de la central Cerro Prieto IV, opción 1.
 - Evaluar el posible impacto a la calidad del aire por las emisiones del H₂S del proyecto Cerro Prieto V, ubicado al Sureste de la central Cerro Prieto III, opción 2.
 - Evaluar el posible impacto a la calidad del aire por las emisiones del H₂S de las centrales geotermoeléctricas Cerro Prieto I, II, III, IV y V, opción 1.
 - Evaluar el posible impacto a la calidad del aire por las emisiones del H₂S de las centrales geotermoeléctricas Cerro Prieto I, II, III, IV y V, opción 2.

El informe del estudio de dispersión de H₂S realizado, se presenta en el **Anexo E**. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede establecer lo siguiente:

- El impacto a la calidad del aire por las emisiones de H₂S de la nueva central Cerro Prieto V, estimado por el modelo de dispersión, tanto para la opción 1 como para la opción 2 (escenarios b y c), y sumándole los valores máximos promedios registrados en las casetas de monitoreo continuo de H₂S, en ningún caso se rebasarían los 150 µg/m³, fijados como límite máximo por la Organización Mundial de la Salud.
- Con respecto a los escenarios d y e, que corresponden a la modelación de las cinco centrales geotermoeléctricas CP I, II, III, IV y V en operación, se concluye que la opción 1 es la más conveniente en términos del menor impacto en la calidad del aire por las emisiones de H₂S.

Por lo tanto, se determina que el mejor sitio para establecer la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V es el que corresponde a la opción 1, al Oeste de la Central Cerro Prieto IV.

II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización

Localización del campo geotérmico Cerro Prieto

El proyecto se localiza dentro del predio del campo geotérmico de Cerro Prieto (18 km²), propiedad de CFE, en el municipio de Mexicali, B. C. Esta localización pertenece al Sistema Eléctrico de Baja California, que está aislado del Sistema Interconectado Nacional, pero conectado al Sistema Eléctrico de California, EU. El campo geotérmico de Cerro Prieto, B. C. se encuentra ubicado en la planicie aluvial del valle de Mexicali, B.C., entre los meridianos 115° 12' y 115° 18' de Longitud Oeste y los paralelos 32° 22' y 32° 26' de Latitud Norte, en la Subprovincia Geológica del Delta del Río Colorado al pie de la Sierra Cucapá y próximo al volcán de Cerro Prieto (ver mapa 1 del Anexo A).

Accesos al campo geotérmico Cerro Prieto

El campo geotérmico de Cerro Prieto se encuentra comunicado con la Ciudad de Mexicali, B. C., por la carretera estatal Pascualitos-Pescaderos en el kilómetro 26,5 aproximadamente, así como por el ferrocarril Sonora-Baja California, ambas vías de acceso se encuentran intercomunicadas con la autopista Mexicali-San Luis Río Colorado (ver mapa 1 del Anexo A).

Ubicación de las obras del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V

Todas las obras e instalaciones que conforman el proyecto Cerro Prieto V (unidades turbogeneradoras de 50 MW, condensadores, torres de enfriamiento, bombas, secadores de vapor, sistema de extracción de gases incondensables y subestación elevadora de tensión) se establecerán en un terreno de 7,5 ha (300 m x 250 m) que se ubica sobre el costado Oeste de la actual central Cerro Prieto IV (ver Figura II.4 y Fotografías 1, 2 y 4 del Anexo B).

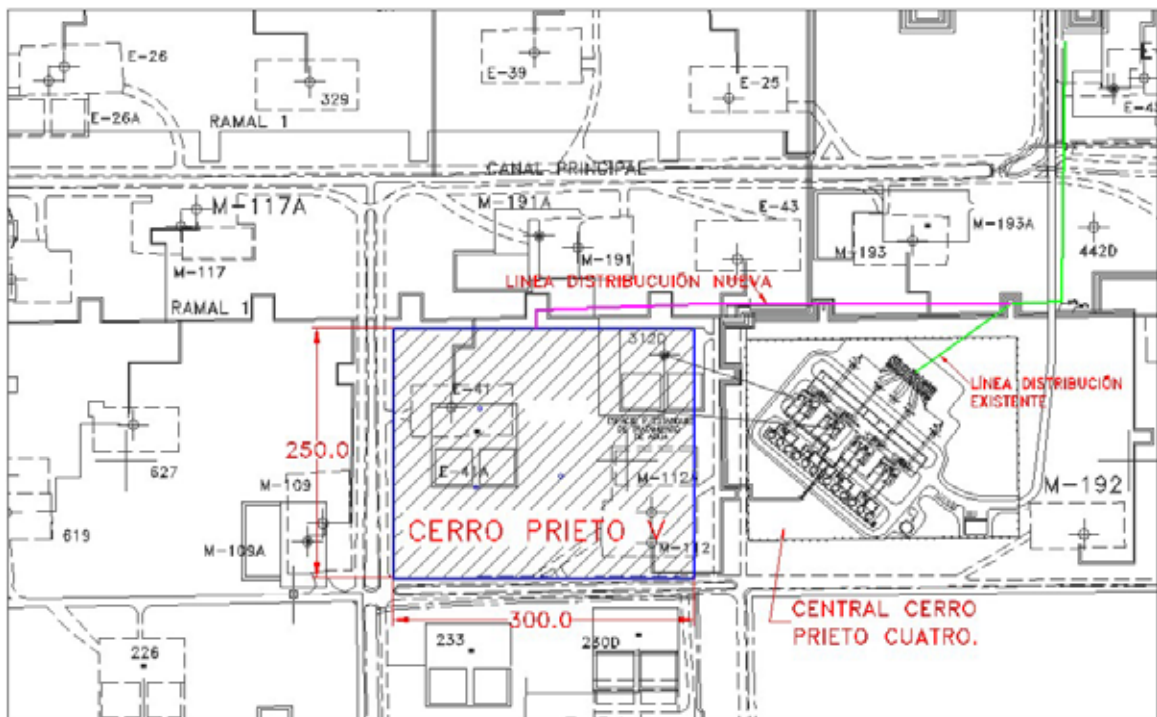


Figura II.4. Localización del proyecto Cerro Prieto IV y de la línea de distribución de 13,8 kV

Adicionalmente, se llevarán a cabo los trabajos complementarios que se describen a continuación.

Línea de conducción de vapor (vaporducto)

El suministro de vapor que demandará la operación de las unidades de generación (2 x 50 MW) se llevará a cabo a través del ramal 1: CP III-CP IV de la red interconectada de vaporductos (en el punto de conexión de vapor hacia CP IV). La trayectoria del ramal 1 es colindante con los terrenos del proyecto Cerro Prieto V y de la Central CP IV, por lo que la longitud de vaporducto fuera del terreno será mínima. Para tal efecto, se requerirá la instalación de una conexión y 18 m aproximadamente de tubería de acero al carbón para llevar el vapor hacia las Unidades del Proyecto Cerro Prieto V (ver Figura II.5).

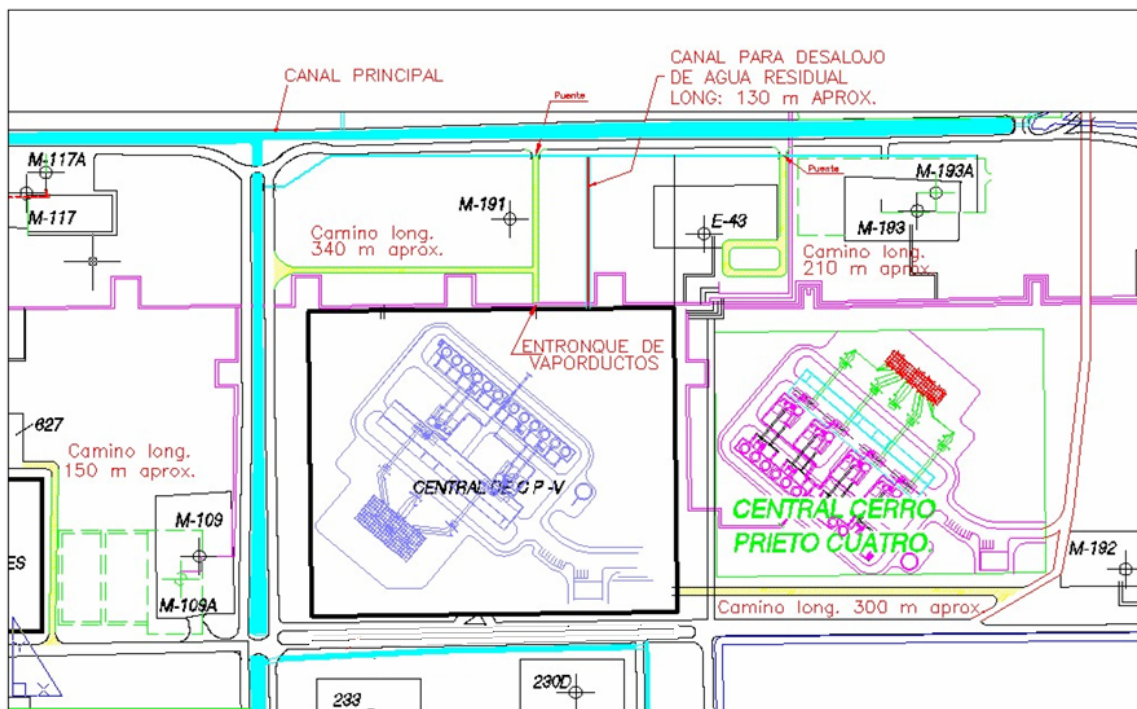


Figura II.5 Representación de las trayectorias del vaporducto y canal de desalojo de aguas residuales geotérmicas

Canal para el desalojo de aguas residuales geotérmicas

Las aguas residuales geotérmicas, constituidas por los excedentes de las torres de enfriamiento y los drenes de las turbinas (condensados de vapor), serán conducidos hacia la laguna de evaporación y de ahí al sistema de reinyección existente. Para ello se construirá un canal a cielo abierto que tendrá un desarrollo aproximado de 130 m para interconectarse con la red de canales existentes, como se muestra en la Figura II.5.

Línea de transmisión de 161 kV

Para la interconexión de la central Cerro Prieto V al Sistema Baja California, se construirá una línea de transmisión de 161 kV de aproximadamente 1500 m de longitud; la línea se tenderá mediante 8 estructuras de acero de doble circuito y con cable desnudo calibre No 900 KCM del tipo ACSR; la trayectoria de la línea seguirá su curso dentro del campo geotérmico hasta interconectarse con la línea troncal Cerro Prieto I-Cerro Prieto IV, como se muestra en la Figura II.6.

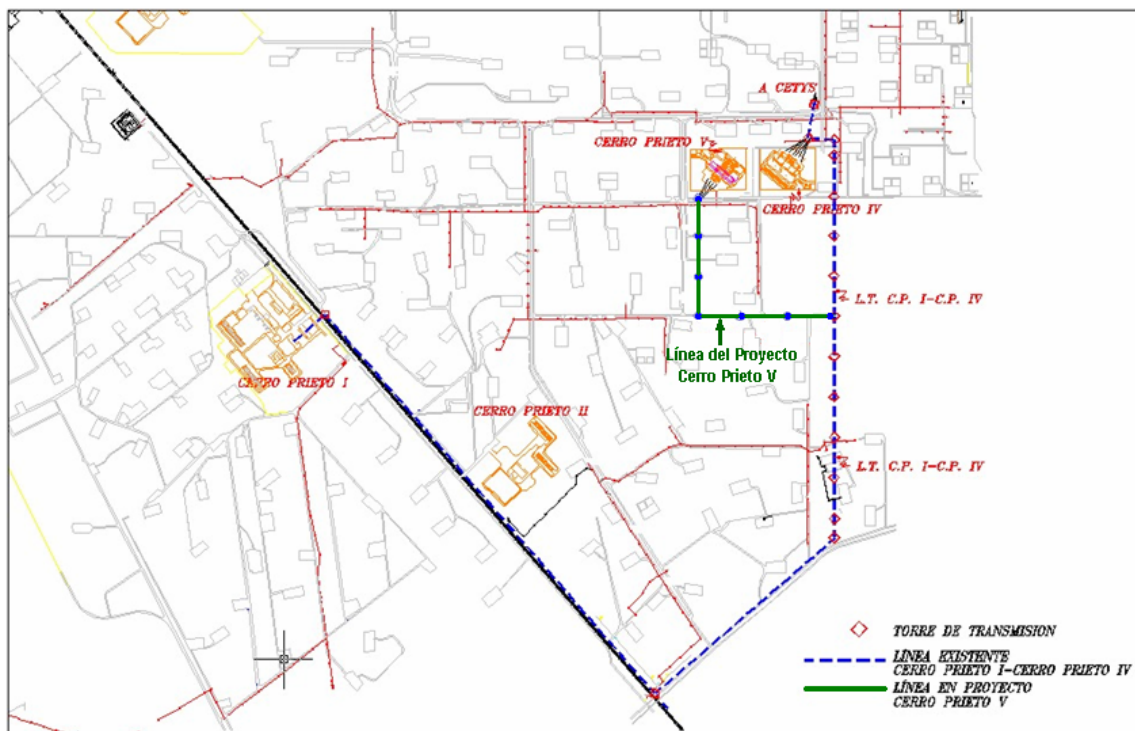


Figura II.6. Trayectoria de la línea de transmisión de 161 kV

Línea de distribución

La central Cerro Prieto V contará con energía eléctrica de respaldo en 13,8 kV, para lo cual se construirá un tramo de línea de distribución de aproximadamente 500 m que se tenderá mediante ocho postes de madera, con aisladores apropiados para un nivel de tensión de 23 kV y con cable desnudo calibre No. 1/0 AWG del tipo ACSR. La energía se derivará del circuito Nuevo León 4135 CPI del suministro público CFE-San Luis Río Colorado; la línea irá paralela al ramal 1 de vaporductos dentro del campo geotérmico, como se muestra en la Figura II.4.

Camino de acceso al proyecto Cerro Prieto V

El acceso al proyecto Cerro Prieto V se realizará mediante el acondicionamiento (nivelación compactación y pavimentación) de un camino de terracería, de aproximadamente 300 m de longitud y 7 m de ancho ($2\ 100\ m^2$), que corre paralelo a la cerca perimetral de la central Cerro Prieto IV (ver Figura II.5).

Obras provisionales

Durante la etapa de construcción, se requerirá instalar de manera provisional: oficinas para la supervisión de obras, una planta dosificadora de concreto, almacenes para equipo, herramientas y auxiliares eléctricos, un almacén temporal de residuos peligrosos, un área para resguardo de maquinaria, vehículos y un comedor, todo sobre un terreno de aproximadamente $18\ 325\ m^2$ que se ubica sobre el costado Oeste del predio que ocupará el proyecto Cerro Prieto V y que corresponde a las plataformas de los pozos 109, 109A y 619, como se muestra en la Figura II.7.

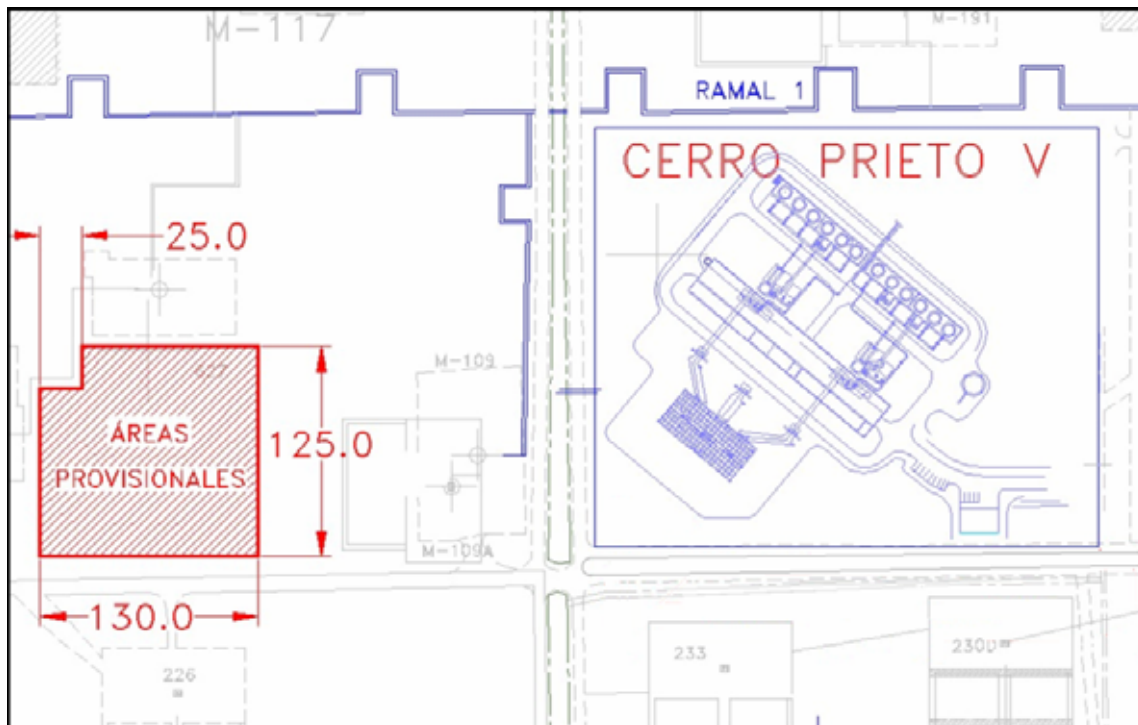


Figura II.7. Ubicación de las áreas provisionales

II.1.4 Inversión requerida

Con el objetivo de tener una visión del proyecto en cuanto a los montos de inversión de cada año, en el Cuadro II.6 se señalan las inversiones de las unidades de 50 MW, subestación, líneas de transmisión y distribución y obras complementarias.

Cuadro II.6 Inversión requerida para el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V (miles de dólares USA)	
Concepto	Monto
Ingeniería y suministro de equipos y materiales electromecánicos	106 379
Obras civiles	16 758
Obras electromecánicas	9 906
Pruebas y puesta en servicio	4 540
Total:	137 583

En el Cuadro II.7 se muestra el resultado neto de operación del proyecto. Este resultado es positivo y están incluidos los pozos de reposición, que impactan al citado resultado neto de operación.

Cuadro II.7 Resultado neto de operación								
Año	Generación GWh		Egresos Millones de dólares de 2006		Ingresos Central, millones de dólares de 2006	Ingresos Totales, millones de dólares de 2006	Resultado neto de operación	
	Central generadora	Total	Costo de O&M Central	Costo de O&M en transmisión			Millones de dólares de 2006	Millones de dólares corrientes
2006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	558,450	558,450	7,632	0,002	45,487	45,487	37,853	42,604
2011	744,600	744,600	10,176	0,002	63,384	63,384	53,205	61,680
2012	744,600	744,600	10,176	0,002	58,739	58,739	48,561	57,985
2013	744,600	744,600	10,176	0,002	56,770	56,770	46,592	57,302
2014	744,600	744,600	10,176	0,002	53,274	53,274	43,096	54,592
2015	744,600	744,600	10,176	0,002	52,632	52,632	42,454	55,393
2016	744,600	744,600	10,176	0,002	53,324	53,324	43,146	57,985
2017	744,600	744,600	10,176	0,002	53,930	53,930	43,752	60,563
2018	744,600	744,600	10,176	0,002	53,965	53,965	43,786	62,429
2019	744,600	744,600	10,176	0,002	53,956	53,956	43,778	64,290
2020	744,600	744,600	10,176	0,002	54,204	54,204	44,025	66,592
2021	744,600	744,600	10,176	0,002	54,405	54,405	44,227	68,904

Cuadro II.7 (continuación)								
Generación GWh			Egresos		Ingresos Central, millones de dólares de 2006	Ingresos Totales, millones de dólares de 2006	Resultado neto de operación	
			Millones de dólares de 2006				Millones de dólares de 2006	Millones de dólares corrientes
Año	Central generadora	Total	Costo de O&M Central	Costo de O&M en transmisión				
2022	744,600	744,600	10,176	0,002	54,561	54,561	44,383	71,221
2023	744,600	744,600	10,176	0,002	54,717	54,717	44,539	73,616
2024	744,600	744,600	10,176	0,002	54,875	54,875	44,697	76,093
2025	744,600	744,600	10,176	0,002	55,006	55,006	44,828	78,605
2026	744,600	744,600	10,176	0,002	55,183	55,183	45,005	81,283
2027	744,600	744,600	10,176	0,002	55,360	55,360	45,181	84,051
2028	744,600	744,600	10,176	0,002	55,515	55,515	45,336	86,869
2029	744,600	744,600	10,176	0,002	55,671	55,671	45,493	89,783
2030	744,600	744,600	10,176	0,002	55,874	55,874	45,696	92,891
2031	744,600	744,600	10,176	0,002	56,079	56,079	45,901	96,106
2032	744,600	744,600	10,176	0,002	56,284	56,284	46,106	99,432
2033	744,600	744,600	10,176	0,002	56,534	56,534	46,356	102,969
2034	744,600	744,600	10,176	0,002	56,784	56,784	46,605	106,630
2035	744,600	744,600	10,176	0,002	57,051	57,051	46,873	110,459
2036	744,600	744,600	10,176	0,002	57,276	57,276	47,098	114,320
2037	744,600	744,600	10,176	0,002	57,503	57,503	47,325	118,316
2038	744,600	744,600	10,176	0,002	57,730	57,730	47,552	122,451
2039	744,600	744,600	10,176	0,002	57,959	57,959	47,781	126,731
2040	186,150	186,150	2,544	0,002	14,490	14,490	11,944	32,630
2041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

NOTA: Se incluye el costo de operación y mantenimiento de la central y del campo, así como los gastos de mitigación ambiental.

De acuerdo con el Cuadro II.8, la recuperación de inversión del proyecto geotermoelectrico Cerro Prieto V sucedería en 4 años.

Cuadro II.8 Estimación de la recuperación de la inversión del proyecto							
AÑO	Unidades	PRESU PUESTAL	INTERESES	TOTAL INVERSION	INVERSION ACUMULADA	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADO S
2006							
2007							
2008	24,92	0,50		25,42	25,42	0,00	
2009	93,32	0,77		94,09	119,50	0,00	
2010	8,49	0,35	5,13	13,97	133,47	45,49	45,49
2011			8,77	8,77	142,24	63,38	108,87
2012			7,82	7,82	150,06	58,74	167,61
2013			6,87	6,87	156,94	56,77	224,38
2014			5,93	5,93	162,86	53,27	277,65
2015			4,98	4,98	167,84	52,63	330,29
2016			4,03	4,03	171,87	53,32	383,61
2017			3,08	3,08	174,95	53,93	437,54
2018			2,13	2,13	177,08	53,96	491,50
2019			1,19	1,19	178,27	53,96	545,46
2020			0,24	0,24	178,51	54,20	599,66
2021			0,00	0,00		54,40	654,07
2022				0,00		54,56	708,63
2023				0,00		54,72	763,35
2024						54,87	
2025						55,01	
2026						55,18	
2027						55,36	
2028						55,51	
2029						55,67	
2030						55,87	
2031						56,08	
2032						56,28	
2033						56,53	
2034						56,78	
2035						57,05	
2036						57,28	
2037						57,50	
2038						57,73	
2039						57,96	
2040						14,49	
2041						0,00	

De esto se desprende que el proyecto es rentable. Por lo tanto, es factible la instalación de dos unidades de 50 MW cada una en el campo geotérmico Cerro Prieto.

El proyecto resulta ventajoso debido a que no es necesaria la perforación inicial de pozos productores, por otro lado el proyecto resulta atractivo debido a su cercanía a la zona de Mexicali, lo que conlleva a beneficios en la zona como son: reducción de fallas en el suministro,

reducción de generación de energía mediante hidrocarburos, creación de empleos temporales en forma directa durante los años de construcción además de que muchos fabricantes y contratistas se verán beneficiados.

Adicionalmente, para llevar a cabo las medidas de protección ambiental se destinarán anualmente \$5 850 000,00 (moneda nacional) conforme a los conceptos que se desglosan en el Cuadro II.9.

Cuadro II.9 Costo de las medidas de protección ambiental del complejo geotermoelectrico Cerro Prieto*	
Actividad	Importe (\$)
Monitoreo de H ₂ S en el aire ambiente	380 000
Monitoreo de ruido perimetral	60 000
Monitoreo de las descargas de agua sanitaria	110 000
Operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua residual sanitaria	200 000
Monitoreo de las descargas de agua geotérmica residual	500 000
Monitoreo de la calidad del agua del acuífero	300 000
Monitoreo de agua y gases de los pozos en operación	1 400 000
Manejo de residuos peligrosos, de manejo especial y domésticos	300 000
Mantenimiento de áreas reforestadas	1 400 000
Supervisión de obras, en materia ambiental	1 200 000
Total:	\$5 850 000

* Las medidas de protección ambiental abarcan todo el complejo geotermoelectrico de Cerro Prieto (Centrales CP I, II, III, IV y V).

II.1.5 Dimensiones del proyecto

a) Superficie total del predio (campo geotérmico Cerro Prieto)

De acuerdo con la autorización de uso del suelo del complejo geotermoelectrico Cerro Prieto (**Anexo D**), la superficie total del predio es 5 155,1880 ha (51,55 km²).

b) Superficies requeridas para obras permanentes

Las dimensiones totales de las instalaciones que conformarán el Proyecto Geotermoelectrico Cerro Prieto V, estarán constituidas en su conjunto por las dimensiones parciales de los predios y de las trayectorias siguientes:

Unidades generadoras de 50 MW

El área que se destinará para la instalación y puesta en operación de las dos unidades a condensación de 50 MW con todos sus equipos periféricos y auxiliares (condensador, torre de enfriamiento, sistema de extracción de gases, bombas, subestación elevadora de tensión, etc.), será de 75 000 m² (300 x 250 m); esta superficie no afectará vegetación natural, toda vez que el predio donde se instalará la central corresponde a las plataformas de pozos M-112A, E-41 y 312D (ver Figuras II.4 y II.5), solo existe un pequeño manchón de vegetación secundaria (alrededor de unos 200 m²).

Camino de acceso al proyecto Cerro Prieto V

El acceso al proyecto Cerro Prieto V se realizará mediante el acondicionamiento de un camino de terracería, de aproximadamente 300 m de longitud por 7 m de ancho (2 100 m²), que conduce a las instalaciones de Cerro Prieto IV, por lo que no habrá afectaciones sobre el suelo y la vegetación (ver Figura II.5).

Líneas de conducción de vapor

Debido a que el vapor que demandará la operación de la central Cerro Prieto V se tomará del ramal 1 de la red de vaporductos existente, únicamente requerirá instalar una tubería 18 m de longitud (ver Figura II.5); estimando ésta fuera de 30 plg (0,76 m) de diámetro, el vaporducto ocuparía un espacio de 86 m², aunque la afectación real sobre el terreno será de 18 m², dada por la construcción de las cimentaciones de dos estructuras de soporte del vaporducto cuyas dimensiones serán de 9 m² (3 x 3 m).

Canales de desalojo de agua residual geotérmica

Las aguas residuales geotérmicas (excedentes de las torres de enfriamiento y drenes de las turbinas) serán conducidos a la red de canales existente para el desalojo de las aguas residuales geotérmicas hacia la laguna de evaporación; para tal efecto, se construirá un canal a cielo abierto de 130 m de longitud y 2 m de ancho, por lo que la superficie ocupada por este concepto será de 260 m² (ver Figura II.5).

Línea de distribución

La Central Cerro Prieto V contará con energía eléctrica de respaldo en 13,8 kV, para lo cual se debe construir un tramo de línea de distribución de aproximadamente 500 m con estructuras de poste de madera, con aisladores apropiados para un nivel de tensión de 23 kV y con cable desnudo calibre No. 1/0 AWG del tipo ACSR. Se requerirán 8 postes, con una afectación de 0,5 m² por poste (incluyendo retenidas) para hacer un total de 4 m² por este concepto. La línea irá paralela al ramal 1 de vaporductos existente dentro del campo geotérmico (ver Figura II.4).

Línea de transmisión de 161 kV

Para la transmisión de la energía que se genere de la central Cerro Prieto V se tendrá que construir una línea de transmisión de aproximadamente 1 500 m de longitud en 161 kV, con 8 estructuras de acero de doble circuito y con cable desnudo calibre No 900 KCM del tipo ACSR, la afectación por esta obra se estima de 36 m² por estructura, para hacer un total de 288 m² (ver Figura II.6).

c) Superficies para obras provisionales

El área total que ocuparán todas las instalaciones provisionales requeridas durante la etapa de construcción del proyecto Cerro Prieto V (oficinas para la supervisión de obras, planta dosificadora de concreto, almacenes para equipo, herramientas y auxiliares eléctricos, almacén temporal de residuos peligrosos y un comedor), será de aproximadamente 18 325 m², superficie en la que, por corresponder a las plataformas de los pozos 109, 109A y 169 ya construidos, no se producirán impactos sobre el suelo y la vegetación (ver Figura II.7).

De acuerdo con lo descrito en este apartado, en el Cuadro II.10 se resumen las superficies que ocuparan las instalaciones permanentes y las de carácter temporal.

Cuadro II.10		
Superficies que ocupará el Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V		
Instalaciones	Área (m ²)	
	Permanente	Temporal
Central (unidades de 50 MW y equipos auxiliar y periférico)	75 000	-
Líneas de conducción de vapor	86	-
Canal de desalojo de aguas residuales geotérmicas	260	-
Caminos de acceso a la central CP V	2 100	-
Línea de distribución de 13,8 kV para respaldo	4	-
Línea de transmisión de 161 kV	288	-
Instalaciones provisionales	-	18 325
Totales	77 738	18 325
Superficie total requerida para el proyecto	* 96 063 m ²	

* Representa menos del 0,2 % de la superficie total del predio del campo geotérmico.

II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

Las diferentes áreas que ocuparán las instalaciones del proyecto Cerro Prieto V son propiedad de CFE y, por encontrarse dentro del campo geotérmico, están destinados al desarrollo de infraestructura eléctrica, tal y como se indica en la autorización de Uso del Suelo otorgada a CFE por la Dirección de Catastro, Control Urbano y Ecología del Ayuntamiento de Mexicali, B. C., mediante oficio No. 445 de fecha 3 de abril de 1998 (copia en el Anexo D). Los usos del suelo en los alrededores del campo geotérmico, de acuerdo con el mapa 6 del Anexo A, son agrícola de riego, áreas sin vegetación y asentamientos humanos, correspondiendo estos últimos a los poblados de los ejidos Nuevo León, Hidalgo, Michoacán de Ocampo, Delta y Oaxaca.

Por lo anterior, el presente proyecto no requiere autorización de cambio de utilización de suelo de terrenos forestales.

II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

Para el desarrollo del proyecto Cerro Prieto V, se cuenta con los servicios básicos y de apoyo que se describen a continuación.

Vías de acceso

El campo geotérmico de Cerro Prieto se encuentra comunicado con la Ciudad de Mexicali, B. C., por la carretera estatal Pascualitos-Pescaderos, así como por el ferrocarril Sonora-Baja California; ambas vías de comunicación se encuentran intercomunicadas con la autopista Mexicali-San Luis Río Colorado, Son.

Dentro del predio de CFE en que se encuentra el campo geotérmico, se cuenta con caminos asfaltados a las centrales de generación CP I II, III y IV y a las oficinas de la Residencia y Superintendencia de Operación de Cerro Prieto; asimismo, se cuenta con caminos de terracería para el acceso a todas las plataformas de los pozos geotérmicos, laguna de evaporación y otras instalaciones. Para el acceso a lo que será la central Cerro Prieto V, se acondicionará un camino de terracería existente que corre paralelamente a la cerca de la central Cerro Prieto IV.

Agua para servicios y consumo humano

La fuente del suministro del agua de servicios para el complejo geotermoeléctrico Cerro Prieto, la constituye el canal Delta, el cual forma parte del DR 014 Río Colorado. El abastecimiento de agua para consumo humano, se hace mediante garrafones de 18 l de capacidad. El suministro de agua durante la etapa de construcción, será responsabilidad de la empresa contratista que desarrolle las obras del proyecto.

Disposición de aguas residuales geotérmicas

Para el manejo de las aguas residuales geotérmicas, constituidas por los excedentes de las torres de enfriamiento y los drenes de las turbinas (condensados de vapor), se utilizará la red de canales existente para su conducción y descarga a la laguna de evaporación.

Aguas residuales sanitarias

En la etapa de construcción del proyecto, el manejo de aguas residuales de tipo sanitario correrá a cargo de una empresa autorizada, la que deberá facilitar los sanitarios portátiles y disponer los residuos en el sitio que le autorice la autoridad municipal correspondiente.

En la etapa de operación, las aguas residuales se conducirán hacia una de las plantas de tratamiento de aguas negras que se tienen actualmente en operación en el campo geotérmico de Cerro Prieto.

Comunicaciones

Además del servicio telefónico existente en el campo geotérmico, las comunicaciones de voz y datos se efectuarán a través de cable de fibra óptica, el cual servirá como hilo de guarda de la línea de transmisión que interconectará a las unidades generadoras con la red eléctrica, por lo que no se requerirá de infraestructura de soporte adicional para dicho cable.

Energía eléctrica

Dentro del predio de CFE en que se encuentra el campo geotérmico, se cuenta con una red de distribución de 13,8 kV que suministra energía eléctrica a todas las instalaciones del campo; además, se cuenta con otra línea de distribución de 13,8 kV que proporciona el respaldo de energía eléctrica a las cuatro unidades de 25 MW que conforman la central Cerro Prieto IV, esta línea forma parte del Circuito Nuevo León 4135 CPU del suministro público CFE-San Luis Río Colorado, Son.; de esta línea se derivará un tramo de aproximadamente 500 m de longitud que suministrará la energía eléctrica de respaldo a la central Cerro Prieto V.

Requerimientos de personal y mano de obra

El personal y la mano de obra que se estima se requerirán durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto, se desglosa en los Cuadros II.11 al II.15.

Cuadro II.11	
Requerimientos de personal durante la etapa de preparación del sitio	
Categoría	No. de Trabajadores
Ingeniero civil	1
Chofer-camión de volteo	5
Operador y ayudante de tractor	2
Operador y ayudante de motoconformadora	2
Chofer y ayudante de 2 Pick-Up, 3 toneladas	4
Operador y ayudante de trascabo de relleno	2
Checadores de banco y camino	2
Electromecánico y ayudante	2
Operador de compactador de neumáticos	1
Operador de camión pipa	1
Operador y ayudante de compactadora de rodillos	2
Topógrafo y ayudante	2
Velador de maquinaria y materiales	2
Total	28

Cuadro II.12			
Requerimientos de personal durante la etapa de construcción obras civiles			
Categoría	Tiempo de ocupación en semanas	Cantidad de personal	Total de horas hombre
Topógrafo	104	1	4 160
Estadaletero	104	2	8 320
Carpintero	72	8	23 040
Fierrero	72	10	28 800
Albañil	104	12	49 920
Maniobrista	80	2	6 400
Operador de Eq. Espec.	96	4	15 360
Chofer especializado	96	6	23 040
Sobrestante	104	4	16 640
Cabo	104	4	16 640
Auxiliar técnico	104	6	24 960
Pailero especializado	64	6	15 360
Jefe de frente	104	4	16 640
Calculista	80	2	6 400
Soldador de segunda	72	6	17 280
Ayudante general	88	60	211 200
Totales	1 448	137	484 160

Cuadro II.13			
Requerimientos de personal durante la etapa de construcción (montaje electromecánico)			
Categoría	Tiempo de ocupación en semanas	Cantidad de personal	Total de horas hombre
Mecánico de piso	48	6	11 520
Mecánico de 2da.	48	4	7 680
Tubero especializado	56	8	17 920
Tubero de 2da.	56	4	8 960
Pailero especializado	64	6	15 360
Pailero de 2da.	64	4	10 240
Muniobrista especializado	80	4	12 800
Maniobrista de 2da.	80	4	12 800
Soldador de código	24	2	1 920
Soldador especializado	56	10	22 400
Soldador de 2da.	56	10	22 400
Operador de equipo espec.	80	6	19 200
Chofer especializado	80	6	19 200
Chofer	48	4	7 680
Supervisor especializado	72	2	5 760
Auxiliar técnico	72	2	5 760
Jefe de frente	96	4	15 360
Residente de obra	104	1	4 160
Residente general	104	1	4 160
Ayudante general	80	58	185 600
Sobrestante	80	4	12 800
Cabo	80	4	12 800
Total	1 528	154	436 480

Cuadro II.14			
Requerimientos de personal durante la etapa de pruebas y puesta en servicio			
Categoría	Tiempo de ocupación en semanas	Cantidad de personal	Total de horas hombre
Ingeniero especializado	24	6	5 760
Jefe de frente	24	3	2 880
Ing. Responsable de pruebas	24	1	960
Técnico electricista	24	4	3 840
Técnico instrumentista	24	2	1 920
Técnico mecánico	24	4	3 840
Chofer especializado	24	1	960
Ayudante general	24	14	13 440
Total	192	35	33 600

Cuadro II.15		
Requerimientos de personal durante la etapa de operación		
Categoría	No. de empleados por turno	No. de empleados por día
Supervisor cuarto de control	1	4
Supervisor eléctrico	1	4
Supervisor mecánico	1	4
Supervisor instrumentista	1	4
Supervisor de mantenimiento	1	4
Total	5	20

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

Descripción general del funcionamiento de la Central Cerro Prieto V (2x50 MW)

En la generación de energía eléctrica en un proceso geotérmico, se aprovecha el calor del subsuelo contenido en las rocas de origen volcánico que han calentado el agua al estar en contacto durante miles de años con esas rocas calientes, incrementando considerablemente su temperatura, el contenido de especies químicas disueltas y gases incondensables como el bióxido de carbono y el ácido sulfhídrico. Con el tiempo, el agua tiende a alcanzar el equilibrio químico, isotópico y termodinámico. Parte del agua caliente presurizada pasa a la fase de vapor cuando asciende lentamente a la superficie en forma natural por convección, o muy rápidamente en forma artificial por las tuberías de los pozos geotérmicos; de tal forma, el fluido geotérmico que se extrae de un pozo profundo, está constituido por una mezcla de vapor, gases incondensables y agua.

La mezcla de agua y vapor que fluye en cada pozo se envía a un equipo que separa el agua del vapor de tipo ciclónico, instalado en la plataforma del pozo o en una plataforma de separación. La mezcla entra en este separador de manera helicoidal con respecto al cuerpo del equipo, induciéndole una fuerza centrífuga que separa las dos fases. El agua por tener mayor densidad adquiere mayor inercia que la del vapor, se pega a la pared del separador y por la acción de la gravedad cae a la parte inferior del equipo. El vapor separado fluye por la parte superior a través de un tubo central, para enviarse a la turbina por medio de un vaporducto diseñado y construido de acero al carbón y aislado térmicamente. Antes de ingresar a la turbina, el vapor se pasa a un equipo secador para eliminar la humedad residual que aún pudiera contener como producto de la condensación que se produce en los ductos durante el trayecto desde los pozos.

La eficiencia de separación que se logra en estos equipos secadores es superior al 99%. El vapor seco resultante pasa a la turbina en donde, debido al salto entálpico que se produce por las

diferentes condiciones de presión a la entrada y a la salida de la misma, se convierte en energía mecánica que hace girar al generador eléctrico acoplado a la turbina, el cual por fenómenos electromagnéticos produce la energía eléctrica. El vapor utilizado y descargado por la turbina, es enviado hacia el condensador para formar parte del agua de circulación del sistema de enfriamiento.

El agua de circulación (agua caliente) que sale del condensador, es bombeada hacia la torre de enfriamiento para reducir su temperatura (agua fría) y poder utilizarla para condensar el vapor descargado de la turbina, estableciéndose así el ciclo de enfriamiento. La mayor parte de esta agua fría o de enfriamiento que se toma de la pileta de la torre, se utiliza para condensar el vapor proveniente de la turbina y de los eyectores del sistema de extracción de gases; la otra parte se utiliza para el enfriamiento de los sistemas auxiliares y de servicio que conforman la central (sistema de aceite de lubricación, enfriador del generador y sistema de vacío).

Por la parte superior del condensador se extraen por medio de eyectores, los gases incondensables que fluyen mezclados con el vapor geotérmico desde el subsuelo hasta este punto. El sistema utiliza para su operación, parte del vapor seco que se envía a la turbina. Los gases extraídos se conducen a la torre de enfriamiento en donde se aprovecha el tiro inducido que producen los ventiladores para emitirlos a la atmósfera y favorecer así una buena dispersión; alternativamente, los gases se pueden descargar a través de tubos de venteo instalados en la central.

Cuando la unidad se saca de servicio por falla o mantenimiento, el fluido geotérmico se desvía hacia un separador atmosférico (silenciador), en donde se reduce la presión del sonido a niveles permisibles y se separa la mezcla agua-vapor; el vapor se desfoga a la atmósfera por la chimenea del silenciador y el agua que sale por el fondo del equipo se conduce hacia la laguna de evaporación para posteriormente ser reinyectada al yacimiento geotérmico.

Las turbinas cuentan con un sistema de aceite de lubricación y control. La función principal de este sistema es asegurar por una parte, la lubricación y enfriamiento de los rodamientos del turbogenerador, y por otra parte, proporcionar el aceite para el control electrohidráulico de cada unidad. El sistema de aceite de lubricación y control está compuesto de: un depósito de acero de capacidad determinada por el fabricante del turbogenerador, bombas de aceite principal, bombas de emergencia, un purificador de aceite portátil tipo centrífugo que alarga la vida útil del aceite de lubricación.

En la Figura II.8, se presenta el diagrama de flujo de una unidad a condensación de 50 MW como las que conformarán el proyecto Cerro Prieto V.

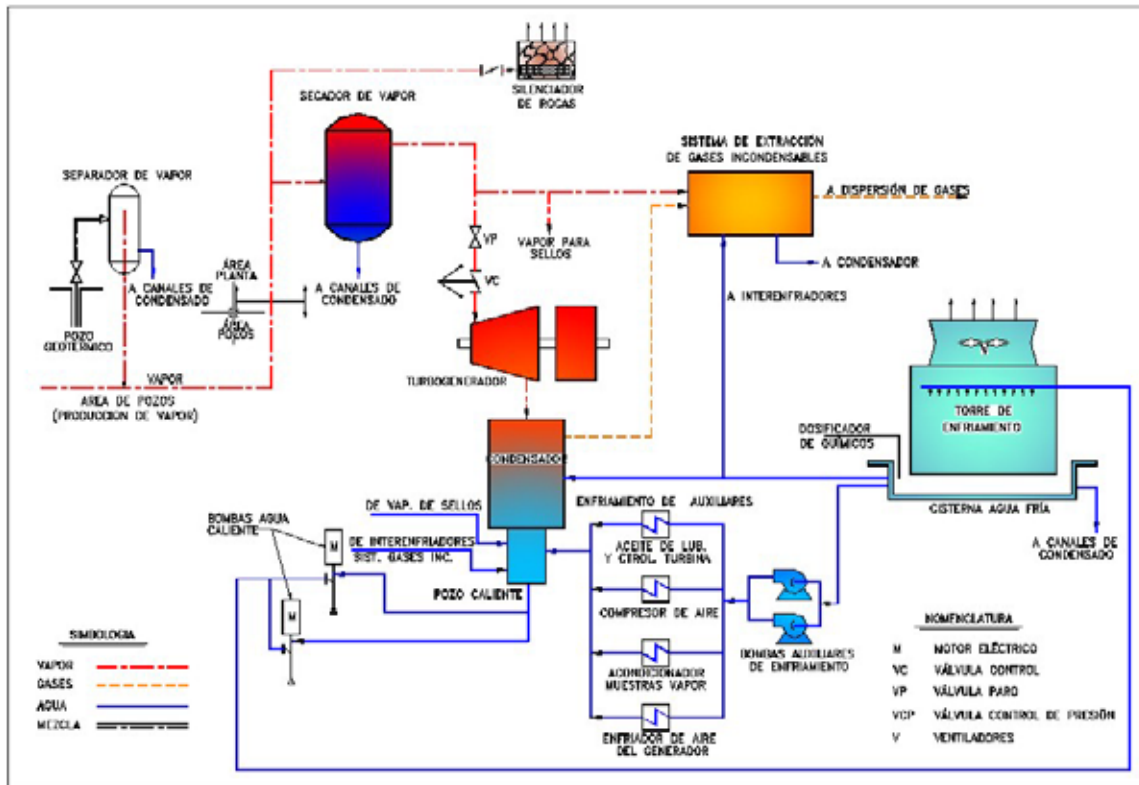


Figura II.8. Diagrama de flujo de una unidad a condensación (50 MW)

Descripción de la parte eléctrica de la central

La central Cerro Prieto V, con un alto nivel de automatización, será operada por personal especializado en condiciones normales de operación. En caso de falla, la central deberá ser capaz de parar automáticamente para la seguridad total del equipo. Todos los arranques se supervisarán localmente por personal calificado.

La central estará integrada por dos unidades de 50 MW que generarán energía eléctrica en 13,8 kV, a esta tensión se llevará al transformador elevador por medio de un bus ducto de fases no segregadas. Entre el generador y el transformador elevador habrá una derivación para los servicios propios y auxiliares de la central, también con bus ducto de fases no segregadas. El arranque de las unidades de la Central se debe hacer a través del transformador de arranque, lo que permite energizar los buses de servicios auxiliares; éstos quedarán energizados con energía eléctrica del sistema de potencia Baja California, al que se interconectará la central a través de las líneas de transmisión siguientes:

- LT CP IV-CETYS de 161 kV de doble circuito y cable tipo ACSR, calibre 900 KCM.
- LT CP IV – CP I de 161 kV de doble circuito y cable tipo ACSR, calibre 900 KCM.

En estas condiciones puede iniciarse la secuencia de arranque de la central hasta interconectarlas con el sistema y tomar la carga deseada. El esquema de fuerza de la central prevé que los servicios auxiliares de ésta se alimenten indistintamente del sistema o de la propia central, habrá cambio de auxiliares en baja tensión (4,16 kV). Los servicios esenciales de la central además contarán con una alimentación de respaldo de 13,8 kV. El diagrama unifilar básico de la central se muestra en la Figura II.9.

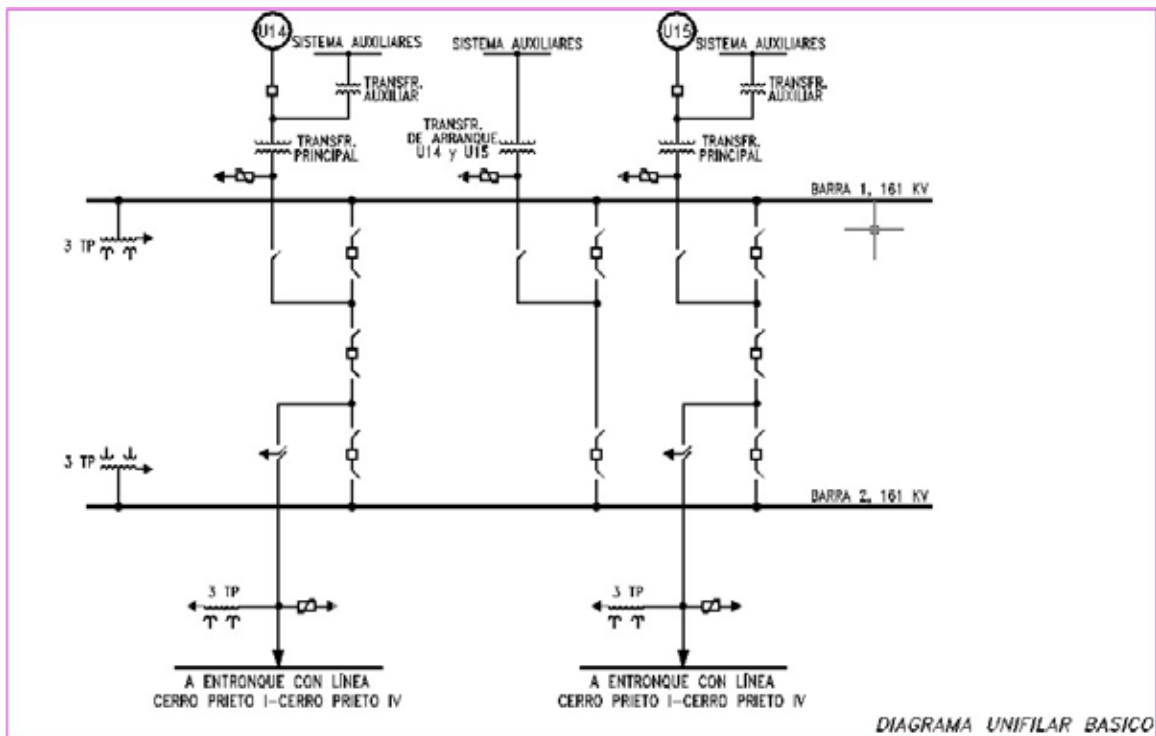


Figura II.9. Diagrama unifilar básico

II.2.1 Programa general de trabajo

El programa general de trabajo del Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V, se muestra mediante un diagrama de Gantt en el Cuadro II.16.

Cuadro II.16. Programa general de trabajo para el proyecto Cerro Prieto V																								
Obra o actividad	2007				2008				2009				2010				→	2037						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1	2	3	4			
Licitación (*)				■	■																			
Construcción						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
- Preparación del sitio						■																		
- Obras civiles							■	■	■	■														
- Montaje electromecánico											■	■	■	■										
Pruebas y puesta en servicio															■	■								
Operación y mantenimiento																	■	■	■	■	→	■	■	→

(*) Esta actividad incluye varias licitaciones: para la preparación de los sitios y para la construcción de las Unidades

II.2.2 Preparación del sitio

Durante la etapa inicial de preparación del sitio, se desarrollarán las actividades cuyas características principales se describen a continuación:

A. Desmante y despalme

- Las áreas en donde se establecerán la central (incluido el equipo periférico y auxiliar) y las instalaciones provisionales se encuentran prácticamente libres de vegetación, únicamente se llevará a cabo el desmante de pequeños manchones de vegetación secundaria, conformados básicamente por algunos ejemplares de pino salado (*Tamarix ramosissima*), huizapol (*Ambrosia chumosa*), cachanilla (*Pluchea sericea*) y tule (*Typha latifolia*), los cuales serán removidos manualmente, triturados y esparcidos para incorporar la materia orgánica al suelo aledaño a las instalaciones.
- El despalme se hará mediante la maquinaria adecuada; el acopio y carga con cargador frontal. El material representativo consiste en una arcilla café y café grisácea, de baja plasticidad y de consistencia blanda a firme; se estima remover un volumen aproximado de 9 000 m³, incluyendo el área de las unidades generadoras y las áreas correspondientes a la línea de conducción de vapor y canal de agua.

B. Excavación, compactación y/o nivelación.

- a) De acuerdo con los estudios geotécnico, geofísico y topográfico del sitio del proyecto (a nivel de selección de sitios), éste se alojará en terreno prácticamente plano, por lo que no habrá cortes y rellenos de gran magnitud, en cualquier caso, las plataformas se construirán compensando los cortes con los terraplenes para evitar realizar grandes movimientos de tierras. Las cimentaciones para los equipos e instalaciones de la central podrán ser superficiales o profundas dependiendo del peso los mismos y de su capacidad para sufrir asentamientos. Para el desplante de las cimentaciones se deberá efectuar la excavación hasta una profundidad mínima de 80 centímetros a partir del terreno natural, sobre los estratos de arcilla y arcilla arenosa que superficialmente se localicen en el área prevista. Para el desplante de las cimentaciones profundas, tipo pilas o pilotes, para las estructuras principales y pesadas, se desplantarán a una profundidad entre 12 m y 20 m de profundidad, dependiendo del estrato resistente con botes cilíndricos cortadores para desplantarse en una arena fina con finos no plásticos muy compacta. Las excavaciones para las cimentaciones se realizarán de acuerdo con el estudio básico de mecánica de suelos elaborado por la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE, con métodos que evitarán la sobre excavación y la erosión del terreno natural. El tipo de suelo soporta taludes verticales sin problemas, por lo que no se requerirán métodos especiales de excavación, compactación o nivelación para prevenir la erosión. Se realizarán las obras necesarias para garantizar el drenaje pluvial en sus plataformas, mediante pendientes en las losas de piso terminado, que será conducido a cunetas perimetrales en todas las áreas del proyecto, para posteriormente enviarlo a los cauces naturales del sitio. Todo esto considerando un nivel de plataforma de 9,00 msnm.
- b) Para las obras de nivelación y/o caminos respectivos, se requerirá de un volumen aproximado de 1 000 m³ de material, cuyo origen provendrá de bancos de material comerciales externos a la zona del proyecto.
- c) El volumen de material sobrante o residual que se estima generar durante el desarrollo de las actividades es de 2 000 m³, incluyendo el material de despalme y el material de excavación de las cimentaciones.

C. Cortes

Dado que el desnivel máximo en el área destinada para la construcción de la central Cerro Prieto V, es de aproximadamente 1 m, se prevé realizar únicamente los cortes necesarios para la nivelación del terreno natural, sobre el que se desplantarán las plataformas. La nivelación se podrá llevar a cabo mediante un tractor o motoconformadora. Las áreas niveladas se compactarán posteriormente mediante un rodillo liso vibratorio de 7,5 t de peso estático mínimo.

D. Rellenos

- a) Para los rellenos requeridos se utilizará, en primera instancia el material proveniente de los cortes que se realicen en otros sitios del predio destinado para la central, una vez que se haya retirado el material producto del de despalme. En caso de requerirse material adicional, éste será de los bancos autorizados de la zona.
- b) Los bancos de materiales comerciales factibles de utilizar para el relleno, serán los ya existentes y autorizados por las autoridades municipales.
- c) El volumen estimado de relleno con materiales del sitio será de aproximadamente 22 500 m³, que será cargado con cargador frontal para ser trasladado desde el sitio de corte hasta el de relleno en camiones de volteo de 6 a 7 m³.
- d) El material de relleno será depositado en el sitio en forma de camellón, después de lo cual será extendido con motoconformadora y compactado al 98% Proctor.

E. Dragados

Ninguno de los predios se ubica en áreas donde existan cuerpos de agua importantes, por lo que no serán necesarias obras de dragado.

F. Desviación de cauces

El predio no se ubica en áreas donde existan cauces de agua ni escurrimientos superficiales intermitentes, por lo que no serán necesarias obras de desvío.

G. Estudio de mecánica de suelos

Para determinar las condiciones actuales y las características estratigráficas del subsuelo en el área del Proyecto Geotérmico Cerro Prieto V y para proporcionar las recomendaciones geotécnicas generales a considerar en el diseño y construcción de las cimentaciones de las estructuras que soportarán a los equipos, la Comisión Federal de Electricidad, a través de la Gerencia de Ingeniería Experimental y Control (CFE-GIEC), llevó a cabo un estudio de mecánica de suelos que comprendió los trabajos de campo, de laboratorio y las recomendaciones que se describen a continuación.

Trabajos de campo

Estos trabajos consistieron en recorridos de inspección superficial por el área que ocupará la central y en una campaña de exploración directa mediante tres sondeos mixtos, los cuales se combinó la prueba de penetración estándar y la extracción de muestras inalteradas con tubo Shelby. Con la prueba de penetración estándar, además de obtener muestras representativas, se obtuvo la resistencia a la penetración, en número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador. En los tres sondeos se alcanzó una profundidad promedio de 20,3 m. En la Figura II.10 se muestra la ubicación de los sondeos realizados.

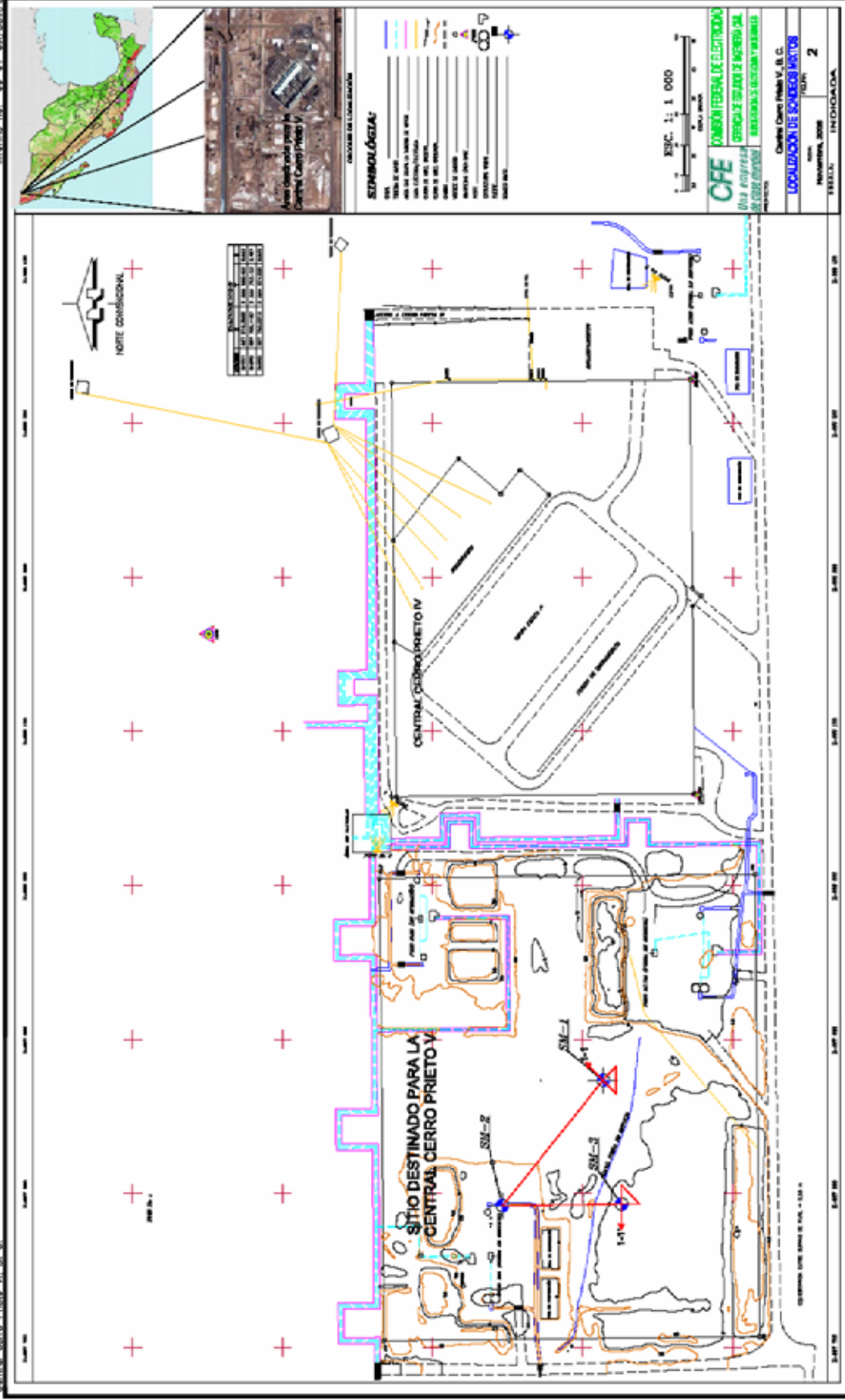


Figura II.10. Localización de sondeos mixtos realizados para la mecánica de suelos

Trabajos de laboratorio

Todas las muestras de suelo obtenidas durante los trabajos de campo fueron trasladadas al Laboratorio del Departamento de Mecánica de Suelos de la Gerencia de Ingeniería Experimental y Control de CFE en la ciudad de México, en donde se obtuvo el contenido natural de agua y su clasificación de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Adicionalmente en muestras seleccionadas, se realizaron las pruebas siguientes:

- Límites de consistencia (líquido y plástico), LMS-L03-R3 (NMX-C-416-2003).
- Determinación del porcentaje de finos, LMS-L44-R3.
- Compresión triaxial consolidada no drenada con medición de presión de poro (CU), LMS-L23-R1.
- Consolidación unidimensional, LMS-L28-R0.
- Cloruros, sulfatos y pH.

Del análisis de los resultados de los trabajos de campo y laboratorio, se generó un modelo estratigráfico general del subsuelo, se determinó la capacidad de carga del terreno, se estimaron los asentamientos máximos de las estructuras y se emitieron las recomendaciones generales de diseño y construcción, mismos que se describen a continuación:

Descripción estratigráfica

Con base en la interpretación de los resultados de los trabajos de campo y de laboratorio realizados se definieron básicamente tres depósitos de suelo con las características siguientes:

- Superficialmente y hasta una profundidad que varía entre 3 y 4 metros, existen intercalaciones de arcilla y limos en ocasiones arenosos, de baja plasticidad cuya consistencia varía desde blanda hasta firme así mismo se encontraron arcillas y limos no plásticos de consistencia media intercalada con estratos o vetas de arena fina de compacidad media.
- Subyaciendo al depósito anterior y hasta profundidades variables entre 8,50 y 11 m, se encuentran arcillas y limos de baja plasticidad y consistencia media a dura.
- Bajo los depósitos anteriores y hasta la máxima profundidad explorada de 24,5 m, se encontraron estratos de arena fina cuya compacidad varía de media a muy compacta. En ocasiones y especialmente entre los sondeos SM-2 y SM-3, pueden encontrarse intercalados o mezclados con estratos de arcilla y limo no plásticos de consistencia dura a muy dura.
- El nivel de aguas freáticas (NAF) en el área en estudio se registró a profundidades variables entre 1,7 m (SM-2) y 2,5 m (SM-3).

Capacidad de carga y recomendaciones generales de diseño

Se propone resolver la cimentación de las estructuras de la manera siguiente:

Estructuras ligeras

Para estructuras y equipos tales como interruptores, pararrayos, casetas, se podrá emplear cimentación superficial (zapatas aisladas unidas con trabes de liga o zapatas corridas), desplantadas a una profundidad mínima de 0,8 m, sobre terreno natural, diseñadas para una presión de contacto máxima admisible de 50 kPa.

Estructuras principales pesadas y medianas

Todas aquellas estructuras que se consideren susceptibles de asentamientos diferenciales, deberán cimentarse mediante pilotes hincados o pilas coladas en el sitio; los pilotes desplantados a 12 m y las pilas a 20 m de profundidad. En ambas soluciones los elementos deberán quedar desplantados en arena fina con finos no plásticos muy compacta. En los Cuadros II.17 y II.18 se muestra la capacidad de carga calculada para las cimentaciones profundas.

Cuadro II.17. Capacidades de carga admisibles en pilotes de sección cuadrados					
Sección (D) m	Longitud (Lp) m	Admisible por Punta (QP) adm kN *	Admisible a la compresión por fricción (Qf) kN	Admisible a la compresión (Qt) kN **	Admisible a la tensión (Qt) adm kN **
0,3 x 0,3	12	422	198	603	172
0,4 x 0,4	12	755	264	989	273
0,5 x 0,5	12	1030	329	1313	305

Cuadro II.18. Capacidades de carga admisibles de pilas					
Sección (D) m	Longitud (Lp) m	Admisible por Punta (QP) adm kN *	Admisible a la compresión por fricción (Qf) kN	Admisible a la compresión (Qt) kN **	Admisible a la tensión (Qt) adm kN **
0,6	20	1128	419	1464	320
0,8	20	1422	559	1834	464
1	20	1765	699	2233	627
1,2	20	2157	838	2662	807

Notas:

* Restringida a 3 cm de asentamientos

** Considerando el peso del pilote

Asentamientos

Los máximos asentamientos de las estructuras principales, cimentadas con pilas o pilotes en arena fina con finos no plásticos muy compacta, se estimaron en 3 cm y se presentarán principalmente en la etapa de construcción.

Recomendaciones generales de construcción

Cimentación superficial

- Los taludes de las cepas podrán ser verticales siempre y cuando se mantengan poco tiempo abiertas y se evite el escurrimiento de agua sobre éstos.
- El relleno de las cepas de zapatas, podrá ser un suelo granular con tamaño de partículas máximo de 7,6 cm de diámetro, finos de baja plasticidad y en un porcentaje no mayor del 40%.
- La compactación se realizará como mínimo al 95% de su peso volumétrico seco máximo con el contenido de agua óptimo correspondiente a la prueba Proctor estándar CFE con una energía de compactación igual a 7,3 kg cm/cm³. La compactación se realizará en capas de 15 cm de espesor máximo en estado suelto, con el contenido de agua óptimo y con el número de pasadas necesarios de un compactador neumático (bailarina), para alcanzar la compactación recomendada.
- Una vez alcanzado el nivel de desplante de la cimentación, se colocará una plantilla de concreto pobre de 5 cm de espesor, con la finalidad de proporcionar una superficie de trabajo limpia.
- No se deberá desplantar ninguna estructura o ninguna cimentación, parcialmente en relleno y parcialmente en terreno natural para evitar asentamientos diferenciales que puedan dañar a las estructuras.

Cimentación profunda

- Se deberá asegurar que la pila o pilote, quede desplantado sobre un espesor mínimo de arena compacta igual a cuatro veces el diámetro o lado del elemento de cimentación.

Pilotes hincados

Durante la construcción e hincado de los pilotes de concreto reforzado, se deberá considerar lo siguiente:

- La separación mínima de pilotes será tres veces el diámetro.

- Los pilotes se proyectarán con 1 m más de longitud que la teórica necesaria. Esta longitud adicional se demolerá después del hincado y el acero descubierto se ligará al dado de la cimentación.
- Se deberá seleccionar el método constructivo que garantice la localización precisa de la perforación, la verticalidad de éste, que el suelo adyacente a la excavación se altere lo menos posible, que contenga y conserve las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.
- Para el hincado se utilizará un martillo Delmag 36 ó similar.
- Los pilotes se hincarán en una perforación previa con un diámetro menor que 0,75 del correspondiente al pilote. Dicha perforación llegará hasta 1,5 m por arriba de la profundidad de desplante. La perforación se realizará con extracción del material, ademándola con lodo bentonítico. El diámetro y profundidad de la perforación, se deberá revisar en campo durante el hincado de los primeros pilotes.
- Durante cada perforación se deberá verificar la verticalidad de las paredes. Se pueden hacer comprobaciones rápidas, colocando un nivel sobre la barra perforadora.
- El hincado se suspenderá al alcanzar la profundidad de desplante especificada o una especificación de rechazo de 2,5 cm en 10 golpes.
- Se deberá llevar un registro durante el hincado de cada pilote, anotando principalmente; tipo y características del equipo de hincado, identificación del pilote y su localización, verificación de verticalidad a intervalos regulares durante su instalación, número de golpes y su correspondiente desplazamiento vertical, causas y duración de interrupciones durante su hincado, y comportamiento de pilotes adyacentes en cuanto a su elevación y posición.

Pilas coladas en el sitio

Durante la construcción de las pilas de concreto reforzado, se deberá considerar lo siguiente:

- La separación mínima de pilas será tres veces el diámetro.
- Se deberá seleccionar el método constructivo que garantice: la localización precisa de la perforación, la verticalidad de éste, que el suelo adyacente a la excavación se altere lo menos posible, que se obtenga una excavación limpia que contenga y conserve las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.
- Durante cada perforación se deberá verificar la verticalidad de las paredes. Se pueden hacer comprobaciones rápidas, colocando un nivel sobre la barra perforadora.

- Se alcanzará la profundidad necesaria para empotrar estructuralmente la pila; cuidando de alterar lo menos posible el suelo al nivel de desplante.
- Al término de la excavación deberá verificarse que no existan azolves en su fondo que puedan afectar el comportamiento de la pila.
- El colado de las pilas deberá ser continuo, evitando interrupciones que pudieran ocasionar juntas frías.
- El colado se hará con tubo Tremie, iniciando desde el fondo de la excavación y verificando que en todo momento el tubo se encuentre sumergido al menos 1 m en concreto fresco.
- Deberá llevarse un registro cuidadoso de la construcción de las pilas, anotando principalmente: la ubicación de la pila, fecha de colado, verificación de verticalidad en intervalos regulares y profundidad de desplante.
- Se deberá seleccionar el método constructivo que garantice: la localización precisa de la perforación, su verticalidad, que el suelo adyacente a la excavación se altere lo menos posible, que se obtenga una excavación limpia y que contenga y conserve las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.

Como un procedimiento alternativo al arriba descrito, que disminuye grandemente los tiempos de colado se podrá usar el de "pilas de barrena continua" o similar, ya que perfora, adema y coloca el concreto simultáneamente. Además, cuenta con la ventaja de que el colado de concreto se efectúa con una presión controlada, lo que causa que la capacidad de carga por fricción aumente en un cierto porcentaje.

II.2.3. Etapa de Construcción

Procedimiento general de construcción

Los trabajos de construcción serán iniciados con actividades topográficas de deslinde y trazo de las áreas en que serán ubicadas las diferentes instalaciones. Será necesaria la construcción de una plataforma de terracería en las que el nivel 0,00 (cero-cero) será definido de acuerdo con la topografía del sitio. Inicialmente será necesario despallar el terreno para remover la capa de arcilla arenosa o limosa que se estima sea de 10 cm, con el uso de la maquinaria adecuada.

Para la construcción de la plataforma de las dos Unidades de 50 MW se utilizará material de excavación de otros sitios del predio, llevándolo al nivel de compactación recomendado por el estudio geotécnico con el grado de humedad óptimo. En este trabajo se utilizarán retroexcavadoras, trascabos, camiones de volteo, motoconformadoras y compactadoras, en la

cantidad y de la capacidad requerida por el volumen de material a mover en los frentes de trabajo, de acuerdo con el programa de construcción.

Para la construcción de cimentaciones se ejecutarán excavaciones a cielo abierto utilizando material manual o con retroexcavadora, con profundidades variables, dependiendo de las dimensiones de las cimentaciones o bien, botes cortadores para las cimentaciones con pilas. El material producto de las excavaciones será utilizado para rellenar las cimentaciones y partes bajas del predio; los excedentes se llevarán a lugares de depósito final que cumplan con las regulaciones ambientales y donde la autoridad correspondiente lo autorice. Las cimentaciones y estructuras de concreto serán construidas con los métodos convencionales, previamente armadas con acero de refuerzo y cimbradas con cimbra metálica o de madera, para posteriormente proceder al colado utilizando una planta dosificadora de concreto en el sitio.

Se utilizarán también revolvedoras de concreto de las capacidades requeridas por cada colado, vibradores de concreto y herramientas propias para habilitado de cimbras, colados y descimbrados. En la colocación de acabados se utilizará herramienta menor.

Los equipos y tuberías en áreas exteriores serán soportados por cimentaciones de concreto; donde se requiera, para alcanzar las alturas de los equipos; las tuberías serán soportadas por estructuras metálicas.

Para el montaje de los equipos, turbogeneradores, transformadores, torre de enfriamiento, estructuras de acero, tuberías y equipo menor, se utilizarán grúas y malacates de la capacidad requerida para cada maniobra, peso de los elementos y equipo a colocar. También se utilizarán soldadoras para los trabajos de conexión de estructuras, pailería y soportes diversos.

Para las vialidades interiores de la central se colocará una sub-base y una base de rodamiento, de acuerdo con lo indicado en el estudio geotécnico, utilizando maquinaria motoconformadora, compactadora o rodillos vibratorios, según se requiera.

Todas las actividades de construcción serán efectuadas aplicando los procedimientos establecidos para tal fin, siempre cumpliendo con las restricciones ambientales de acuerdo básicamente con la normativa para ruido, emisiones a la atmósfera por motores de combustión interna, generación de polvos, manejo de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos y aguas residuales.

Cimentaciones y edificios

Los turbogeneradores, condensadores y demás equipos serán instalados sobre cimentaciones de concreto reforzado. Debido a que el terreno alrededor del sitio no es muy firme, será necesario usar pilotes u otro tipo de trabajos para reforzar las cimentaciones de la casa de máquinas y otros equipos pesados.

Los trabajos de considerados para la obra civil son los siguientes:

- Casa de máquinas
- Cimentaciones de equipos electromecánicos
- Pileta torre de enfriamiento
- Cuarto de control
- Cuarto eléctrico
- Cuarto de relevadores
- Laboratorio químico
- Instalaciones del sistema de enfriamiento
- Cimentación del tanque de agua cruda
- Cimentaciones equipos exteriores
- Cimentaciones de transformadores
- Cimentaciones de subestación elevadora
- Almacén temporal de residuos peligrosos
- Cimentaciones de secador
- Cimentaciones de tuberías de vapor
- Cimentaciones de venteo de gases incondensables
- Cerca perimetral
- Caseta de vigilancia

La casa de máquinas será construida con estructura de acero y exteriores y techumbre de paneles de aluminio. En ella se alojará el turbogenerador, grúa viajera y equipo auxiliar.

Descripción de las obras permanentes

Las características de las principales obras de carácter permanente para la generación, transformación y distribución de energía eléctrica que conforman el proyecto, se describen a continuación:

- Central Cerro Prieto V

La central Cerro Prieto V se instalará en un área de 17 ha (300 x 250 m) rodeada de una cerca perimetral de malla de acero galvanizada que albergará a dos unidades de 50 MW cada una. Las áreas principales que se localizan dentro de la cerca perimetral de la central son:

- Casa de máquinas y subestación elevadora

La casa de máquinas ocupará un área de aproximadamente 1 600 m² (100 x 16 m), conteniendo dos equipos turbogeneradores de 50 MW cada una, dependiendo del ofertante ganador el grupo turbogenerador podrá ser del tipo modular, colocado a nivel de piso de cada unidad o montada en pedestal, con el condensador acoplado directamente bajo el turbogenerador. Contará además con grúa viajera y área de mantenimiento común a las dos unidades, así como un área anexa del orden de 900 m² (100 x 9 m) para los cuartos de control, de tableros eléctricos y de servicios de

las dos unidades. Externo a la casa de maquinas se tendrán los dos condensadores para el caso de turbinas modulares, las bombas de condensado, los secadores de vapor, los equipos de extracción de gases, las tuberías y accesorios para alimentación de vapor y agua de enfriamiento y demás equipo auxiliar. Adicionalmente, se tendrá un área de 7 800 m² (65 x 120 m) para la subestación eléctrica elevadora, que contendrá el transformador principal y los auxiliares, el transformador de arranque, interruptor, cuchillas, apartarrayos y demás equipo eléctrico auxiliar.

La casa de máquinas será construida de estructura metálica recubierta con lámina, soportada por una cimentación de concreto de zapatas aisladas o continuas y losa de piso terminado de concreto. Los cuartos de control, de tableros eléctricos y de servicios serán construidos de zapatas, columnas y losas de concreto, con muros de tabique o de material prefabricado. La subestación eléctrica será construida de estructura metálica para los marcos soporte de cables y de concreto para los soportes de equipo; el piso tendrá acabado de balasto (grava).

Torres de enfriamiento: las unidades del tipo a condensación requieren de torres de enfriamiento, construidas con una pileta de concreto y la torre fabricada con madera sometida a un tratamiento químico. La superficie que ocuparán las torres de enfriamiento para las unidades de 50 MW es de aproximadamente 980 m² (14 x 70 m).

- Línea de transmisión de 161 kV

Para interconectar la energía eléctrica que genere la central al Sistema Eléctrico Baja California, se tenderá una línea de transmisión de 161 kV, de doble circuito y con cable desnudo calibre No 900 KCM del tipo ACSR de aproximadamente 1 500 m de longitud, mediante 8 estructuras de acero (torres).

- Línea de distribución de 13,8 kV

Para dotar la energía eléctrica de respaldo que requiere la central, se tenderá una línea de distribución de 13,8 kV de aproximadamente 500 m, con aisladores apropiados para un nivel de tensión de 23 kV y con cable desnudo calibre No. 1/0 AWG del tipo ACSR, mediante 8 postes de madera.

- Vapoductos

La longitud total de los vapoductos fuera de la cerca perimetral se estima en 18 m; ya que sólo se requiere el tramo que conduzca el vapor del Ramal 1 existente hasta la cerca perimetral. Serán construidos de acero al carbono, recubiertos con aislamiento térmico y soportados a intervalos regulares en función de su diámetro. Se estima que se requerirán dos soportes de 9 m² cada uno (18 m²).

- Canales de desalojo de aguas residuales geotérmicas

El canal de agua necesario para desalojar los condensados de las dos unidades de 50 MW será construido de concreto, con un perfil trapezoidal que facilite las maniobras de limpieza del canal y desarrollará una longitud de 130 m aproximadamente desde la cerca perimetral hasta su conexión con el canal principal del campo geotérmico. Tendrá un ancho de 2 m y abarcará un área total de 260 m².

- Camino de acceso a la central

El camino de acceso a la central será paralelo a la cerca perimetral sur de Cerro Prieto IV, será asfaltado, con un ancho de 7 m y una longitud de 300 m aproximadamente.

II.2.4. Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

Debido a la cercanía del sitio del proyecto a zonas urbanas, no se requerirá instalar un campamento. Dentro del área destinada a las instalaciones provisionales (18 325 m²), se construirán las obras siguientes:

Obras provisionales

- Almacenes

Se tienen considerados los almacenes siguientes:

Almacén de materiales de construcción tales como cemento, mortero, madera para cimbra, acero de refuerzo, acero estructural, malla ciclónica, malla electro-soldada, láminas, etc.

Almacén de materiales peligrosos como acetileno, oxígeno, pinturas, solventes, etc.

Almacén para resguardo de equipos e instrumentación.

Almacén temporal de residuos peligrosos.

- Talleres

Se tendrán talleres para maquinaria y equipo tales como camión con grúa de 3 t, camión de volteo, compresor, compactador vibratorio autopropulsado, motoconformadora, camioneta de estacas, grúa sobre oruga, grúa sobre camión, camión con plataforma, máquinas de soldar, equipo para pintura, etc.

Estos talleres, al igual que los almacenes, serán construidos a base de estructura metálica, con techos y muros de multipanel sobre piso de concreto.

- Planta de concreto

Para evitar el traslado de concreto por periodos prolongados, se requiere del espacio necesario para instalar una planta dosificadora de concreto en el sitio de la obra.

- Oficinas

Las oficinas provisionales para la supervisión de la obra serán construidas de muros y techos de multipanel sobre piso de concreto, incluyendo un área de enfermería para primeros auxilios y emergencias (puesto de fábrica). En todos los casos, las estructuras, muros y techos serán retirados al final de las obras y los pisos de concreto serán demolidos y se restaurará el área.

- Patio de servicios

Se contará con un patio de servicio para carga y descarga de materiales y equipos.

- Comedores

Se prevé la construcción de dos comedores para el personal de supervisión de las obras (CFE) y para los obreros (contratista). Dichos comedores serán construidos a base de estructura metálica, con techos y muros de multipanel sobre piso de concreto.

Todas las instalaciones provisionales tendrán servicios sanitarios adecuadamente acondicionados. En los frentes de obra se instalarán letrinas portátiles. Para el manejo y disposición de los residuos sanitarios que se generen, la compañía contratista que realiza la obra contratará a una empresa autorizada para prestar este servicio, quienes los transportarán a un sitio autorizado por las autoridades municipales para su disposición final.

Debido a la cercanía de los centros de abastecimiento de combustible, no se tienen contempladas obras especiales para su almacenamiento. Durante la etapa de construcción, el combustible necesario para la operación de la maquinaria será distribuido todos los días en los frentes de trabajo por un vehículo de carga, acondicionado con tambos de 200 litros de capacidad cada uno, el cual se surtirá en cualquiera de los ejidos vecinos al campo geotérmico Cerro Prieto.

Actividades provisionales

Los cambios de lubricantes y reparación de maquinaria y equipo se harán en los talleres de los ejidos vecinos al campo geotérmico Cerro Prieto.

Debido a que el terreno donde se planea construir el proyecto es relativamente plano y a que se requiere mejorar el tipo de suelo, no se contempla la apertura de bancos de préstamo lateral de material. El material que se adicione será traído de bancos comerciales de material, externos al campo geotérmico.

Se contará con un área específica para almacenar los residuos no peligrosos, como son los siguientes:

- Materiales de construcción, dentro de los que se incluyen cascajo y escombros generados por el proceso de edificación, estos materiales se desmenuzarán, se transportarán y depositarán que cumpla con los requerimientos ambientales vigentes, previa autorización de la autoridad municipal correspondiente.
- Los materiales de desperdicio metálicos tales como pedazos de placa, alambre, varilla, lámina, etc., serán retirados del sitio para su posterior reciclado.

Para el manejo de los residuos peligrosos, se contratará una empresa especializada y autorizada para su recolección, traslado y disposición final en un sitio autorizado; mientras tanto, se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos, el cual cumplirá con los lineamientos establecidos en la normativa ambiental correspondiente; este almacén alojará temporalmente residuos como son los siguientes:

- Estopas impregnadas con grasa y soluciones limpiadoras, generadas durante el mantenimiento de equipo pesado y vehículos automotores, las que se almacenarán temporalmente en recipientes y sitios específicos para su disposición adecuada.
- Baterías automotrices, las que serán almacenadas en recipientes y sitios específicos para su reciclaje a través de los distribuidores de las mismas.
- Aceites lubricantes contaminados, producto de mantenimientos emergentes de equipo pesado, los cuales se reciclarán a través de una empresa especializada.
- Materiales impregnados con solventes y pinturas.

Las obras y actividades provisionales antes mencionadas se realizarán en los predios previstos para ellas, cuyas áreas estimadas de ocupación se indican en el Cuadro II.19.

Cuadro II.19	
Distribución de áreas para obras provisionales	
Obra provisional	Área (m²)
Almacén de materiales de construcción	3 500
Almacén de equipo e instrumentación	500
Almacenes temporales de residuos peligrosos y no peligrosos	500
Talleres para maquinaria y equipo	3 000
Patio de servicio y almacenamiento	5 500
Comedores	725
Oficinas y enfermería	2 100
Planta dosificadora de concreto	2 500
Total	18 325

II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento

Tipo de servicios y/o reparaciones en las instalaciones

Durante la etapa de operación del proyecto se programarán mantenimientos periódicos para las unidades generadoras, los cuales consistirán principalmente en la verificación y revisión del estado físico de cada uno de los sistemas y equipos componentes de las instalaciones, con el fin de garantizar su conservación y operación en forma adecuada, manteniendo así la continuidad en el suministro de la energía eléctrica. En el Cuadro II.20 se muestran los tipos de mantenimiento requeridos, su objetivo y periodicidad.

Cuadro II.20 Mantenimientos requeridos para las unidades de generación		
Tipo	Objetivo	Período
Mantenimiento preventivo	Evitar las interrupciones de la generación eléctrica de las unidades, mejorando la calidad y continuidad de la operación. Es consecuencia de las inspecciones programadas.	Cada 6 meses
Mantenimiento correctivo	Es el que se realiza en condiciones de emergencia de aquellas actividades que quedan fuera del control del mantenimiento preventivo, buscando tener recursos a fin de lograr el menor tiempo de interrupción. Este tipo de mantenimiento no es deseable, ya que afecta los índices de disponibilidad de las unidades generadoras.	No determinado
Mantenimiento predictivo	Combinar las ventajas de los dos tipos de mantenimiento anteriores, para lograr el mismo tiempo de operación segura y eliminar el trabajo innecesario. Exige mejores técnicas de inspección y medición para determinar las condiciones de las unidades generadoras, con un control más riguroso que permita la planeación correcta para efectuar las inspecciones y pruebas verdaderamente necesarias.	Cada 12 meses

Emisiones y control de residuos

En el Cuadro II.21 se muestra el tipo de emisiones que se tendrán durante la operación y mantenimiento del proyecto, así como las medidas para su manejo y control. En la sección II.2.9 se describen con más detalle las tecnologías utilizadas para el manejo y control de los residuos y emisiones.

Cuadro II.21 Emisiones y control de residuos	
Tipo de residuo	Medidas de control
Emisiones de gases incondensables a la atmósfera.	Para reducir las emisiones de H ₂ S se utilizarán condensadores de contacto directo y torre de enfriamiento, que mediante el contacto con el agua y las características químicas del condensado, parte del H ₂ S es atrapado y oxidado a sulfato en un elevado porcentaje (alrededor del 50% del H ₂ S es transformado a sulfato). Adicionalmente, se utilizará la red de monitoreo continuo que se encuentra operando en el campo geotérmico.
Emisiones de ruido.	Utilización de silenciadores para reducirlo a niveles permisibles.
Aguas residuales de proceso.	Se conducirán a laguna de evaporación la totalidad de las aguas residuales geotérmicas por medio del sistema de canales de conducción y, de ahí, regresarlas al yacimiento mediante pozos reinyectores.
Aguas residuales sanitarias.	Se enviarán a una de las plantas de tratamiento de lodos activados (aireación extendida) ya existentes en el campo geotérmico.
Residuos peligrosos.	Manejo de conformidad con la normativa federal en materia de residuos peligrosos (recolección, envasado, identificación, almacenamiento temporal, transporte y disposición final).
Residuos no peligrosos.	Manejo de conformidad con la normativa municipal en la materia (recolección y disposición final).

Control de malezas y fauna nociva

No se tiene previsto realizar tareas de control de malezas y fauna nocivas, en todo caso no se utilizarían pesticidas ni herbicidas para su control.

II.2.6. Descripción de obras asociadas al proyecto

No habrá obras asociadas a este proyecto geotermoeléctrico.

II.2.7. Etapa de abandono del sitio

Debido a que el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se considera de vida útil permanente, no se requiere de un programa de abandono del sitio, ya que en su momento, sólo se renovarían las unidades generadoras.

II.2.8. Utilización de explosivos

En ninguna de las etapas o actividades de las obras de que consta el proyecto geotermoelectrico Cerro Prieto V, se utilizarán explosivos.

II.2.9. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

Generación de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos que se generarán en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto geotermoelectrico Cerro Prieto V, se muestran en el Cuadro II.22.

Cuadro II. 22				
Residuos peligrosos que se generarán en las etapas de preparación del sitio y construcción				
Nombre del residuo	Característica CRETIB	Cantidad	Tipo de empaque	Sitio de disposición final
Material impregnado con grasas o aceites	I	520 kg	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Filtros usados	R, T	880 kg	Tambos etiquetados	Venta para reciclamiento
Recipientes impregnados con pinturas	I, T	180 kg	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Recipientes impregnados con aceite lubricante	I, T	360 kg	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Baterías	C, T	15 pzas	Apiladas	Venta para reciclamiento
Aceite lubricante usado	I, T	13 250 L	Tambos de 200 L y etiquetados	Venta para reciclamiento

Notas:

1. Características CRETIB: C= corrosividad, R= reactividad, E= explosividad, T= toxicidad, I= inflamabilidad, B= biológico infeccioso.
2. Ninguno de los residuos sólidos manejados durante la preparación del sitio y construcción del proyecto tiene propiedades como cancerígeno o que provoque otro tipo de daños a la salud.
3. Todos los residuos peligrosos generados son transportados a sus sitios de depósito definitivo en vehículos que cumplen con los requisitos establecidos por la normatividad aplicable.
4. Las cantidades indicadas corresponden al total esperado durante todas las etapas de preparación del sitio y construcción.

Todos los residuos peligrosos serán almacenados dentro del predio, en un almacén temporal de residuos peligrosos, cuyo diseño cumpla con lo establecido en los artículos 15 y 16 del Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos. Las áreas de almacenamiento cumplirán con las siguientes condiciones:

- Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados.
- Estar ubicados en zonas donde se reduzcan los riesgos de emisiones, incendios, explosiones e inundaciones.
- Contar con muros de contención para materiales inflamables y fosas de retención para la captación de residuos o lixiviados.
- Los pisos deberán contar con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con una capacidad mínima de la quinta parte de lo almacenado.
- Contar con sistemas de extinción contra incendios.
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.
- Los frentes de los almacenes serán de malla ciclónica para mantener una adecuada ventilación.
- Se tendrán pasillos amplios para las maniobras y atención de posibles incendios y dispondrán de extintores tipo ABC.

Durante la etapa de operación de las unidades se generarán residuos peligrosos sólo durante los mantenimientos programados, que se estiman sean una vez al año, sin que necesariamente se requiera reemplazar el aceite de lubricación. El volumen estimado de éstos se muestra en el Cuadro II.23, los residuos generados serán almacenados temporalmente en el almacén de residuos peligrosos ubicado en un sitio estratégico que facilite su recolección y transporte desde los sitios de generación hasta el citado almacén, posteriormente serán transportados por una empresa autorizada a un sitio de confinamiento o disposición final.

Cuadro II.23				
Residuos peligrosos que se generarán durante la etapa de operación				
Nombre del residuo	Característica CRETIB	Cantidad	Tipo de empaque	Sitio de disposición final
Material impregnado con grasas o aceites lubricantes	I	700 kg	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Solventes usados	E, I, T	ND	Tambos etiquetados	Confinamiento autorizado
Baterías	C, T	ND	Apiladas	Venta para reciclamiento
Aceite lubricante usado	I, T	5 200 l	Tambos de 200 l y etiquetados	Venta para reciclamiento

Notas:

1. Características CRETIB: C= corrosividad, R= reactividad, E= explosividad, T= toxicidad, I= inflamabilidad, B= biológico infeccioso.
2. Ninguno de los residuos sólidos manejados durante la preparación del sitio y construcción del proyecto tiene propiedades como cancerígeno o que provoque otro tipo de daños a la salud.
3. Todos los residuos peligrosos generados son transportados a sus sitios de depósito definitivo en vehículos que cumplen con los requisitos establecidos por la normatividad aplicable.
4. Las cantidades indicadas corresponden a la generación esperada para una central de 25 MW durante un año de operación.

Generación de residuos no peligrosos

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto geotermoelectrico Cerro Prieto V, se generarán residuos no peligrosos, la cantidad y disposición final de éstos se muestra en el Cuadro II.24.

Cuadro II.24 Residuos no peligrosos que se generarán durante las etapas de preparación del sitio y construcción		
Nombre del residuo	Cantidad generada	Sitio de disposición final
Residuos de la construcción	ND	Se almacenarán en montículos y se manejarán de acuerdo con la normativa aplicable.
Residuos del despalme	ND	Se colocarán en montículos para ser utilizados posteriormente en la rehabilitación de las áreas que resulten afectadas y/o disposición en sitios autorizados.
Residuos de la excavación	ND	Se colocarán en montículos para ser utilizados posteriormente en la rehabilitación de las áreas que resulten afectadas y/o disposición en sitios autorizados.
Residuos sanitarios	ND	Una empresa especializada se encargará de la colecta y traslado de los residuos de las letrinas portátiles al lugar de disposición final que autoricen las autoridades municipales.
Basura doméstica	ND	Será puesta en tambos cerrados y etiquetados, para su transporte fuera del campo geotérmico hasta los sitios autorizados por el municipio.
Reciclables: cartón, madera, metal	ND	Se clasificarán y enviarán a centros de acopio autorizados por el municipio.

En la etapa de operación de la central también se generarán residuos no peligrosos, el tipo de residuo y su disposición final se presenta en el Cuadro II.25.

Cuadro II.25		
Residuos no peligrosos que se generarán durante la etapa de operación del proyecto		
Nombre del residuo	Cantidad generada	Sitio de disposición final
Basura doméstica	ND	Será puesta en tambos cerrados y etiquetados, para su transporte fuera de la zona del proyecto hasta los sitios autorizados por el municipio.
Reciclables: cartón, madera, metal	ND	La generación de este tipo de residuos es mínima por lo que se transportará fuera de la zona del proyecto hasta centros de acopio o sitios de disposición autorizados por el municipio.

Emisiones a la atmósfera

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se tendrán emisiones a la atmósfera de ruido y de gases de combustión interna por la operación de los vehículos automotores y la maquinaria que será utilizada para construir las obras del proyecto; asimismo, emisiones fugitivas de polvos por el transporte de materiales de construcción y residuos.

Para controlar dichas emisiones, todos los vehículos y maquinaria propiedad de CFE y de contratistas se someterán a revisiones y mantenimientos periódicos para asegurar el buen funcionamiento mecánico de los mismos; asimismo se, acatarán las disposiciones de las normas oficiales mexicanas siguientes:

- Norma oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-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.
- Norma oficial mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, 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.
- Norma oficial mexicana NOM-045-SEMARNAT-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.

Para reducir las emisiones fugitivas, todos los camiones deberán cubrir el material transportado con una lona de protección.

A los elementos que se emiten a la atmósfera en las etapas previas a la operación de la central, anteriormente descritas, se sumarán en esta etapa los gases incondensables que se extraen del subsuelo junto con el vapor. Una vez que el flujo másico de vapor, acompañado de los gases incondensables, cede su energía al ser transformada en electricidad, pasa al condensador, en donde de acuerdo con el diseño de éste y con las condiciones de operación, una porción se disuelve en el agua de enfriamiento. Sólo una fracción de los gases (la que no reacciona con otras especies químicas disueltas en el agua de enfriamiento) se descarga a la atmósfera a través de la torre de enfriamiento. La cantidad que no se absorbe se extrae del condensador, para finalmente, ser descargada a la atmósfera a través de los tubos de venteo y/o las chimeneas de los ventiladores de las torres de enfriamiento.

De los gases desprendidos a la atmósfera, solamente el H₂S, tanto por su olor característico a huevo podrido a muy bajas concentraciones, como por sus efectos tóxicos a altas concentraciones, modifica la calidad del aire ambiente, razón por la cual, a partir de 1991, se instalaron dos unidades semifijas y tres portátiles de medición de la concentración de H₂S en el aire ambiente, las dos primeras se ubicaron en los Ejidos Miguel Hidalgo y Oaxaca y las tres últimas dentro del campo geotérmico. Como consecuencia del incremento de H₂S depositado en la atmósfera con la integración de la central Cerro Prieto IV, a partir de 1998, se instalaron cinco estaciones fijas en los límites del predio del campo geotérmico, en las zonas urbanas de los ejidos Nuevo León, Michoacán de Ocampo, Miguel Hidalgo, Delta y Oaxaca, mismas que conforman la red de monitoreo de la calidad del aire que opera actualmente en el campo geotérmico.

En cuanto a las emisiones de H₂S a la atmósfera, se tiene que los gases incondensables que acompañan al vapor equivalen a un 1,6% en promedio; de éste, el 95% corresponde al CO₂, el 2,65 % al H₂S y el resto a otros gases. De acuerdo con estas cifras y con la cantidad de vapor extraído en 2006, se tiene que en ese año se descargaron a la atmósfera un total de 77 t/h de CO₂ y 1,20 t/h de H₂S, las que representan factores de emisión de 122 y 1,9 kg/h-MW instalado de CO₂ y H₂S, respectivamente. Con la entrada en operación del proyecto Cerro Prieto V (2 x 50 MW), el flujo másico de gases se incrementará en un 13%. No obstante que en México no se tiene una norma que establezca los límites máximos de emisiones de H₂S a la atmósfera, se ha tomado como valor de referencia el establecido por la Organización Mundial de la Salud, cuyo valor máximo es de 150 µg/m³ promedio en 24 horas. Las condiciones climatológicas en el campo geotérmico, propician la adecuada dispersión de H₂S en la atmósfera, así lo demuestran los resultados del programa de monitoreo de la calidad del aire establecido desde 1998 mediante la operación de las cinco estaciones de medición continua de dicho gas, y que en ningún momento se ha sobrepasado el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud.

Esta situación prevalecerá con la entrada en operación de los 100 MW adicionales del proyecto Cerro Prieto V, tal y como lo indican los resultados de la aplicación del modelo matemático de la

dispersión de contaminantes atmosféricos denominado Industrial Source Complex, ISC3, avalado por la Environmental Protection Agency (EPA) de los EU. El Todos los residuos no peligrosos (desechos sólidos) generados por las actividades propias del proyecto, se depositan en el relleno sanitario de Ciudad Hidalgo, Mich., con la autorización y verificación de la autoridad municipal competente. En el Anexo E se muestran evidencias documentales de esto, estudio de dispersión de H₂S realizado para el complejo geotermoeléctrico Cerro Prieto.

II.2.10 Manejo y/o disposición adecuada de los residuos

Los escasos residuos vegetales producto de los desmontes, serán triturados y esparcidos en los alrededores del predio del proyecto, para incorporación de la materia orgánica al suelo.

Previo al inicio de los trabajos, se dará a conocer a todo el personal de la empresa contratista la importancia de la separación y manejo de los residuos sólidos, para que al término de las jornadas diarias de trabajo, se realicen labores de limpieza; así mismo, se colocarán depósitos con tapa debidamente identificados, para depositar separadamente los diferentes tipos de residuos (envases, plásticos, cables, pedacería metálica y de madera), para su posterior envío a los centros de acopio y/o reciclaje o bien a los sitios de disposición final. Todos los residuos no peligrosos (desechos sólidos) generados por las actividades propias del proyecto, se dispondrán en los sitios de disposición que autorice la autoridad municipal competente.

Para mantener un estricto control de los residuos sanitarios en todas las etapas del proyecto, se instalarán sanitarios portátiles y/o letrinas para uso obligado de los trabajadores que demande la construcción de las obras; para el manejo de los residuos (recolección, transporte y disposición final), se contratarán los servicios de una empresa autorizada y se contará con la autorización de la autoridad municipal que corresponda. Durante la etapa de operación, las aguas residuales sanitarias se enviarán a una de las plantas de tratamiento biológico de aireación extendida que operan actualmente en el campo geotérmico.

En cuanto a las aguas residuales de proceso (condensados de vapor -excedentes de torres de enfriamiento y drenes de las turbinas-), estas se dispondrán mediante la laguna de evaporación y pozos de reinyección, para su reintegración al yacimiento geotérmico.

III VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL, Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO

III.1 Análisis de los instrumentos de planeación

Para determinar la congruencia del **Proyecto Geotermoelectrico Cerro Prieto V** con los instrumentos de planeación aplicables en la zona donde está programado su desarrollo, se consultaron y analizaron los planes y programas federales, estatales y municipales que tienen relación con el proyecto, partiendo de lo general a lo particular. A continuación se presenta la vinculación del proyecto con cada uno de los documentos analizados:

Este proyecto se encuentra regulado por los siguientes instrumentos de planeación:

A) Planes y programas de desarrollo

- Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006
- Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001 – 2006
- Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenamiento del Territorio 2001-2006
- Programa Sectorial de Energía 2001-2006
- Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2002-2007
- Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C. 2010
- Programa para mejorar la calidad del aire de Mexicali 2000-2005

B) Instrumentos de regulación de uso de suelo

- Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali
- Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- Regiones Terrestres Prioritarias
- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)

A) Planes y Programas de Desarrollo¹

Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006

En el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (PND), se establecen las políticas social, económica, interior y exterior que constituyen la plataforma y el marco en el cual se asienta y guía la acción del gobierno federal, así como los objetivos y estrategias derivados de las políticas

¹ Nota: Para desarrollar este capítulo se utilizaron los instrumentos de planeación vigentes al momento (2001-2006) debido a que no han sido publicados los documentos de la nueva administración federal.

antes mencionadas. Las estrategias se desarrollan en tres áreas de la administración pública federal: 1) Desarrollo social y humano; 2) Crecimiento con calidad; y 3) Orden y respeto.

En el área de Desarrollo Social y Humano, los objetivos están orientados a incrementar la satisfacción de las necesidades básicas y la calidad de vida de los mexicanos; fortalecer la cohesión social de las colectividades y lograr un desarrollo social y humano en armonía con la naturaleza. Respecto al área de Crecimiento con Calidad, los objetivos establecidos buscan conducir responsablemente la marcha económica del país, elevar y extender la competitividad de la economía, asegurar el desarrollo incluyente, promover el desarrollo social equilibrado y crear las condiciones óptimas para un desarrollo sustentable.

Para alcanzar los objetivos establecidos, se considera que la infraestructura y los servicios públicos son factores clave para mejorar la competitividad de los sectores económicos y para elevar la productividad en general.

Al respecto, la energía eléctrica es un bien que se encuentra estrechamente ligado a los estándares de la vida moderna y su aplicación es notablemente variada, tanto en el ámbito doméstico comercial como en el industrial. En este sentido, la geotermia es un recurso natural que permite generar energía eléctrica en forma limpia y de bajo costo.

En el caso específico del sector energético, el PND indica la necesidad de contar con una regulación moderna y transparente que garantice la calidad en el servicio, así como precios competitivos. Para ello, se considera necesario:

- Promover la participación de empresas en los proyectos de infraestructura energética;
- Crear infraestructura y servicios públicos de calidad, que permitan 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;
- Garantizar la sustentabilidad ecológica del desarrollo económico en todas las regiones del país.

El análisis de la información sectorial, permite identificar para el Área Baja California una demanda de energía promedio en los últimos 8 años de 8,12%, y para la zona de Mexicali, centro cercano al proyecto, la demanda promedio en el mismo período es de 4,95%. Así mismo, la demanda futura para el 2010 se estima en 6,47% para el Área Baja California, y en 6,11% para la zona de Mexicali.

De acuerdo con lo señalado y con base en las características del Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V, se considera que:

- Tiene por objetivo satisfacer parte de la demanda regional de energía eléctrica en corto plazo;

- Su diseño contempla el uso de sistemas de alta tecnología que permitirán cumplir con la normativa ambiental y reducir la probabilidad de fallas en el suministro de energía a consumidores.

Por lo antes expuesto se considera que el Proyecto **no** se contrapone con los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, y es compatible con ellos ya que:

- Incrementará los servicios de energía eléctrica en el ámbito regional y nacional.
- El incremento en los servicios de energía eléctrica favorecerá una mejor calidad de vida para los habitantes de la región, ya que tendrán un servicio eficiente y suficiente.
- Coadyuvará a mantener la dinámica del crecimiento económico regional y nacional, ya que permitirá generar flujos de electricidad eficaces y suficientes, que permitirán cubrir la demanda requerida.
- Contribuirá a garantizar la sustentabilidad ecológica del desarrollo económico en la región, ya que de acuerdo con la información proporcionada, su diseño contempla el uso de sistemas de alta tecnología para el control de emisiones a la atmósfera, manejo y control de residuos sólidos y líquidos, que permitan cumplir con la normativa vigente en materia ambiental.

Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001 – 2006 (PNMARN)²

En el capítulo de la sustentabilidad en el nuevo gobierno del PNMARN, se reconoce que la energía desempeña un papel crucial en el crecimiento económico y mejoramiento de la calidad de vida de la población. La explotación racional de los recursos naturales con fines energéticos, así como una mayor eficiencia en todos los eslabones que componen las cadenas de abastecimiento y el empleo de fuentes renovables y de tecnologías limpias, contribuyen a mitigar el inevitable impacto ambiental de la producción y consumo de energía.

En las últimas dos décadas, el sector energético ha estado influenciado por tres factores fundamentales: a) las limitaciones presupuestarias; b) la asignación prioritaria de los escasos recursos disponibles a proyectos de mayor rentabilidad; y, c) la búsqueda de acciones del menor costo en la selección y tamaño de los proyectos, para mayor flexibilidad del gasto.

En la industria eléctrica se han tomado medidas que han permitido conjurar a corto y mediano plazo el riesgo de cortes en su suministro, pero persisten deficiencias como el bajo margen de reserva, las debilidades del sistema de transmisión y las elevadas pérdidas de electricidad.

Dado que las oportunidades de aprovechamiento del ahorro de energía y de las fuentes renovables son todavía extensas y que las tecnologías correspondientes siguen evolucionando y reduciendo sus costos, es importante seguir impulsando políticas y acciones orientadas a maximizar la explotación de todas y cada una de las oportunidades técnicamente posibles y económicamente rentables.

² Diario Oficial de la Federación del 13 de febrero de 2002.

Actualmente la energía eléctrica en México se produce principalmente por centrales termoeléctricas, que es considerada, entre las fuentes de generación, como la más contaminante. Alrededor de la mitad de la energía eléctrica que se genera en el país proviene de este tipo de centrales y ello no ha cambiado en los últimos 20 años.

En contraste, la energía proveniente de plantas hidroeléctricas ha caído considerablemente en los dos últimos sexenios, construyéndose únicamente una central hidroeléctrica (PH El Cajón, llamada oficialmente Central Hidroeléctrica C. Leonardo Rodríguez Alcaine) con una capacidad instalada de 760 MW, la cual entró en operación hasta hace apenas algunos meses (en noviembre de 2006). Por otra parte, en este mismo período se han expandido otros tipos de fuentes energéticas como las geotérmica y carboeléctrica y, en menor proporción, la eólica.

Bajo la nueva política ambiental de México, el compromiso con el desarrollo sustentable representa una tarea compartida por la SEMARNAT y diversas secretarías e instituciones federales responsables de los distintos sectores de la economía. Esto significa que en conjunto, estas dependencias serán las responsables de promover el desarrollo sustentable en sus actividades y programas a través de acciones específicas y metas cuyo desempeño pueda medirse periódicamente.

En materia de energía y medio ambiente, la Secretaría de Energía trabajará en nueve líneas estratégicas, entre las que destacan el ahorro y uso eficiente de energía, la protección al ambiente, y la realización de proyectos energéticos socialmente sustentables. Como meta para el período 2002-2006, se pretende contar con programas energéticos entre los que destaca el aprovechamiento del potencial de energía renovable del país. También se tiene como meta el incremento de la capacidad por medio de energías renovables en 1 700 MW para el año 2006.

Dentro de las dependencias paraestatales vinculadas con la Secretaría de Energía, se encuentra la Comisión Federal de Electricidad quien de acuerdo con el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales, orienta sus actividades de conformidad con el criterio central de sustentabilidad del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, que establece que, de ahora en adelante, el desarrollo debe ser limpio preservador del medio ambiente y reconstructor de los sistemas ecológicos.

Las estrategias a seguir por la empresa son por una parte, incorporar en la planeación del desarrollo de CFE criterios de planeación con un enfoque sustentable, buscando un aprovechamiento racional de los recursos naturales, y por otra, incorporar en el proceso de capacitación de la CFE, la alta calificación del personal dedicado a la protección ambiental.

Para cumplir con los objetivos planteados, se establecieron las siguientes líneas de acción.

- Reforestar las superficies afectadas por las acciones de construcción y operación de las instalaciones eléctricas y/o superficies equivalentes en otras áreas como medida de compensación.

- Apoyar la gestión de las autoridades ambientales y de los actores locales del desarrollo que propicie la protección integral del medio ambiente y de los recursos naturales.
- Hacer partícipe a la población aledaña a las instalaciones de la CFE, manteniéndola informada, proporcionándole conocimientos para que comprenda la relación entre la satisfacción de su necesidad de energía eléctrica y la modificación de su medio natural.

Las dependencias y entidades del gobierno federal que suman e integran fuerzas y resultados para el desarrollo sustentable de México, centran su participación en establecer estrategias cuyos resultados lleven a incorporar la variable ambiental en la toma de decisiones políticas, económicas y sociales.

Por lo anteriormente expuesto, el proyecto es congruente con el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006, ya que el aprovechamiento del potencial de energía renovable del país se contempla dentro de las líneas estratégicas que la Secretaría de Energía tiene dentro de sus metas 2002-2006; mediante el establecimiento de un programa anual de energías renovables que promueva la generación de energía eléctrica a partir de esas fuentes.

Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenamiento del Territorio 2001-2006³

El programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenamiento del Territorio (PNDU-OT), se guía por lo objetivos del Plan Nacional de Desarrollo y los propios de la Secretaría de Desarrollo Social para sentar los principios de la acción institucional y las estrategias necesarias en la orientación del desarrollo nacional.

Las políticas de este Programa están dirigidas a establecer mecanismos e instrumentos que permitan potenciar las capacidades económicas, disminuir las desigualdades sociales, conservar nuestros recursos naturales, manejar adecuadamente los recursos energéticos e impulsar la dotación, renovación y ampliación de la vivienda, la infraestructura de servicios y el equipamiento social y productivo en regiones, ciudades y localidades rurales del país, a fin de garantizar el modo de vida al que aspiramos todos los mexicanos.

En la actualidad, el 66% de la población total del país reside en 364 ciudades mayores de 15 mil habitantes, las cuales conforman el Sistema Urbano Nacional (SUN). Las diferencias de tamaño poblacional -y extensión territorial- entre estas ciudades son muy amplias: en sólo 9 grandes zonas metropolitanas (de más de un millón de habitantes cada una) residen 33,2 millones de personas, el 52,1% de la población urbana del país (SUN); en 17 metrópolis menores a un millón de habitantes residen otros 11,9 millones de personas (18,7% del total urbano), y en 79 ciudades menores a 500 mil habitantes residen 17,1 millones de personas (26,9% del total urbano del país). El resto de la población urbana (2,3%) reside en ciudades de menor tamaño.

³ Diario Oficial de la Federación del 27 de marzo de 2002.

En síntesis, el Sistema Urbano Nacional (SUN) está emplazado sobre cerca de 800 mil hectáreas, el 0,4% del territorio nacional. En esta pequeña proporción del territorio se produce poco más del 80% del PIB y se asienta el 66% de la población del país.

Para dimensionar los retos del desarrollo urbano y regional del país, este Programa propone establecer *“una política de ordenación del territorio que integre todos los ámbitos espaciales que ocupan el sistema de asentamientos humanos, desde las localidades rurales, pequeñas y dispersas, hasta las grandes metrópolis, en un esquema de planeación y actuación que combata las causas estructurales de la pobreza y la marginación; que permita maximizar la eficiencia económica del territorio y que fortalezca la cohesión política, social y cultural del país”*.

Para lograr los objetivos y metas planteadas en este programa, se propone llevar a cabo una serie de acciones a través de los Programas Red Ciudad 2025 y Zonas Metropolitanas 2025, los cuales tienen como objetivos acrecentar el desarrollo económico y el empleo en las ciudades y zonas metropolitanas, mediante la aplicación de recursos para el desarrollo regional, impulsando estrategias de administración, planificación, infraestructura, servicios básicos y medio ambiente.

En este contexto, el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V contribuirá en el proceso de planeación y urbanización de la región norte del estado de Baja California, contribuyendo en satisfacer los requerimientos de energía eléctrica, necesaria para el equipamiento y los servicios urbanos que permitan el desarrollo económico y el empleo en las ciudades y zonas metropolitanas.

Programa Sectorial de Energía 2001-2006⁴

Actualmente los sectores energéticos del mundo pasan por una revolución de importantes implicaciones, donde se ha modificado radicalmente la manera en que el sector se organiza y opera. Es por ello que diversos países industrializados y en vías de desarrollo, con el afán de abastecer la creciente demanda de electricidad, han llevado a cabo esfuerzos de desregulación donde han dinamizado la operación de los mercados energéticos al reducir barreras a la entrada, en un ambiente de competencia sana, mejorando la calidad del servicio, y enfrentando así las dificultades para realizar nuevas inversiones.

Para ello, se han establecido principios rectores de la política energética, los cuales son:

- Soberanía energética
- Seguridad de abasto
- Compromiso social
- Modernización del sector
- Mayor participación privada
- Orientación al desarrollo sustentable
- Compromiso con las generaciones futuras

⁴ Diario Oficial de la Federación del 11 de enero de 2002.

También se han establecido objetivos estratégicos del sector energético, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- Asegurar el abasto suficiente de energía, con estándares internacionales de calidad y precios competitivos, contando para ello con empresas energéticas, públicas y privadas de clase mundial.
- Impulsar la participación de empresas mexicanas en los proyectos de infraestructura energética.
- Incrementar la utilización de fuentes renovables de energía y promover el uso eficiente y ahorro de energía.
- Ser un sector líder en la protección del medio ambiente.
- Ser líderes en la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico así como en la formación de recursos humanos altamente calificados para apoyar el desarrollo sustentable del sector energético.

Debido a los cambios tecnológicos y a la alta penetración de accesorios intensivos en electricidad, es necesario estimar el crecimiento futuro en el consumo, y así prever las necesidades de las poblaciones por suministro eléctrico.

Dentro del objetivo relativo a asegurar el abasto suficiente de energía, con estándares internacionales de calidad y precios competitivos, contando para ello con empresas energéticas, públicas y privadas, de clase mundial; destaca dentro del subsector eléctrico, la parte relativa a la modernización del sector eléctrico donde se contempla: “la diversificación de fuentes de energía mediante el apoyo a las plantas hidroeléctricas y carboeléctricas, con lo que se atenúa el riesgo de exponer la generación a la volatilidad del precio del gas natural.

Otro de los objetivos, establece el incrementar la utilización de fuentes renovables de energía y promover el uso eficiente y ahorro de energía. Dentro de este objetivo se menciona que una de las estrategias para el logro del objetivo de “elevar y extender la competitividad del país” incorporada en el PND contempla el “mantener la diversidad en la utilización de fuentes generadoras de energía”, así como “promover el uso sustentable de los recursos naturales inclusive la eficiencia en el uso del agua y la energía”.

Lo anterior es debido a que se estima que el crecimiento en el consumo mundial de energía eléctrica crecerá a una tasa media anual de 2,7 por ciento para los próximos 20 años. Las demandas en los países en vías de desarrollo registrarán aumentos del orden del 4,2 por ciento, debido a que se encuentran en una fase de desarrollo económico e industrial caracterizado por un crecimiento poblacional importante, preponderancia de sectores industriales con uso intensivo de energía, como lo son, el minero y acerero, aunado a un bajo nivel de ingreso y educación, que limita la eficiencia de los programas de ahorro de energía. Además, se observa una migración de la economía a sectores de mayor valor agregado con usos intensivos como son las tecnologías de la información.

Las nuevas tecnologías aplicables al sector eléctrico, están actualmente enfocadas al aumento en la eficiencia de los procesos de generación, a la reducción de los costos de producción y al acatamiento de políticas y normas en materia ambiental.

Bajo esta perspectiva, tanto en México como en el resto del mundo, consideraciones tales como la disponibilidad, la confiabilidad en el suministro, la volatilidad de los precios y el impacto sobre el medio ambiente, juegan un papel importante en la selección de fuentes de energía para la generación de electricidad. Por ello, se debe planificar el sector y desarrollarse programas de diversificación.

En el ámbito mundial, el energético más utilizado para la generación eléctrica es el carbón, el cual aporta el 34,1 por ciento del consumo total de electricidad. Se espera que durante las dos décadas siguientes este combustible continúe dominando el mercado de energéticos para la generación de energía eléctrica.

Actualmente, diversos países industrializados y en vías de desarrollo enfrentan dificultades para realizar nuevas inversiones para empatar la oferta con una creciente demanda de energía eléctrica. Por ello, la reestructuración de los sistemas energéticos es un fenómeno mundial reciente. Las tendencias energéticas mundiales consideran la globalización y desregulación de mercados, la consolidación corporativa y convergencia de líneas de negocio, así como la comercialización de infraestructura, poniendo especial énfasis en reformar los sectores eléctricos tradicionales, a fin de promover una reducción de costos y mejorar la calidad del servicio.

El acelerado desarrollo tecnológico que se ha tenido en el mundo, aunado a la creciente preocupación ambiental, en particular por el cambio climático, son factores que han impulsado estrategias concretas para el aprovechamiento de las oportunidades de ahorro de energía y de utilización de energía renovable como una opción viable para incrementar la oferta y controlar la demanda de energía.

Estas circunstancias, asociadas a la búsqueda de un desarrollo sostenible y sustentable y a las preocupaciones siempre latentes sobre el agotamiento de los combustibles fósiles, han llevado a algunos países a establecer agresivas estrategias en el uso racional de la energía y aprovechamiento de la energía renovable.

De acuerdo con lo anterior, el Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V, **no** se contrapone a lo establecido en el Programa Sectorial de Energía 2001-2006, ya que:

- a) Permitirá que los sectores social y privado participen en la generación de energía, con apego al marco jurídico vigente.
- b) Se pretende hacer un uso sustentable de los recursos naturales energéticos al utilizar energías renovables.
- c) Es congruente con los principios rectores de la política energética
- d) Es congruente con los objetivos estratégicos del sector energético.

Plan de Desarrollo Estatal de Baja California 2002-2007

El Plan Estatal de Desarrollo de Baja California se fundamenta en la Ley de Planeación de Baja California y tiene por objetivos el planteamiento del desarrollo estatal utilizando diversas líneas de acción aplicable a los diferentes sectores (económico, político, social y ambiental), teniendo como estrategia la modernización del estado de Baja California.

Los procesos sociales que rigen este plan son los siguientes:

- 1) Desarrollo humano integral
- 2) Seguridad y tranquilidad social
- 3) Desarrollo urbano sustentable
- 4) Desarrollo económico con sentido social
- 5) Gobierno al servicio de la sociedad

En el aspecto de *desarrollo humano integral*, en su apartado de desarrollo social se hace referencia que en el año 2000, alrededor de 4 064 comunidades ubicadas en zonas rurales carecían del servicio de drenaje y agua entubada, y en menor grado de energía eléctrica; y en las zonas urbanas, debido a las características climáticas que se presentan en ciertas zonas del estado, donde las altas temperaturas originan altos consumos de energía eléctrica, viene a representar una amenaza para el presupuesto familiar. Con respecto a los servicios en la vivienda, la región del valle de Mexicali muestra en promedio que el 96 % de las viviendas ocupadas cuentan con el servicio de energía eléctrica, una centésima mayor que el promedio estatal.

En lo referente al *desarrollo urbano sustentable*, este Plan de Desarrollo busca impulsar la vinculación entre los sectores público y privado, que permita garantizar dentro de un marco de sustentabilidad, el desarrollo ordenado e integral de la sociedad, con infraestructura, reservas territoriales y dotación de servicios suficientes para atender las demandas de crecimiento del estado. En este sentido, el proyecto geotermoeléctrico que nos ocupa coadyuvará de manera importante a satisfacer la demanda de energía eléctrica en la crecimiento y reactivación de la planta industrial de la región norte del estado.

Con relación al *desarrollo económico con sentido social*, dentro del apartado de Ecología y Protección del Medio Ambiente, se plantea como un objetivo específico: proteger y preservar la riqueza natural del Estado e impulsar una calidad ambiental óptima para sus habitantes, que garantice un desarrollo sustentable.

Para lo cual establece, entre otras, la siguiente línea estratégica:

- Promover tecnologías limpias y fomentar su aplicación en el sector productivo, mediante la vinculación intersectorial.

Al respecto, las acciones a realizar para la implementación del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se sumarán al desarrollo económico del estado promoviendo, por un lado, la protección y preservación del ambiente con el desarrollo de esta fuente alterna de energía, y por otra parte, impulsando la generación de empleos, la participación de la iniciativa privada y el fortalecimiento del sector productivo.

Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C. 2010⁵

La planeación del desarrollo urbano es un proceso dinámico que responde a las necesidades de la población, en este sentido, la ciudad de Mexicali ha experimentado en tiempos recientes un acelerado auge en su crecimiento, sobre todo en lo referente a la expansión industrial; situación que no es fortuita, sino es el resultado de muchos años de promoción e inversión para dotar a la ciudad con la infraestructura necesaria.

Bajo esta perspectiva, la situación que presentaba la ciudad a principios de los años noventa es muy distinta a la actual; de ahí la importancia –además de la obligación que marca la Ley en la materia- de actualizar el “Programa de Desarrollo Urbano del centro de población de la ciudad de Mexicali, B.C., 1993-2007” y presentar esta nueva versión, cuyo horizonte es el año 2010, haciéndolo compatible con el “Plan Estratégico para el municipio de Mexicali, 2020”. De esta manera, este Programa sustituye y actualiza la vigencia del Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali 1993-2007, elaborado y aprobado mediante acuerdo del H. Ayuntamiento de Mexicali y del Ejecutivo Estatal y publicado conforme a las leyes en la materia en el Periódico Oficial del Estado de Baja California, de fecha 10 de Febrero de 1995, Programa que tenía como horizonte de planeación hasta el año 2007.

El presente Programa de Desarrollo Urbano propone un horizonte de planeación hasta el año 2010, con la estrategia para el crecimiento de la ciudad de Mexicali, B. C., con la visión de que es un instrumento normativo del uso del suelo y de impulso para su desarrollo económico, a través del cual se logrará una mejor distribución de la población y las actividades productivas en el ámbito urbano y su entorno, de acuerdo a la vocación o aptitud del medio natural y la infraestructura instalada, para lograr su óptimo aprovechamiento, buscando obtener los máximos beneficios al menor costo económico, ecológico y social.

Los objetivos del Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población (PDUCP) de Mexicali, BC, 2010, son los siguientes:

- Considerar en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, BC. las condicionantes sectoriales contenidas en los niveles superiores de planeación Nacional, Estatal y Municipal, relativas a las políticas, objetivos y metas inherentes al desarrollo urbano.

⁵ XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998. Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C. 2010.

- Establecer las necesidades actuales y requerimientos futuros de la población, en relación a cada componente del desarrollo urbano, con énfasis en los satisfactores básicos de bienestar social, como vivienda, agua potable, drenaje sanitario, drenaje pluvial y el acceso a los servicios de salud.
- Actualizar la Estrategia de Desarrollo Urbano, considerando las condicionantes de crecimiento de la ciudad, así como las tendencias y necesidades actuales.
- Fortalecer la actividad económica de la población en función del potencial que presenta la ciudad, para el Desarrollo Industrial.
- Proponer las acciones pertinentes que permitan orientar las inversiones del sector público, así como ordenar y regular las correspondientes a los sectores privado y social.
- Plantear los instrumentos que permitan el logro de la Estrategia de Desarrollo Urbano con sus acciones correspondientes.

El área de estudio del Programa corresponde al Límite de Centro de Población fijado en el anterior PDUCP de Mexicali, BC., ya que la superficie destinada (76 877 ha) es suficientemente amplia para las expectativas del Desarrollo Urbano planteado en el horizonte del año 2010.

Dentro del Límite de Centro de Población del Programa, se comprenden: al área urbana actual de la ciudad de Mexicali y las localidades suburbanas (Santa Isabel, Puebla, Islas Agrarias “A”, San Fernando, Zaragoza Segunda Sección, Ampliación Río Colorado, Xochimilco, entre otras) que guardan o tienden a guardar una interrelación directa con la misma y que puedan modificar su dinámica de desarrollo; por otra parte se incluyen las Reservas para Crecimiento Urbano y las Áreas de Preservación Ecológica, cuatro grandes zonas para industria de riesgo y las plantas de tratamiento.

Para su delimitación se consideraron además los siguientes aspectos:

- El Ordenamiento Territorial propuesto por los niveles superiores de Planeación (Nacional, Estatal y Municipal).
- Organización Político - Administrativa y Régimen de Tenencia de la Tierra.
- Tendencias de Crecimiento Urbano y Dinámica Poblacional.

Si bien el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V no está ubicado dentro de los límites que establece el programa, éste establece, entre algunas de las limitantes ambientales –entendiéndose éstas como los elementos del medio natural que, sin provocar una alteración en el mismo, condicionan el desarrollo urbano–, el volcán Cerro Prieto y sus inmediaciones (campo geotérmico); las áreas aledañas a fallas geológicas como la de Imperial, Cerro Prieto y Tulecheck; y las zonas de recarga del acuífero, generalmente en las faldas de las sierras.

Desde el punto de vista de de la población, la Planta Geotérmica de Cerro Prieto mantienen una interrelación directa con la ciudad, ya que la gran mayoría de los trabajadores de esta planta de generación de energía eléctrica radican en dicha ciudad.

Con respecto a la demanda de energía eléctrica de la ciudad de Mexicali, este servicio tiene la mayor cobertura, siendo pocas las colonias que carecen del mismo, por encontrarse en zonas irregulares o alejadas de las líneas de abastecimiento. Actualmente se tiene atendida aproximadamente un 98% del área ocupada de la ciudad de Mexicali.

El fluido eléctrico es proporcionado por la Planta Geotérmica de Cerro Prieto, con capacidad instalada de 720 MW, a través de una línea de transmisión de doble circuito de 161 kV de 31 kilómetros de longitud hasta la Subestación receptora Mexicali II, ubicada a un costado de la Carretera Unión (inmediaciones de la Laguna Xochimilco); desde donde se distribuye a las 14 subestaciones de la ciudad. Este sistema también está interconectado a la Planta Termoeléctrica de Rosarito, la cual funciona de manera independiente a las del resto del País, abasteciendo al Estado de Baja California, una parte del Estado de Sonora, y ocasionalmente al Sur del Estado de California, en los Estados Unidos.

Programa para mejorar la calidad del aire de Mexicali 2000-2005

El Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005, representa el esfuerzo conjunto de la sociedad y sector económico local, y de los tres niveles de gobierno para diseñar e implantar un conjunto de acciones tendientes a controlar las fuentes contaminantes que degradan la calidad del aire de la ciudad.

Debido a su gran dinamismo urbano, demográfico, fabril y empresarial, así como a su localización de vecindad con los Estados Unidos, Mexicali juega un papel relevante en la economía nacional, que la hacen junto con Tijuana, una de las dos ciudades fronterizas más importantes de México. Este dinamismo trae beneficios sociales y económicos, pero también problemas relacionados con el desarrollo urbano y con la dotación de infraestructura y servicios, así como de tipo ambiental, en particular de calidad del aire. La proliferación de un sinnúmero de actividades industriales, comerciales y de servicios, han provocado una degradación de la calidad del aire en Mexicali, especialmente por el mal estado de los vehículos particulares y de transporte público, y en especial por la importación de autos usados que generalmente se encuentran en mal estado de funcionamiento. Adicionalmente, la situación se ve acentuada por las emisiones de partículas y polvos de quemas urbanas clandestinas, quemas agrícolas y emisiones de calles y caminos sin pavimentar. En estas condiciones, si bien es cierto que han existido intentos aislados para solucionar el problema, estos no han sido siempre eficaces, ni han surgido como resultado de una planeación estratégica de los tres niveles de gobierno, por lo que sus recursos y esfuerzos se han atomizado disminuyendo con ello su efectividad.

El Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005 propone 27 medidas concretas que permitirán en el mediano plazo ir disminuyendo paulatinamente la contaminación de la ciudad hasta que eventualmente se cumplan las normas de calidad del aire.

Este programa conforma uno de los programas para mejorar la calidad del aire (Proaires), implementados a finales de la última década del siglo pasado, y que constituyen uno de los

principales instrumentos desarrollados para revertir las tendencias de deterioro de la calidad del aire en las principales ciudades de México (Ciudad Juárez, Zonas Metropolitanas de Guadalajara, Monterrey, Valle de México, Valle de Toluca y Mexicali). Los Proaires incorporan medidas concretas para el abatimiento y control de las emisiones de contaminantes y se fundamentan en la relación existente entre la emisión de los contaminantes por las fuentes que los producen y el impacto que ocasionan en la calidad del aire y sobre la salud de las personas.

Como resultados del Programa se observa que de las 27 acciones propuestas, 13 no presentaron avances significativos, 11 quedaron inconclusas y 3 se instrumentaron. Se puede considerar que este Programa alcanzó un grado de instrumentación de un 11,1%, lo anterior fue debido a la poca participación de las instancias gubernamentales y a la falta de una comisión o entidad que le diera seguimiento a dicho programa. En la actualidad SEMARNAT, está llevando a cabo gestiones ante la EPA, con el fin de que se transfiera la red de monitoreo de calidad de aire, que se analiza y valida en los Estados Unidos, al gobierno local, capacitando al personal para su operación.

Debido a lo apartado del campo geotérmico Cerro Prieto con respecto a la ciudad de Mexicali, alrededor de 30 km al sur de esta ciudad, las emisiones a la atmósfera de ácido sulfhídrico –gas intrínseco al vapor geotérmico–, **no** contribuyen al deterioro de la calidad del aire de Mexicali, situación que ha sido confirmada por varios autores⁶; así mismo, ninguna de las 27 acciones establecidas en el este programa involucran el desarrollo del campo geotérmico. Por lo anterior, este proyecto **no** se contrapone ni se vincula con los objetivos de este programa.

B) Instrumentos de regulación de uso de suelo

Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California

El Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial es un instrumento previsto por la legislación ambiental para lograr un aprovechamiento sostenido de los recursos naturales; uno de los fundamentos básicos del trabajo de ordenamiento, consiste en la identificación de la vocación natural para el uso del suelo, como el instrumento de una planeación respetuosa del ambiente, que permita un desarrollo de la actividad productiva, sin menoscabo de la cantidad ambiental (ambiente físico y natural) y las condiciones de la calidad de vida.

Dentro del ordenamiento se establecen los diferentes escenarios sobre la problemática ambiental vigentes en cada una de las regiones del estado, estableciendo las políticas ambientales generales que deben seguirse para todo el estado, no realizándose asignación de usos de suelo, debido a que los alcances del ordenamiento obedecen a criterios para el establecimiento y desarrollo de proyectos.

⁶ Gallegos-Ortega *et al.* 2000; Puente, H.G. y L. Hernández G. 2005; Mercado *et al.* 1987.

Con base en las características bióticas y abióticas se regionalizó el territorio considerando seis niveles jerárquicos: zona ecológica, provincia, ambiente región sistema y paisaje o subsistema. Con base en esto, se definieron 10 unidades de gestión ambiental para el estado, y se definieron y establecieron las políticas ambientales que determinan distintas intensidades de uso del territorio y aplicables para el área de ordenamiento. De las políticas ambientales definidas tenemos dos políticas generales: 1) aprovechamiento y 2) protección; y una política específica para Áreas Especiales de Conservación

La política de aprovechamiento tiene por objeto mantener la integridad funcional del territorio, proporcionando medidas técnicas normativas para que la utilización de los recursos naturales genere el menor impacto al medio ambiente. Para lo anterior se establece la siguiente normatividad para el uso del territorio para la política de aprovechamiento con tres variantes:

- **Aprovechamiento con Consolidación** (aplica en áreas donde existe concentración de la población, que han alcanzado un desarrollo económico aceptable y donde existe concentración del desarrollo urbano y de las actividades productivas -agrícolas industriales, turísticas);
- **Aprovechamiento con Impulso** (aplica en zonas que no han alcanzado el desarrollo urbano y económico y por lo tanto se requiere impulsar o reorientar su desarrollo); y
- **Aprovechamiento con Regulación** (aplica en áreas que cuentan con recursos naturales susceptibles de explotarse productivamente de manera racional, en apego a las normas y criterios urbanos y ecológicos).

La política de protección tiene por objetivo resguardar aquellas áreas con ecosistemas que, dada su riqueza biótica de especies endémicas de flora y fauna, su grado de fragilidad y naturalidad requieren contar con las medidas técnicas y normativas necesarias para asegurar la integridad de los sistemas naturales. La política de protección ofrece dos variantes:

- **Protección con Uso Activo.** Se aplica en áreas que cuentan con recursos naturales, arqueológicos y culturales de excepcional relevancia ecológica y de importancia económico regional, que exigen criterios de regulación y control, estableciendo programas de manejo integral para el uso de los recursos naturales o la explotación artesanal de los mismos. En las zonas donde prevalezca esta política se autoriza la construcción de equipamiento y servicios de apoyo mínimos y concentrados en zonas específicas, donde no se altere la armonía del paisaje e integren en su construcción los materiales propios de la región.
- **Protección con Uso Pasivo.** Esta política se asigna a las áreas con ecosistemas de relevancia ecológica y en zonas núcleo de las áreas naturales protegidas que contienen ecosistemas únicos y áreas donde existen riesgos naturales mayores altos y muy altos y que demandan medidas de prevención y control del deterioro ambiental. Se permite solamente el uso doméstico de los recursos naturales existentes, exclusivamente para las comunidades que habitan en la zona.

Con base en lo anterior, de las diez unidades de gestión ambiental definidas para el estado, la unidad de gestión donde se inserta el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V es la **UGA-1 Mexicali y su Valle**.

Unidad de Gestión Ambiental UGA-1 Mexicali y su Valle

Esta unidad está conformada por 16 subsistemas con una área de 5 554,10 km², donde se aplica la política general de aprovechamiento –por el grado de desarrollo urbano alcanzado y la concentración de actividades económicas–; y la política de protección, en una de sus dos variantes.

Así mismo, para esta unidad de gestión se definieron 10 políticas particulares (ver Cuadro III.1)

Cuadro III.1. Modelo de ordenamiento ecológico para la UGA-1

Unidad de Gestión Ambiental	Política General	Políticas Particulares
Mexicali y su Valle	Aprovechamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento con consolidación urbano (ACU) - Aprovechamiento con consolidación agrícola (ACA) - Aprovechamiento con regulación agrícola (ARA) - Aprovechamiento con regulación minera (ARM) - Aprovechamiento con regulación energética (ARE) - Aprovechamiento con regulación turística (ART) - Aprovechamiento con impulso urbano (AIU) - Aprovechamiento con impulso turístico (AIT)
	Protección	- Protección con uso pasivo (PUP)

Específicamente para el área de la geotérmica de Cerro Prieto, ubicada al sur de Mexicali, se aplica una política de aprovechamiento con regulación energética (ver Cuadro III.2), la cual debe llevarse a cabo bajo las más estrictas reglas de control y aplicación de la normatividad ambiental vigente para no alterar el equilibrio ecológico. El subsistema definido para el campo geotérmico es: **2.2.M.7.4.b-1**

Zona ecológica: Zona árida
 Provincia: **.2** Desierto de Altar
 Ambiente: **.2** Terrestre
 Región: **.M** Mexicali y Valle
 Sistema: **.7** RH4: Cuenca A ⁽⁷⁾
 Subsistema: **.4** Llanura, **.b** Desierto de Sonora

En el Cuadro III.2 se presentan las políticas particulares de cada uno de los 16 subsistemas identificados para esta unidad de gestión ambiental.

⁽⁷⁾ Este subsistema, al igual que el de Mexicali-Zona Urbana, no corresponden a la Región Hidrológica 4, pertenecen a la Región Hidrológica 7. Por tal motivo, la definición del subsistema debería quedar **2.2.M.11.4.b** (más la numeración consecutiva que le corresponda). Lo anterior, al parecer es un error de nomenclatura del OET-Baja California.

Cuadro III.2. Políticas particulares aplicables para la Unidad de Gestión Ambiental UGA-1

Rasgo de identificación	Subsistema	Política particular
1. Colonia Sainz Domínguez	1.2.M.11.4.b	ARM
2. Sierra Las Pintas	1.2.S.11.2.a-1	ARM
3. Poblado la Rumorosa, Ejido Jacumé	1.2.S.11.2.a-2	AIT-AIU
4. Ejido Emiliano Zapata, Rancho Aldrete	1.2.S.11.3.a-1	ART-ARM
5. Rancho Aldrete, El Alemán	1.2.S.11.3.a-2	ART-ARM
6. Ejido Plan de Ayala, Estación Coahuila	2.2.M.10.4.b	ACA
7. Nuevo Oasis – Casa de Piedra	2.2.M.11.1.b	ART-ARM
8. Sierra Las Pintas	2.2.M.11.2.b-1	ARM
9. Zona del Delta del Río Colorado	2.2.M.11.2.b-2	PUP
10. Sierra del Mayor	2.2.M.11.3.b	ACU-ACA
11. Ejido López Mateos, Colonia La Puerta	2.2.M.11.4.b-1	ARA-AIU
12. Sierra del Mayor	2.2.M.11.4.b-2	ARM
13. Ejido Hermosillo, Algodones (V. Guerrero)	2.2.M.11.4.b-3	ACU-ACA
14. Rancho Don José, Colonia Ocampo	2.2.M.11.4.b-4	ACA
15. Poblado Pátzcuaro, Campo Geotérmico	2.2.M.7.4.b-1 ⁸	ARE
16. Mexicali – Zona Urbana	2.2.M.7.4.b-8 ⁸	ACU

Fuente: Equipo COLEF, 2003.

Los criterios de clasificación para los subsistemas identificados en esta Unidad de Gestión Ambiental se presentan en el siguiente Cuadro (Cuadro III.3).

Cuadro III.3. Criterios de clasificación utilizados para la definición de subsistemas de la UGA-1

Zona	Provincia	Ambiente	Región	Sistema	Subsistema
Macroclima	Microclima y estructuras geológicas de segundo orden	Procesos físicos y biológicas a escala macro	Problemática socioeconómica y topofomas	Terrestre: hidrología	Terrestre: fisiografía y vegetación
Zona Árida	<p>1. Sierra de Baja California</p> <p>2. Desierto de Altar</p>	.2 Terrestre	<p>.S Sierras</p> <p>.M Mexicali y Valle</p>	<p>.7 RH4: Cuenca A</p> <p>.10 RH7: Cuenca A</p> <p>.11 RH7: Cuenca B</p>	<p>Fisiografía</p> <p>.1 Sierras</p> <p>.2 Lomeríos</p> <p>.3 Bajadas</p> <p>.4 Llanuras</p> <p>Vegetación:</p> <p>.a Tipo Mediterráneo</p> <p>.b Desierto de Sonora</p>

⁸ Estos subsistemas (15 y 16) corresponden a la Región Hidrológica 7, de acuerdo con la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, Mexicali I11-12 Escala 1:250 000, publicada por la Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981.

Lineamientos generales y particulares del Programa de Ordenamiento Ecológico

Los lineamientos generales para el subsector Generación de Energía son los siguientes:

Subsector: Generación de Energía	
Lineamiento general	Vinculación
1. En el uso de fuentes de energía alternativa se implementarán tecnologías de bajo impacto ambiental.	Los proyectos geotermoeléctricos están considerados como fuentes alternas de energía, y su desarrollo es para satisfacer la demanda de energía en la región
2. Se favorecerá el uso de fuentes de energía alternativa en desarrollos ecoturísticos y comunidades pequeñas para satisfacer sus necesidades energéticas, con el fin de promover la conservación de los recursos naturales.	
3. La instalación de plantas generadoras de energía, así como la operación y mantenimiento de las mismas, cumplirá con los requisitos que se especifican dentro de las normas correspondientes.	Para la construcción, operación y mantenimiento de este proyecto se cumplirán con todas las disposiciones y/o especificaciones de los ordenamientos jurídicos aplicables.
4. En las resoluciones de impacto ambiental para la instalación de plantas generadoras de energía que utilicen combustibles fósiles, deberá considerarse en todo momento la capacidad de carga de las cuencas atmosféricas que se pudieran ver impactadas. En todo caso, deberá favorecerse el uso del combustible más limpio cuando exista disponibilidad.	Este tipo de proyecto no utilizará combustibles fósiles para su generación. Su fuente de generación será el vapor geotérmico, y este tipo de proyectos han sido considerado de energía limpia.

Los lineamientos particulares por política de aprovechamiento con regulación son los siguientes:

1. Es prioritaria la protección de áreas especiales para la conservación.	En el área de estudio del proyecto no existen áreas naturales o especiales destinadas para la conservación; por lo cual no son aplicables estos lineamientos al proyecto
2. Es prioritario que en las áreas con política de aprovechamiento con regulación se realice un programa de evaluación específico que determine las áreas naturales destinadas a conservación.	
3. Es prioritaria la prevención de los impactos secundarios causados por las actividades.	El proyecto tiene previsto los impactos ambientales secundarios y sus medidas de mitigación
4. Se permite la explotación de recursos naturales únicamente bajo programas de manejo establecidos.	El proyecto se desarrollará conforme a los programas de manejo establecidos en los diferentes instrumentos de planeación que regulan el uso del suelo.
5. Para la expansión de las actividades económicas existentes, el aprovechamiento de recursos naturales y el desarrollo de nuevas actividades, se deberá evaluar el impacto ambiental.	Este proyecto evalúa los impactos ambientales que se ocasionarán y propone las medidas de prevención, mitigación y compensación.
6. Las actividades productivas permitidas, deberán realizarse con tecnologías adecuadas para prevenir el deterioro ambiental.	Este lineamiento no es aplicable al proyecto. Sin embargo, el proyecto en cuestión se desarrollará con la tecnología adecuada para evitar y/o prevenir los impactos ambientales.
7. El crecimiento de las áreas urbanas que se localicen en zonas con política de aprovechamiento con regulación se realizará en estricto apego a los criterios anteriores.	Este lineamiento no es aplicable al proyecto.
8. Se favorecerán métodos de cosecha que permitan la regeneración natural y eviten daños innecesarios a las plantas.	Este lineamiento no es aplicable al proyecto.
9. Se fomentará la instalación de industrias que complementen las actividades primarias que se desarrollan en las Unidades de Gestión bajo esta política.	Este lineamiento no es aplicable al proyecto. Sin embargo, la energía generada para la región puede fomentar la instalación de este tipo de industrias.

<p>10. La actividades industriales que se pretendan desarrollar en áreas bajo esta política, deberán estar enmarcadas dentro de un esquema de ordenamiento territorial, que compatibilice los usos del suelo en la zona de influencia del proyecto o actividad industrial en cuestión.</p>	<p>Este tipo de proyecto se ajustará a los lineamientos y políticas establecidos en el OET del Estado de Baja California y en el OET del Municipio de Mexicali, los cuales incluyen este tipo de actividad.</p>
<p>11. Se permite el desarrollo de los proyectos turísticos con infraestructura de densidad baja y media. La infraestructura deberá estar en armonía con el medio circundante</p>	<p>Este lineamiento no es aplicable al proyecto.</p>
<p>12. La realización de carreras fuera de carretera u "off road", se sujetará a las rutas establecidas y a las disposiciones que establezcan las autoridades competentes</p>	<p>Estos lineamientos no son aplicables al proyecto.</p>
<p>13. Para la realización de carreras fuera de carretera u "off road" se requerirá de una manifestación de impacto ambiental, la cual será evaluada por la autoridad correspondiente.</p>	
<p>14. No se permitirá el establecimiento de nuevas rutas para carreras fuera de carretera u "off road".</p>	
<p>15. Las rutas para carreras fuera de carretera u "off road", solo se permitirán sobre caminos rurales y vecinales existentes</p>	
<p>16. El desarrollo de las actividades de comercio y servicios deberá ser congruente con el nivel y tipo de desarrollo urbano y turístico permitido.</p>	<p>Este lineamiento no es aplicable al proyecto.</p>

En este contexto, el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se vincula y no se contrapone con las políticas ambientales establecidas para la UGA-1 y su correspondiente subsistema (política de aprovechamiento con regulación energética).

Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali

El Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali (POEM, 2000) define seis unidades de gestión ambiental. Según el Modelo de Ordenamiento Ecológico del territorio da como resultado del análisis de los factores físicos y biológicos y socioeconómicos del municipio, y consiste en un plano en el que se señalan las áreas de aplicación de cada una de las políticas ambientales a cada una de las áreas se denomina de UGA.

Las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) son grupos de subsistemas con características ecológicas y actividades económicas en común. En cada una de las cuales se aplica una política general, sin embargo, en algunos subsistemas que se presentan características específicas se aplican políticas particulares (Cuadro III-4).

El proyecto se encuentra dentro de la UGA-1 Valle de Mexicali. En esta se aplica como política general el ***aprovechamiento con impulso***, cuyo objetivo es proporcionar las medidas técnicas normativas necesarias para la utilización de los recursos naturales, de forma tal que se propicie el desarrollo sustentable del Estado, y se aplica en áreas que requieren un estímulo efectivo para lograr el desarrollo sustentable de las actividades productivas, respetando las normas y criterios ecológicos aplicables.

Cuadro III.4. Modelo de ordenamiento para el municipio de Mexicali.

Unidad de Gestión Ambiental	Política General	Políticas Particulares
1. Valle de Mexicali	Aprovechamiento con impulso	Aprovechamiento con regulación Aprovechamiento con consolidación
2. Zonas de inundación y cuerpos de agua	Protección con uso activo	Preservación Protección con uso pasivo
3. Planicies arenosas	Protección con uso activo	Preservación Protección con uso pasivo
4. Sierra de origen ígneo intrusivo	Protección con uso activo	Preservación Protección con uso pasivo
5. Sierra de origen ígneo extrusivo	Protección con uso activo	Preservación Protección con uso pasivo
6. Mar de Cortés	Aprovechamiento con regulación	Aprovechamiento con impulso Protección con uso activo

En la Figura III.1 se presenta la regionalización del modelo de Ordenamiento Ecológico para el Municipio de Mexicali.

A continuación, se hace un resumen de la definición de cada una de las políticas en las que queda inmerso el proyecto:

Aprovechamiento

Esta política se aplica en áreas con usos productivos actuales o potenciales así como en áreas con características adecuadas para el desarrollo urbano. La política de Aprovechamiento tiene tres modalidades:

- **Aprovechamiento con Regulación.** Se aplica en áreas que requieren optimización y control del ritmo actual de crecimiento de las actividades productivas primarias, secundarias y terciarias, con el fin de disminuir los impactos secundarios actuales y potenciales producidos por dichas actividades, y mantener áreas de reserva de recursos naturales bajo la aplicación estricta de las normas y criterios ecológicos correspondientes.
- **Aprovechamiento con Consolidación.** Se aplica en áreas donde el nivel de desarrollo urbano y de las actividades productivas primarias, y secundarias y terciarias requieren de un ordenamiento, con el fin de prevenir los efectos negativos al ambiente producto de la concentración de dichas actividades, respetando la norma y los criterios ecológicos aplicables.
- **Aprovechamiento con Impulso.** Se aplican en áreas que requieren un estímulo efectivo para lograr el desarrollo sustentable de las actividades productivas, respetando las normas y criterios ecológicos aplicables.

La política de aprovechamiento con regulación se adscribe al área del proyecto, y los lineamientos ambientales generales establecidos en el POEM, con relación al proyecto son los siguientes:

Sector secundario: Subsector transformación y maquiladora

Lineamientos	Vinculación con el proyecto
<i>Ubicar a las industrias que realicen actividades consideradas riesgosas y altamente riesgosas, de acuerdo a lo indicado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y los Programas de Desarrollo Urbano de las localidades así como los Ordenamientos Ecológicos Regionales.</i>	Este lineamiento no es aplicable al proyecto.
<i>Elaborar y regular programas de control de uso del suelo para la ubicación de la industria de alto riesgo.</i>	Este lineamiento no es aplicable al proyecto.
<i>Prohibida la utilización de llantas, desechos industriales y domésticos como combustibles en la producción de ladrillo.</i>	Este lineamiento no es aplicable al proyecto.
<i>Exigir a industrias el equipo necesario para el control de emisiones a la atmósfera, mismas que no deberán rebasar los límites máximos permisibles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas</i>	Para la operación de este proyecto se emitirá a la atmósfera H ₂ S, el cual no está aún regulado por ninguna NOM; sin embargo, la mediciones de calidad del aire que actualmente se registran en las inmediaciones del campo geotérmico cumplen con la normativa establecida en otros países.
<i>Controlar el almacenamiento de residuos peligrosos en las industrias para evitar la contaminación y siniestros a las zonas urbanas y rurales aledañas.</i>	El campo geotérmico Cerro Prieto y el proyecto que nos ocupa tiene controlada la disposición de los residuos peligrosos conforme a lo establecido en la normativa ambiental.
<i>Exigir a las industrias el tratamiento de aguas residuales previo a la descarga a cuerpos de agua y alcantarillado</i>	Las descargas residuales de este proyecto se dispondrán de dos maneras: por evaporación y por inyección al subsuelo. No se dispondrán en cuerpos de aguas naturales ni al alcantarillado.
<i>Regular la explotación de materiales pétreos y control estricto sobre aquellos bancos de material que se encuentran dentro de la mancha urbana o cercanos a los asentamientos humanos.</i>	Este lineamiento no es aplicable al proyecto.
<i>Promover la reconversión a tecnología limpia en las industrias por medio de incentivos fiscales.</i>	Este lineamiento no es aplicable al proyecto.
<i>Exigir el establecimiento de zonas de amortiguamiento a zonas industriales que disminuyan los efectos de ruido y contaminación ambiental</i>	El campo geotérmico Cerro Prieto tiene establecida en la periferia del campo, colindante con los ejidos Miguel Hidalgo, Nuevo León y Oaxaca una cortina rompevientos con árboles, con la finalidad de atenuar el impacto visual y el ruido; mismo que se mantiene por debajo de los límites establecidos por la NOM.
<i>Promover el desarrollo de tecnologías limpias en la generación y utilización de energía</i>	Este proyecto es considerado como energía limpia.

Cuadro III.5. Lineamientos de la política de Aprovechamiento con Regulación

APROVECHAMIENTO CON REGULACIÓN	
LINEAMIENTOS	ÁREA DE APLICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Se permiten carreras fuera de camino siempre y cuando cumplan con lo establecido por las autoridades ambientales correspondientes.</i> • <i>No se permite establecer rutas nuevas para las carreras fuera de camino.</i> • <i>Las industrias deberán implementar programas para aminorar los impactos ambientales.</i> • <i>Las actividades productivas como la industria y la explotación de materiales pétreos deben contar con asesoría técnica en el aspecto ambiental.</i> • <i>Se permite la explotación de recursos naturales únicamente bajo los lineamientos de las autoridades correspondientes.</i> • <i>Se permite el desarrollo de los proyectos turísticos con infraestructura de densidad baja y media. La infraestructura deberá estar en armonía en el medio circundante.</i> • <i>El desarrollo de las actividades de comercios y servicios deberá ser congruente con el nivel y tipo de desarrollo urbano y turísticos permitidos.</i> • <i>Las industrias deberán de contar con un plan de contingencias ambientales.</i> • <i>Para la expansión de las actividades correspondientes al aprovechamiento de los recursos naturales y el desarrollo de nuevas actividades, deberá contar con los permisos de la autoridad o autoridades correspondientes.</i> • <i>Deberá evitarse la afectación o modificación de los cauces de ríos y arroyos, así como el de las zonas de recarga de acuíferos.</i> • <i>Se llevaran acabo medidas preventivas para evitar el proceso de desertificación, protegiendo la vegetación nativa en recuperación o repoblación.</i> • <i>Se permite la acuicultura cumpliendo la ley y la normatividad establecida por la autoridad federal correspondiente.</i> • <i>Se deberá garantizar, en cualquier obra que así lo requiera, la incorporación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.</i> • <i>Los desarrollos que se establezcan en la zona costera deberán contemplar un área de amortiguamiento adicional a la Zona Federal Marítimo Terrestre.</i> • <i>Se permite la explotación del manto acuífero únicamente para consumo humano, recreación y abrevadero.</i> 	<p>SUB-UNIDADES</p> <p>1.1 Suelos Ligeros 1.2 Suelos Medios 1.3 Suelos Pesados</p> <p>3.1 Bajadas de Origen Coluvial 3.2 Mesa Arenosa 3.3 Conglomerados</p> <p>4.1 Sierra Cucapá 4.2 Sierra de Juárez 4.3 Sierra San Pedro Mártir 4.4 Sierra San Felipe 4.5 Sierra El Mayor</p> <p>5.2 Sierra las Pintas</p>

Cuadro III.5. Lineamientos de la política de Aprovechamiento con Regulación (continuación)

LINEAMIENTOS	ÁREA DE APLICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Se deberá regular la incursión de grupos turísticos.</i> • <i>Elaborar estudios de mercado sobre otros productos susceptibles de cultivo</i> • <i>No se permite descargar aguas residuales tratadas o renovadas a aguas marinas, arroyos, ríos, cuencas y demás depósitos o corrientes de agua. Para poder llevar acabo estas actividades deberán de contar con el permiso de la autoridad correspondiente.</i> • <i>Se promoverá la implementación de programas agrícolas para evitar la salinización de suelos</i> • <i>Se deberán desarrollar programas de reforestación con flora nativa de la zona para proteger e impulsar el desarrollo de los ecosistemas naturales.</i> 	<p>SUB-UNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Suelos Ligeros 1.2 Suelos Medios 1.3 Suelos Pesados 3.1 Bajadas de Origen Coluvial 3.2 Mesa Arenosa 3.3 Conglomerados 4.1 Sierra Cucapá 4.2 Sierra de Juárez 4.3 Sierra San Pedro Mártir 4.4 Sierra San Felipe 4.5 Sierra El Mayor 5.2 Sierra las Pintas

Los lineamientos de la política de Aprovechamiento con Regulación señalados en el Cuadro III.5 con fondo gris son los que aplicarían al proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V, los demás, no son atribuibles al mismo. Para lo cual, se desarrollarán las siguientes acciones y medidas:

- En el capítulo VI de este documento se presentan los programas ambientales para la prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales.
- Para la explotación del recurso geotérmico en el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se contará previamente con la autorización en materia de impacto ambiental.
- La CFE cuenta con planes de contingencia ambiental para los casos de incendio, inundaciones, huracanes, entre otros.
- El proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V no afectará o modificará cauces de ríos o arroyos, así como tampoco las zonas de recarga de acuíferos.
- Dentro de las medidas de mitigación propuestas para el desarrollo de este proyecto se tiene contemplado continuar con el programa de reforestación con especies proporcionadas por los viveros de la CONAFOR en la región.

Por lo anterior, el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se **no** se contrapone con la política ambiental establecida para la UGA-1 (Valle de Mexicali) ni con los lineamientos establecidos para la política de aprovechamiento con regulación.

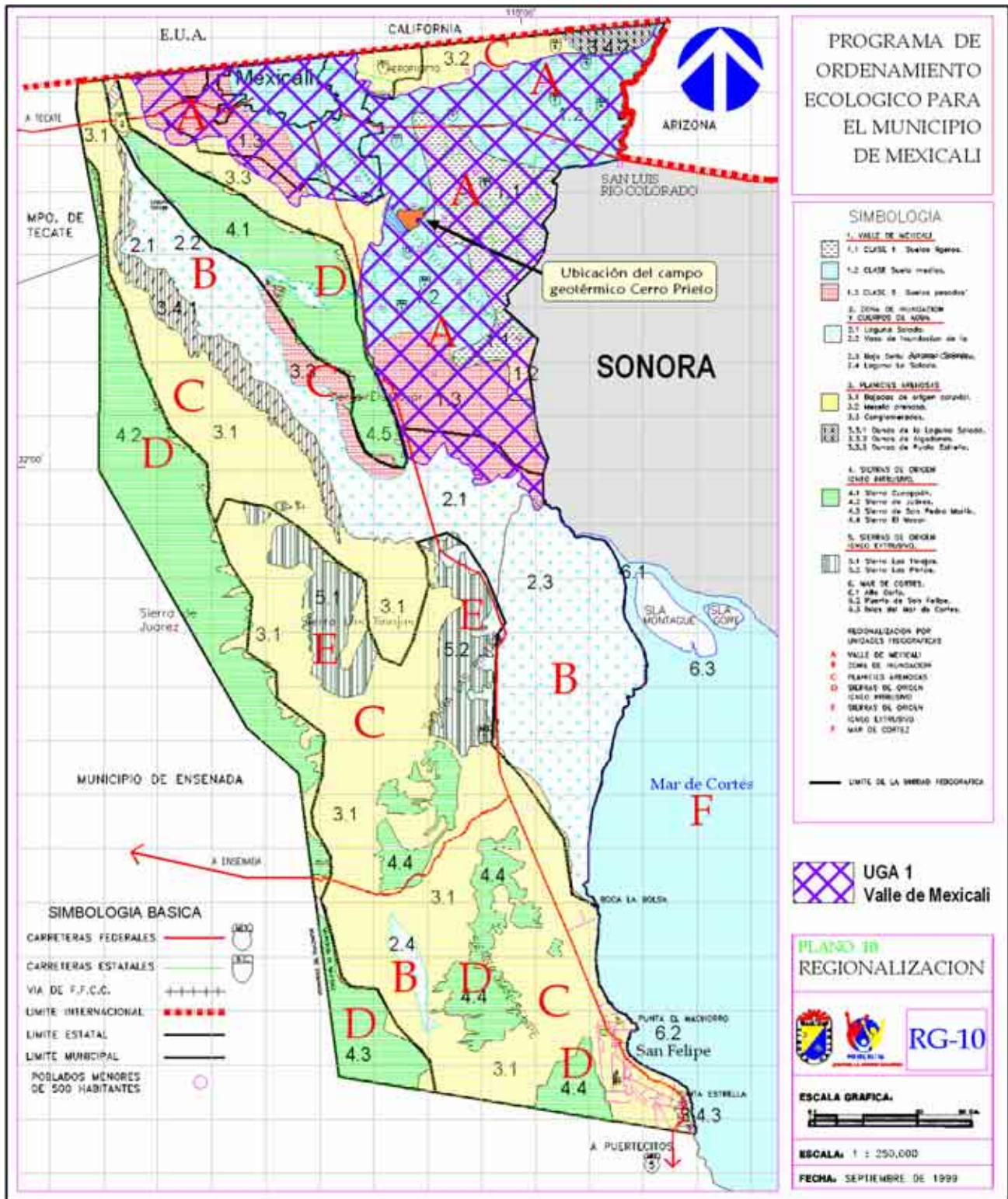


Figura III.1 Regionalización del Ordenamiento Ecológico para el Municipio de Mexicali.

Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP)

El sitio del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V **no** se ubica dentro de ningún área natural protegida, tanto las decretadas a nivel federal como estatal. El ANP más cercana al sitio es la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, cuyos límites se encuentran a unos 13 km al sursureste del proyecto. En la Figura III.2 se presenta la ubicación del proyecto con respecto a dicha área natural protegida.



Figura III.2. Localización del campo geotérmico Cerro Prieto con respecto a las ANP más cercanas

Regiones Terrestres Prioritarias

El área del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V **no** se localiza dentro de ninguna región terrestre prioritaria para la conservación de la biodiversidad.

La Región Terreste Prioritaria (RTP) más cercana al proyecto es la RTP-013 denominada Delta del Río Colorado, cuyas coordenadas extremas son: 31° 01' 12" a 31° 09' 36" Latitud Norte y 113° 36' 36" a 115° 13' 12" Longitud Oeste, y se ubica a unos 13 km al sursureste de los límites del campo geotermoeléctrico Cerro Prieto (ver Figura III.3).

Esta región se definió como prioritaria para la conservación por su importancia faunística, al poseer un alto valor para aves anidantes. El área forma parte de la Reserva de la Biosfera “Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado”, decretada en 1993, por lo que el límite regional terrestre se ajusta a esta área natural protegida. Dadas sus condiciones climáticas (temperatura, precipitación, evaporación), la mayor parte de esta RTP posee áreas sin vegetación aparente. En esta región se encuentra un importante número de especies cosmopolitas y endémicas del Golfo de California. Existen lugares de reproducción y crianza de la vaquita marina, la totoaba, el palmoteador de Yuma y el pez perrito del desierto.



Figura III.3. Localización del campo geotérmico Cerro Prieto con respecto a las RTP más cercanas

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)

El programa de las AICAS surgió con el propósito de crear una red nacional de áreas importantes para la conservación de las aves. Actualmente, en México existe un total de 230 áreas, que incluyen más de 1 038 especies de aves (96,3% del total de especies para México según el American Ornithologist's Union). Adicionalmente, se incluye en al menos un área, al 90,2% de las especies listadas como amenazadas por la NOM-059-SEMARNAT-2001, así mismo, de las 95 especies endémicas de México todas están registradas en al menos un área.

El proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V **no** se ubica dentro de ninguna de estas áreas de importancia para la conservación de aves; el área más cercana al proyecto es la AICA N0-17 Delta del Colorado, ubicada a unos 13 km al sur de campo geotérmico (ver Figura III.4).



Figura III.4. Localización del campo geotérmico Cerro Prieto con respecto a las AICAS más cercanas

III.2. Análisis de los Instrumentos Normativos

A) Leyes y Reglamentos

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) tiene como objetivos definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; establecer los lineamientos para la preservación y protección de la biodiversidad, a través de la designación y administración de áreas naturales protegidas, y de la promoción del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas, garantizando el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar (desarrollo sustentable) en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

En el Capítulo IV de esta Ley se establecen los instrumentos de la política ambiental, entre ellos el correspondiente a la evaluación de impacto ambiental (Sección V), establecido como un instrumento preventivo mediante el cual se podrán establecer las condiciones a las que deberá sujetarse la realización de obras y actividades que pueden causar desequilibrios ecológicos, con el objeto de reducirlos y/o mitigarlos, incluyendo como actividad sujeta a evaluación en esta materia, la relacionada a la industria eléctrica.

En particular, el proyecto geotermoeléctrico se vincula con dicho instrumento en su artículo 28, el cual define la evaluación del impacto ambiental como el procedimiento a través del cual la SEMARNAT establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras o actividades que pueden causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar, y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las obras o actividades que se indican en diferentes incisos, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la SEMARNAT.

Así mismo, en el artículo 30 de la LGEEPA se considera que para obtener la autorización a que se refiere el mencionado artículo 28, los interesados deberán presentar ante la SEMARNAT una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener por lo menos la 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 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.

Por último, dentro de la Ley se establece en su Título Cuarto (Protección al ambiente), ocho capítulos sobre protección al ambiente que abarcan, Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, Prevención y Control de la contaminación del agua y los ecosistemas acuáticos, Prevención y Control de la Contaminación al suelo, Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas, Materiales y residuos peligrosos, energía nuclear y ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica, olores y contaminación visual.

Con base en lo anterior, el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se sujetará a lo establecido en esta Ley y a las condicionantes que determine la autoridad una vez sometido y evaluada la presente manifestación de impacto ambiental y al cumplimiento y aplicación de la normativa ambiental aplicable a este tipo de proyectos, así como con las medidas de mitigación y compensación señaladas en el capítulo VI de este documento.

Reglamentos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental. El artículo 5, inciso K, establece en que quienes pretendan llevar a cabo actividades relacionadas con la industria eléctrica, requieren de obtener de la SEMARNAT la autorización en materia de impacto ambiental. Así también, en el artículo 9 se indica que los promoventes deberán presentar ante la SEMARNAT una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que esta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.

Por lo anterior, se elaboró la presente Manifestación de Impacto Ambiental a fin de evaluar el posible impacto ambiental que pudiere causar la construcción y operación del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V, a fin de cumplir los requisitos de la política ambiental nacional plasmada en la normativa ambiental vigente.

- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. En el artículo 7 se indica que durante la realización de obras o actividades públicas o privadas por las cuales puedan generarse o manejarse residuos peligrosos, deberán contar con autorización de la SEMARNAT en los términos del artículo 28 de la LGEEPA, por lo que en la manifestación de impacto ambiental deberán señalarse los residuos peligrosos que vayan a generarse. Así también, el artículo 8, indica los requisitos que deberá cubrir el generador de los residuos.

En particular, la construcción y operación del proyecto geotermoeléctrico se sujetará al cumplimiento de este reglamento y de lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas expedidas para el manejo de este tipo de residuos.

- Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión del Ruido. En el artículo 29 se indica que para efectos de prevenir y controlar la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, ocasionada por automóviles, camiones, autobuses, tractocamiones y similares, se establecen los siguientes niveles permisibles:

- Peso bruto hasta 3,000 kg, más de 3,000 y hasta 10,000 kg y más de 10,000 kg los niveles máximos permisibles son de 79, 81 y 84 dB (A), respectivamente. Los valores anteriores serán medidos a 15 m de distancia de la fuente por el método dinámica de conformidad con la norma correspondiente. Durante la construcción y operación del proyecto Cerro Prieto V se cumplirá con tales niveles permitidos.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, aprovechamiento, cultivo y manejo de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los municipios, a fin de propiciar el desarrollo sustentable.

En particular, el artículo 117, la LGDFS establece que la SEMARNAT sólo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, ni el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo.

Al respecto, para la construcción del proyecto Cerro Prieto V **no** se requerirá cambio de uso de suelo, por ubicarse en un sitio desprovisto de vegetación forestal (ver anexo fotográfico).

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional; y tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Para el caso del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto, éste se sujetará al cumplimiento de los artículos 2, fracción IV; 22 y del artículo 40 al 48; con respecto a la generación de residuos urbanos y de manejo especial, se atenderá lo dispuesto en el artículo 95 de esta Ley.

Ley de Protección al Ambiente del Estado de Baja California

La Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del estado de Baja California (LPA-BC) tiene por objeto regular la prevención, preservación y restauración del Equilibrio Ecológico, así como la Protección al Ambiente.

Dentro de la Ley se considera la presentación de un estudio de impacto ambiental, de forma que se pueda evaluar los impactos generados durante las obras y operación de proyectos. Sin embargo, es importante destacar que el proyecto presentado en este documento es de carácter federal, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 28, Fracción II, de la LGEEPA, por lo que se asumirá la reglamentación federal establecida al respecto.

Por otra parte, en su Título Cuarto, se establecen los lineamientos para la protección al ambiente, mediante la prevención y control de la contaminación atmosférica, prevención y control de la contaminación pro ruido, vibraciones, energía térmica, energía luminosa y olores perjudiciales, prevención y control de la contaminación del agua y del suelo. En este contexto las obras y actividades que no sean reguladas por la Federación se sujetarán a los lineamientos aplicables en dicha ley.

Así mismo, en materia de impacto ambiental, de emisiones a la atmósfera y de residuos peligrosos, se cumplirá con los reglamentos emanados de la LGEEPA, sin que esto sea limitativo para el cumplimiento de los lineamientos establecidos en la LPA-BC.. En materia de descarga de aguas residuales se cumplirá con lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, toda vez que se utilizará un cuerpo receptor de aguas residuales de jurisdicción federal. En materia de residuos sólidos se cumplirá con los requerimientos establecidos por las disposiciones locales.

Ley de la Comisión Reguladora de Energía

En octubre de 1995 se publicó la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, por medio de la cual la Comisión Reguladora de Energía (CRE) se erigió como la entidad reguladora con autonomía técnica y operacional con el mandato de regular las actividades de operadores públicos y privados en las industrias de gas y electricidad en México. La CRE busca estimular una industria eléctrica competitiva y sostenible, teniendo bajo su responsabilidad la inspección de instalaciones, la emisión de permisos, la regulación de precios, la supervisión general de la industria, garantía de abastecimiento suficiente, la seguridad, la promoción de la competencia y la eliminación de subsidios cruzados. Las políticas instrumentadas por la CRE buscan conseguir un equilibrio de intereses entre los permisionarios y consumidores y alienta la inversión privada para establecer un marco regulatorio claro y predecible. El proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V quedará regulado por dicha Comisión.

B) Normas Oficiales Mexicanas

Para garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas, la LGEEPA establece como un instrumento de la política ambiental las Normas Oficiales Mexicana en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; las cuales son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional y señalan su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación

A continuación se señalan las Normas Oficiales Mexicanas que regularán las actividades del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V.

NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales

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.

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-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas 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 nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.

NOM-045-SEMARNAT-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-052-SEMARNAT-1993, que 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-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM052-SEMARNAT-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-080-SEMARNAT-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-083-SEMARNAT-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales (Aclaración 7-marzo-1997).
- NOM-114-SEMARNAT-1998. Norma Oficial Mexicana 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 servicio o turísticas
- NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación
- NOM-003-CNA-1996, que establece los requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos
- NOM-004-CNA-1996, que establece los 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.

Discusión y Conclusiones

Como se mencionó en el análisis de la información sectorial, la capacidad instalada del sector eléctrico en el ámbito regional y nacional es limitada para satisfacer en el corto plazo las demandas crecientes de energía eléctrica, por tal motivo se deben generar flujos de electricidad eficaces y suficientes, asegurando el suministro de energía eléctrica en la región y en el ámbito nacional, para lo cual se pretende llevar a cabo el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V.

Para la planeación y desarrollo de sus proyectos, la Comisión Federal de Electricidad toma en cuenta la normativa ambiental vigente con el fin de evitar en lo posible el impacto en el ambiente donde se implementen, considerando para ello los efectos sobre los diferentes ecosistemas que conforman el área de estudio de sus proyectos, a fin de prevenir, mitigar y/o compensar la posible afectación que pudieran ocasionar sobre la flora, fauna, suelo y agua, contribuyendo de esta manera a garantizar su compatibilidad con el ambiente, en las actividades de selección del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

El predio propuesto para la construcción del proyecto que nos ocupa será el mismo que fue destinado para la construcción de tres plataformas de pozos geotérmicos, los cuales ya han sido dados de baja ante la CNA debido a su declinación de vapor, por lo que no se considera que no afectarán áreas de importancia paisajística, ni especies de importancia biológica, tanto de flora como de fauna. El análisis de los instrumentos de planeación expuestos en este capítulo demuestra que este proyecto geotermoeléctrico **no** se contrapone con las regulaciones existentes sobre el uso del suelo del predio donde se pretende instalar y es conciliador con las políticas ambientales de los ordenamientos jurídicos revisados.

IV.2.2 Aspectos bióticos

a) Vegetación terrestre

La cubierta vegetal del campo geotérmico Cerro Prieto, se encuentra caracterizada por comunidades de porte arbustivo propias de las zonas áridas y semiáridas, que conforman el tipo de vegetación denominado matorral xerófilo, según los tipos de vegetación propuestos por Rzedowski (1978) o matorral desértico micrófilo, de acuerdo con Flores *et al.* (1971).

Shreve (1951) describe del noroeste de Sonora y del este del estado de Baja California al matorral de *Larrea tridentata* y *Ambrosia dumosa* o *A. deltoidea*, que ocupa característicamente las llanuras con suelo profundo, así como las partes inferiores de los abanicos aluviales, aunque también se le observa muchas veces en las laderas de los cerros. La comunidad es florísticamente pobre, sobre todo en especies leñosas, aunque existe un contingente de plantas anuales que no hacen su aparición sino en algunos años.

De acuerdo con Delgadillo (1998), el área de estudio pertenece al Desierto Sonorense que es una región árida subtropical centrada en la parte alta del Golfo de California. Sus elevaciones van desde el nivel del mar a cerca de los 1 200 m. Los regímenes de lluvia son biperiódicos con fuertes monzones en verano. El desierto sonorense es muy diverso y ha sido subdividido florísticamente en siete unidades, de las cuales, la unidad Valle Bajo del Río Colorado está conformada por tres diferentes tipos de desierto: Vizcaíno Norte, Golfo y San Felipe; perteneciendo a este último, la totalidad del área de estudio.

Según López (1991), existe una mayor diversidad florística y cobertura total de la vegetación a mayor altitud, presentando un decremento, conforme se desciende. Paralelamente, factores edáficos como porcentaje de arena y pH, aumentan al seguir esta misma tendencia de decremento altitudinal a lo largo del gradiente ambiental (Delgadillo, 1998). De acuerdo con este último autor, en el llamado desierto de San Felipe se encuentran nueve diferentes tipos de comunidades vegetales, definidos por el hábitat que ocupan, considerando aspectos de tipo fisonómico, fisiográficos y geomorfológicos, siendo las que ocurren en el área de estudio las siguientes seis hábitats: dunas interiores, suelos aluviales, sustratos basálticos, ramblas, saladares interiores y vegetación riparia. La carta de Uso del Suelo y Vegetación (Mapa 6), escala 1:250 000 de INEGI (1997), presenta la distribución de diez categorías de uso del suelo para el área de estudio, de estas diez, siete son categorías de vegetación y se encontró, durante el trabajo de campo, que se corresponden en su distribución con las comunidades vegetales de Delgadillo antes mencionadas, de acuerdo con el Cuadro IV.7.

Cuadro IV.7. Equivalencia entre los tipos de vegetación de Delgadillo (1998) y de INEGI (1997)

COMUNIDAD POR HÁBITAT (Delgadillo 1998)	TIPOS DE VEGETACIÓN/COMUNIDAD (INEGI 1997)
Dunas interiores	Vegetación de desiertos arenosos
Suelos aluviales	Matorral desértico micrófilo inerme
	Matorral desértico micrófilo inerme/con erosión
Sustratos basálticos	Matorral desértico micrófilo/subinerme
Ramblas	Matorral desértico micrófilo/ Vegetación secundaria
Saladares interiores	Áreas sin vegetación
Vegetación riparia	Vegetación de galería

Se describen a continuación las siete comunidades vegetales identificadas en campo.

Descripción de los tipos de vegetación

Dunas interiores (Figura IV.24). Comunidad vegetal formada principalmente por arbustos que se agrupan por manchones sobre las dunas de arena, fijándolas progresivamente. Su componente florístico es muy pobre, está formado por arbustos medianos y bajos como *Larrea tridentata* y *Prosopis glandulosa* variedad *torreyana*, sobre los montículos superiores más o menos firmes. En la base de estas dunas es común encontrar diversas poblaciones en mosaico de *Atriplex canescens*, *Ambrosia dumosa* y *Encelia farinosa*, principalmente. Estas especies proceden de las áreas circunvecinas principalmente del matorral desértico micrófilo.



Figura IV.24. Típica conformación de este hábitat con *Larrea tridentata* como factor de fijación del suelo.

Ocupa pequeñas áreas sobre los límites al norte y oriente de la zona de estudio, principalmente en la base de los cerros, donde se depositan las partículas de arena, provenientes de los suelos aluviales.

Suelos aluviales. Los suelos aluviales dominan la mayor parte de las planicies del desierto de San Felipe, dando lugar a un mosaico de comunidades en donde, de acuerdo con Rzedowski (1978); Shevre (1951) menciona que *Larrea* y *Ambrosia* constituyen del 90 al 100% de la vegetación de escaso relieve, pero a lo largo de las vías de drenaje o en lugares de declive pronunciado aparecen otros arbustos, como por ejemplo, especies de *Prosopis*, *Cercidium*, *Olneya*, *Opuntia*, *Condalia*, *Lycium*, *Fouquieria*, *Hymenoclea*, *Acacia* y *Chilopsis*, entre otras; sin embargo, estas comunidades presentan la mayor diversidad florística de este desierto (Delgadillo, 1998). Una buena parte del área de distribución de esta vegetación está actualmente ocupada por terrenos de cultivo del Distrito de Riego 014 Río Colorado, además de existir ganadería extensiva y explotación forestal.

De acuerdo con INEGI (1997), las comunidades vegetales que se distribuyen en el área de estudio y que se corresponden con esta categoría (suelos aluviales) de Delgadillo (1998) son:

- **Matorral desértico micrófilo inerme** (Figura 25). Esta comunidad, formada por más del 70% de plantas sin espinas, se distribuye, en el área de estudio, a lo largo de una planicie aluvial muy arenosa, localizada en la porción suroeste del área de estudio. Es una comunidad más o menos conservada, cuyos componentes principales son *Larrea tridentata* y *Pleurophis (Hilaria) rigida* (zacate galleta), y en donde eventualmente sobresalen algunas plantas de mayor altura tales como *Fouquieria splendens* y *Olneya tesota*.



Figura IV.25. Aspecto fisonómico del matorral desértico micrófilo inerme sobre suelos aluviales

- **Matorral desértico micrófilo inerme sobre suelos aluviales con erosión** (Figura IV.26). Esta comunidad, con las mismas características de la anterior, pero con una cobertura mucho menor debido a la erosión, ocupa una pequeñísima porción en la parte noroccidental del área de estudio.



Figura IV.26. Aspecto fisonómico del matorral desértico micrófilo inerme
Sobre suelos aluviales con erosión eólica

Sustratos basálticos (Figura IV.27). Esta comunidad se encuentra restringida, en el área de estudio, a las laderas y derrames basálticos del volcán Cerro Prieto. Debido al carácter volcánico de la roca que impide la retención de humedad, este hábitat es fisonómicamente desnudo o malpaís y con un componente florístico muy pobre. Sólo algunas plantas sobreviven en estas condiciones adversas, como es el caso de *Atriplex sp.* y *Encelia farinosa*, principalmente en las laderas rocosas en donde se acumula algo de suelo con partículas finas. En áreas donde se llega a formar suelo gravoso a partir de esta misma roca volcánica, es posible encontrar algunos ejemplares de *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, *Olneya tesota*, *Cercidium microphyllum*, *Fouquieria splendens* y *Larrea tridentata*.

Ramblas (Figura IV.28). Las ramblas son cauces abiertos por el escurrimiento concentrado de las aguas durante lluvias intensas pero ocasionales típicas de las zonas áridas, que son capaces de excavar el suelo debido a la fuerza con la que corre el agua y luego permanecen secas la mayor parte del año. De acuerdo con Delgadillo (1998), son el único ambiente, en el desierto de San Felipe, que propicia el crecimiento de pequeños y medianos árboles, que se distribuyen en las planicies siguiendo una disposición “dendroide”, esto es, muy ramificada y de acuerdo con la dirección (este-oeste) que llevan estas ramblas. El principal componente florístico lo constituyen especies como *Bursera hindsiana*, *B. microphylla*, *Cercidium microphyllum*, *Condalia lycioides*, *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* y *Olneya tesota* (Delgadillo, 1998).



Figura IV.27. Aspecto fisonómico de la vegetación desarrollada en sustrato basáltico (volcán Cerro Prieto)



Figura IV:28. Aspecto de la vegetación de matorral desértico micrófilo en hábitat de ramblas conformado por especies de vegetación secundaria

Sin embargo, en el área de estudio, este hábitat se encuentra muy perturbado ya que se ha reservado tradicionalmente como área de agostadero y como se distribuye en las partes más bajas de la zona agrícola, existe en la actualidad una gran acumulación de sales. Por lo tanto, la vegetación que sustentan se encuentra definida por comunidades casi puras de Mezquite tornillo (*Prosopis pubescens*) o de *Tamarix ramosissima*, en las ramblas más salinas. En ambas comunidades pueden presentarse de manera ocasional *Pluchea sericea* y *Baccharis sarothroides*. INEGI (1997), clasifica esta comunidad como Matorral desértico micrófilo / vegetación secundaria.

Saladares interiores (Figura IV.29) Esta vegetación, ligada a climas extremadamente áridos, se localiza principalmente en cuencas y depresiones endorréicas y suelos alcalinos, como es el caso de la zona más baja del área de estudio, circunscrita a los alrededores de la laguna de evaporación. Estos ambientes están dominados por *Allenrolfea occidentalis*, formando una asociación casi monoespecífica, acompañada de un reducido número de plantas que tienen en común su alta tolerancia a la salinidad, como son *Suaeda torreyana* (= *S. moquinii*, *S. nigra*) y *Atriplex polycarpa*. Delgadillo *et al.* (1992), aplicando el método fitosociológico (Escuela Zurich-Montpellier), clasifican esta asociación como *Allenrolfeetum occidentalis* y lo describen (ajustado para el área distribución de esta comunidad vegetal en la zona de estudio), de la siguiente manera:



Figura IV.29. Aspecto de la vegetación halófila desarrollada en zona de saladares

Asociación casi monoespecífica dominada por el nanofanerofito suculento *Allenrolfea occidentalis*, acompañado de un número reducido de plantas ocasionales (sólo *Atriplex polycarpa*, para el área de estudio) que tienen en común su alta tolerancia a la salinidad y a la sequía de los suelos. *Allenrolfeetum occidentalis* es una asociación de amplia distribución, pero muy estenoica, ya que siempre ocupa suelos alcalinos con elevados contenidos de cloruro de

sodio; en el área de estudio, ocupa posiciones en donde la sequía y la salinidad son tan extremas que no son toleradas por otros halófitos.

Debido a que durante el proceso de alcalinización se acumula carbonato sódico, bajo el *Allenrolfeetum* se forman duras costras de estas sales, que originan un relieve superficial en forma de lomo de cocodrilo muy característico. En estos suelos las partículas más finas (arcillas) se mueven hacia abajo en el perfil edáfico, quedando en la superficie las partículas arenosas, formándose una costra dura de arcilla por debajo del horizonte superficial arenoso. Existe por lo general humedad en el suelo a unos 30-40 cm por debajo de la superficie, incluso en verano, mostrando todo el perfil edáfico un notable enriquecimiento en sales, incluso a 1 m de la superficie. Esta asociación está ligada a los climas extremadamente áridos, como los existentes en los desiertos costeros, tanto de la costa pacífica como del golfo en Baja California (saladares costeros). Más hacia el norte (tal es el caso de nuestra área de estudio), está restringida a los suelos alcalinos de las depresiones de los desiertos calientes (Sonora y Mohave) y frío (Gran Cuenca) de Estados Unidos.

Es importante señalar que en el sitio propuesto para la construcción de la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V no se verán afectados ninguno de los tipos de vegetación descritos anteriormente; la superficie propuesta para la instalación de la central ha sido anteriormente utilizada como plataforma para la perforación de tres pozos geotérmicos (ver Figura IV.30), mismos que serán clausurados conforme a lo indicado en la norma oficial mexicana NOM-004-CNA-1996, la cual establece los 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; por otra parte, el sitio se encuentra delimitado por pequeños manchones de vegetación secundaria halófila, conformados básicamente por algunos ejemplares dispersos de pino salado (*Tamarix ramosissima*), huizapal (*Ambrosia dumosa*), cachanilla (*Pluchea sericea*) y tule (*Typha latifolia*), los cuales se desarrollan en las orillas de pequeños drenes.



Figura IV.30. Vegetación que será removida para preparación del sitio donde se instalará la CG Cerro Prieto V.

Composición florística

Desde el punto de vista florístico, el área de estudio se localiza en la Provincia Planicie Costera del Noroeste, la cual se extiende a lo largo de la franja costera del estado de Sinaloa, gran parte de la superficie del estado de Sonora, y la porción extrema del noreste del estado de Baja California. Su flora es parecida a la de la Provincia de Baja California, pero el número de endemismos no es tan elevado.

De acuerdo con el listado florístico incluido en el Anexo C, para el área de estudio se registraron alrededor de 91 especies, distribuidas en 71 géneros y 34 familias. La especies más representativas o comunes del estrato arbustivo y herbáceo en el área de estudio son: *Larrea tridentata* (gobernadora); *Pluchea sericea* (cachanilla); *Ambrosia chenopodiifolia*; *A. dumosa*; *A. deltoidea*; *Allenrolfea occidentalis* (chamizo); *Acacia greggii* (uña de gato); *Atriplex canescens* (costilla de vaca); *A. polycarpa* (chamizo); *Lycium andersonii* (frutilla) *L. californicum*; *Krameria parvifolia* (huizapol); *Baccharis sarothroides* (romerillo); *Fouquieria splendens* (ocotillo); *Hymenoclea salsola*; *Typha latifolia* (tule); *Arundo donax* (carrizo) y *Encelia farinosa* (incienso); entre otras especies.

Entre las especies arbóreas que se encuentran en el área de estudio se encuentran: *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* (mezquite); *Prosopis pubescens* (tornillo); *Olneya tesota* (palo fierro); *Psoralea argophylla* (palo de humo); *Cercidium microphyllum* (palo verde) y *Tamarix ramosissima* (pino salado); entre otras.

Con respecto a las gramíneas, en el área de estudio es común observar las siguientes especies: *Aristida adscensionis* (aceitilla); *Bouteloua aristidoides* (aceitilla); *Distichlis palmeri*; *Distichlis stricta* (zacate salado); *Festuca octoflora* (festuca); *Heteropogon contortus* (zacate colorado); *Pleuraphis rigida* (zacate galleta); *Spartina foliosa*; *Sporobolus pyramidatus* .

Flora con categoría de riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001

Con base en los listados de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 y de acuerdo con el listado florístico obtenido (Anexo C del Capítulo VIII), para el área de estudio del Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V se encontraron dos especies con categoría de riesgo, estas son:

- 1) *Olneya tesota* (palo fierro), sujeta a protección especial; y
- 2) *Lophocereus schottii* (garambuyo o senita), también sujeta a protección especial.

No obstante, ninguna de estas especies se encuentra dentro del campo geotérmico Cerro Prieto ni fue observada dentro de su área de influencia, motivo por el cual no serán afectadas por las obras que se realicen para la construcción del presente proyecto.

Es importante señalar que a la especie *Lophocereus schottii* algunos autores le han identificado dos subespecies, mismas que se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, éstas son: *L. schottii mieckleyanus* y *L. schottii monstrosus*; cuya distribución ha sido reportada en los límites de los estados de Baja California y Baja California Sur.

Usos de la flora silvestre (especies de uso local y de importancia para etnias o grupos locales y especies de interés comercial)

Con base en el listado florístico obtenido para el área de estudio del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V, existen alrededor de 10 especies de plantas vasculares que tienen algún uso local, en el Cuadro IV.7 se presenta el resumen de ellas.

Cuadro IV.7. Relación de plantas silvestres observadas en el área de estudio que tienen un uso local.

Especie	Usos
<i>Arundo donax</i>	Construcción (cercas)
<i>Asclepias subulata</i>	Medicinal
<i>Baccharis sarathroides</i>	Construcción (vivienda)
<i>Echinocereus engelmannii</i>	Comestible
<i>Ephedra californica</i>	Medicinal
<i>Ferocactus acanthodes</i>	Comestible
<i>Prosopis glandulosa var. torreyana</i>	Medicinal, comestible

b) Fauna

El origen de la fauna de Baja California está estrechamente relacionado con los cambios climáticos ocurridos en el período terciario, particularmente durante las glaciaciones, que provocaron modificaciones en la distribución de la flora, y con ello también, en la distribución de la fauna norteamericana.

El desarrollo y establecimiento de los diferentes tipos de vegetación presentes en el Estado, ocasionó la emigración e inmigración de especies animales. Se estableció una diversidad de corrientes o corredores migratorios que dieron como resultado una variedad de especies afines con los elementos componentes de otras regiones aledañas a la Península de Baja California.

Esta península se divide en cinco distritos faunísticos, quedando el campo geotérmico dentro del Distrito Tres denominado Distrito del Desierto del Colorado que cubre la parte noreste de Baja California, entre el nivel del mar y una altitud de 1 400 m en la frontera con la Sierra de Juárez y 1 700 m ó más, en la porción este de la Sierra San Pedro Mártir. Su extremo sur es la Bahía de Los Ángeles, desde Matomí y Punta San Fermín hacia el sur y se extiende como una angosta franja, hacia el este de la cadena montañosa, paralela a la costa. Hacia el oeste, al sur de San Pedro Mártir, limita con el Distrito San Dieguense. Su parte norte ocupa la Planicie del Delta y las llanuras de inundación del Río Colorado, aunque se interrumpe por algunos relieves montañosos, como las sierras Cucapá, Las Pintas, San Felipe y Santa Clara. Especies de este distrito son: *Callipepla gambelli* (codorniz Gambel), *Ovis canadensis* (borrego cimarrón), *Myotis californicus stephens*, *Pizonyx vivesi*, *Antrozous pallidus pallidus* (murciélago), *Sylvilagus audubonii arizonae* (conejo), *Lepus californicus deserticola* (liebre), *Ammospermophilus leucurus leucurus*, *Spermophilus tereticaudus tereticaudus* (ardillas), *Pherognathus baileyi hueyi* y *Perognathus arenatus paralius* (ratones), *Canis latrans mearnsi*, *Canis latrans clepticus* (coyotes), *Macrotis vulpes arsipus*, *Urocyon cinereoargenteus scottii* (zorro), *Procyon lotor pallidus* (mapache), *Felis concolor browni* (puma) (En línea: www.bajacalifornia.gob.mx).

De acuerdo con lo anterior, la fauna del sitio es una comunidad muy escasa y está formada principalmente por diversas especies de animales muy comunes y característicos de sitios con disturbio. Sin embargo, es conveniente mencionar el caso de la laguna de evaporación, que a pesar de ser un cuerpo de agua artificial y de reciente creación, en términos biológicos, está siendo colonizada por algunos vertebrados tales como los peces *Micropterus salmoides*, *Cyprinus carpio* además de más 30 especies diferentes de aves migratorias (ver **Anexo C**) que, de acuerdo con Gutiérrez, *et al.* (1995), la utilizan principalmente como refugio invernal.

- **Diversidad de especies**

Como una parte inicial, se elaboró un listado preliminar de la fauna de la región, con base en el registro bibliográfico, en observaciones y estudios de campo, mediante censos, observación de huellas, excretas, inspección visual y búsqueda de madrigueras.

La identificación visual de las especies se llevó a cabo con ayuda de guías de campo de Howell y Webb (1995), National Geographic Society (1989), Peterson y Chalif (1989), Robbins *et al.* (1983), Kaufman (2005) y Alsop (2001).

Mamíferos

De acuerdo con la literatura, se sabe que la mastofauna del Distrito Tres denominado Distrito del Desierto del Colorado, está constituida por 18 especies y 15 subespecies. Para el área de estudio como se mencionó anteriormente se trata de una comunidad muy escasa compuesta por especies muy comunes, ver Anexo C.

Aves

Para obtener información de la avifauna de la región se realizaron visitas al sitio del proyecto en diferentes épocas del año, tanto por CFE como por otras instituciones de México y Estados Unidos de Norteamérica, especialmente en lo que respecta a las aves de la laguna de evaporación, ver Anexo C.

Se realizaron recorridos desde el amanecer hasta aproximadamente las 1200h, y desde las 1600 a las 1800h. Para la identificación de las especies se utilizaron las guías de campo de Howell y Webb (1995), National Geographic Society (1999), Peterson y Chalif (1989), Robbins *et al.* (1983) y Kaufman (2005).

El análisis de la estacionalidad de la avifauna se realizó con base en observaciones directas y en el trabajo de campo para este estudio. El nombre común de las especies fue tomado principalmente de Escalante *et al.* (1996). La utilidad económica o uso que se hace de las aves se obtuvo de la Guía de Aves Canoras y de Ornato (INE-CONABIO, 1997). El análisis sobre el estatus de riesgo en que se encuentra la avifauna en el área se realizó con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 y CITES (2005).

Anfibios y reptiles

Para determinar la diversidad de la herpetofauna regional se analizaron los siguientes aspectos:

1. Se recabaron notas de campo de las especies observadas y se identificaron con ayuda de guías de campo.
2. Se realizaron entrevistas con personas de la región.

De acuerdo con lo anterior se elaboró un listado que incluye las especies que fueron observadas en la zona de Cerro Prieto, además de los registros confiables de la literatura que fueron corroborados por los lugareños.

Destacan por su abundancia los reptiles de la familia Iguanidae (lagartijas) y Crotalidae (serpientes), del grupo de los anfibios no se observó ninguna especie.

Estadísticamente se determinó la diversidad asumiendo que ésta se integra por dos componentes: el número total de especies, definida frecuentemente como la riqueza específica, y el número de individuos de cada especie. Sólo se evalúa un período muy corto de tiempo por lo que no pueden inferirse cuestiones estacionales, ni de riqueza específica real, ya que la información es insuficiente como para definir de manera satisfactoria el estado y la dinámica poblacional de las especies.

Peces

El sitio en el que se ubica el campo geotérmico carece de cuerpos de agua naturales, sin embargo existen canales para riego que rodean al campo, en los que se pueden encontrar peces como *Cyprinus carpio*, *Micropterus salmoides* e *Ictalurus punctatus* que generalmente son pescados por los lugareños de los ejidos adyacentes, tal como se muestra en la Figura IV.31. En algunos estanques se ha observado al pez perrito del desierto *Cyprinodon macularius* (ver Anexo B, Foto 26) el cual se encuentra en peligro de extinción y con una distribución endémica, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001.



Figura IV.31. Peces capturados por los lugareños de la región en el canal Delta (*Cyprinus carpio*, *Micropterus salmoides*)

- **Especies dominantes**

Mamíferos

Debido a los hábitos nocturnos de la mayoría de los mamíferos y a su esquivo comportamiento, resultó difícil reconocer el grado de dominancia de las especies dentro de un contexto ecológico. Para definir las especies dominantes es necesaria la aplicación de técnicas de marcaje y censado durante las cuatro estaciones del año, por lo tanto, en este apartado sólo se mencionan las especies que fueron observadas con mayor frecuencia o que fueron más aparentes en la zona de estudio.

De las especies de quirópteros, el murciélago *Myotis californicus* es el más común, principalmente en las áreas donde el agua se encuentra más o menos permanente a lo largo del año.

La liebre de cola negra (*Lepus californicus*) se observó en pocas ocasiones, aunque, de acuerdo con los comentarios de los lugareños, es una especie muy abundante en la región. La liebre descansa durante el día en cavidades excavadas cerca de manchones de vegetación, arbustos y pequeños arbolillos que le proporcionan sombra y protección en contra de posibles depredadores.

El coyote, (*Canis latrans*), es la especie más frecuentemente observada en los límites del predio, cerca de la laguna Vulcano con dirección hacia el volcán Cerro Prieto.

- **Abundancia relativa**

Mamíferos

Por lo que se refiere a la abundancia relativa para mamíferos no es posible determinar la abundancia relativa, por carecer de información suficiente.

Aves

El índice de valor biológico (IVB) aplicado a la comunidad aviar, dio como resultado diez especies como las más representativas en abundancia y frecuencia de aparición: *Recurvirostra americana* (76), *Calidris mauri* (72), *Himantopus mexicanus* (68), *Aythya americana* (65), *Anas americana* (53), *Podiceps nigricollis* (53), *Phalaropus lobatus* (51), *Egretta thula* (50), *Calidris minutilla* (41) y *Larus delawarensis* (34), ver Cuadro V.8. (De León, 2007).

Anfibios y reptiles

De igual manera que para los mamíferos no fue posible estimar la abundancia relativa para anfibios y reptiles por carecer de información suficiente.

Cuadro V.8. Valores de los atributos ecológicos comunitarios calculados para la avifauna de la laguna de evaporación del campo geotérmico de Cerro Prieto. Número de especies (S), número de individuos por mes (N), Riqueza de Margalef (D), Equidad de Pielou (J'), Diversidad de Shannon [H(log)], y dominancia de Simpson (Lambda). De León (2007).

MES	S	N	D	J'	H(log)	Lambda	Temporada
JUN	23	1451	3.0219746	0.76716725	2.40544849	0.11610187	Verano
JUL	20	423	3.14186054	0.85850219	2.57184272	0.0912	Verano
AGO	24	763	3.4652864	0.65249401	2.07366108	0.18640807	Verano
SEP	22	1218	2.9556794	0.38695733	1.19619152	0.53373993	Otoño
OCT	28	1852	3.58850653	0.42055081	1.40136131	0.50095804	Otoño
DIC	30	2874	3.64163313	0.69535624	2.36504381	0.14886083	Invierno
ENE	36	3982	4.22218871	0.50932942	1.82519161	0.2967896	Invierno
FEB	28	2514	3.44843864	0.52328085	1.74367881	0.36035243	Invierno
MAR	29	827	4.16802829	0.71629523	2.41197793	0.14973338	Primavera

- **Zona de reproducción**

Mamíferos

La zona de distribución de los mamíferos en la región de Cerro Prieto, son las mismas que sus áreas de reproducción, es decir, indistintamente del área en que se distribuyan, en ella llevarían a cabo su reproducción, por lo tanto toda la región constituye en sí, un área de reproducción de mamíferos.

La reproducción de la mayoría de los mamíferos de zonas desérticas, está limitada por la disponibilidad de los recursos alimenticios y éstos a su vez dependen del régimen de lluvias. Así, en la época de mayor humedad ambiental y por lo tanto de mayor producción de follaje y fructificación de las plantas, los mamíferos tienen una mayor posibilidad de sobrevivencia y desarrollo de sus crías.

Un alto porcentaje de especies de mamíferos son monoéstricas, es decir, sólo procrean una vez al año, coincidiendo con la parte de la sequía y el inicio de las lluvias. Es el caso de los mamíferos de talla mediana como coyotes, zorras y zorrillos y algunas especies de talla pequeña como algunos ratones, ardilla y murciélagos insectívoros.

Los murciélagos palinófagos y algunas especies de roedores son especies poliéstricas, se reproducen durante todo el año, pero presentan dos temporadas en especial donde los nacimientos son más numerosos; una de éstas se presenta entre abril y mayo y la otra entre junio y agosto.

Las zonas de reproducción varían de acuerdo con el grupo de que se trate. Para la mayoría de las especies terrestres, los cambios estacionales se reflejan en cambios en el tamaño y calidad de sus ámbitos hogareños y territorios; en el caso de los pequeños mamíferos la magnitud de estos cambios puede reflejarse en la extensión de varios metros en el área que conforma el territorio a diferencia de las especies de gran talla, en donde los cambios pueden significar la reducción o extensión del orden de decenas de kilómetros cuadrados.

Aves

Las zonas de reproducción de la mayoría de las especies reportadas para la porción norte de Baja California son áreas más o menos extensas. Debido a esto, la región de Cerro Prieto representa una porción del área de reproducción de la mayoría de las especies de aves que se encuentra en la zona.

Aunque cabe mencionar el caso especial de la laguna de evaporación, en donde se detectaron algunas especies anidando, empollando o alimentando polluelos de acuerdo con Molina y Garret (2001), como es el caso de tres especies de garzas: *Ardea herodias*, *A. alba* y *Egretta thula*, una gaviota *Larus atricilla*, tres golondrinas marinas *Sterna nilotica*, *S. caspia* y *S. forsteri*, el rallador americano *Rhynchos niger*, el chorlo *Charadrius alexandrinus*, el chotacabras menor *Chordeiles acutipennis* y el gorrión sabanero piquigruoso *Passerculus sandwichensis*, que utilizan algunos islotes dentro de la laguna y sobre arbustos de *Allenrolfea occidentalis*, que les proveen el hábitat adecuado.

Anfibios y reptiles

Las especies de reptiles y anfibios del área de estudio no realizan migraciones en búsqueda de lugares para reproducirse, sino que lo hacen en la misma área de su “ámbito hogareño”. Este grupo se caracteriza por presentar una temporada reproductiva fuertemente influenciada por condiciones específicas de temperatura y fotoperíodo; en las zonas áridas la precipitación tiene una menor importancia para los reptiles, mientras que para los anfibios es un factor determinante.

- **Especies migratorias**

Mamíferos

De las especies de mamíferos que habitan en el área, con la escasa información que se tiene no es posible determinar si se presentan migraciones, tal es el caso del murciélago bigotudo *Mormoops megalophylla* que realiza movimientos en los meses de invierno (Ceballos y Galindo, 1984; *in* CIB, 1991). Pero no se tienen reportes de esta especie para el área. En el mismo caso se presenta para el murciélago hocicudo *Leptonycteris yerbabuena*, el cual migra hacia el centro y sur de México en otoño para regresar a principios de la primavera. Sin embargo, hasta ahora se desconoce el período exacto y magnitud de sus migraciones (Ceballos y Galindo *op. cit.*; Álvarez y González Quintero, 1970; *in* CIB, 1991)

Las otras especies de mamíferos presentan sólo movimientos locales dentro de sus ámbitos hogareños o territorios, Estos territorios son muy reducidos en el caso de animales pequeños (ratones, ratas, conejos, liebre y ardillas) o pueden ser extensos cuando se trata de animales de talla grande, como el caso del puma que cuenta con un rango de extensión de hasta 500 km².

Para una mejor definición de las especies de mamíferos migratorias, es preciso llevar a cabo un estudio intensivo de captura y marcaje a lo largo de por lo menos un ciclo anual.

Aves

La Península de Baja California es la ruta de muchas especies que son invernantes o transitorias. Por ejemplo, el colibrí colicanelo *Selasphorus sasin*, migra de regreso al norte durante la primavera a través de Baja California, a diferencia de su migración al sur en el otoño la cual realiza siguiendo una ruta transcontinental; esta migración circular posiblemente se presente en golondrinas que han sido consideradas como residentes de verano: la golondrina risquera *Petrochelydon pirrhonota* y la golondrina grande negruzca *Progne subis* que emigran hacia el sur durante el invierno y en la época reproductora se encuentran en los desiertos de Baja California (Phillips, 1961; *in* CIB, 1991).

Por lo que se refiere a las especies de aves migratorias (ver Anexo C) que utilizan la laguna de evaporación como zona de refugio invernal, cabe mencionar que la citada laguna de evaporación se ha formado con el agua procedente de los pozos perforados con el objetivo de extraer vapor para generar electricidad. De acuerdo con Molina y Garret (2001), poseen valor ecológico los estanques e islotes formados, ya que la CFE ha tomado acciones para preservar y aumentar su valor para la fauna silvestre.

- **Especies de valor comercial**

El hablar del interés cultural por los recursos faunísticos es hablar de la forma de utilizarlos. Como se mencionó anteriormente la fauna del área donde se ubica el campo geotérmico de Cerro Prieto es una comunidad muy escasa y está formada principalmente por diversas especies de animales muy comunes y característicos de sitios con disturbio, sin embargo, la laguna de evaporación por proveer refugio invernal para las aves acuáticas migratorias adquiere valor cultural científico.

Las especies de aves que son explotadas en la zona, así sean por la cacería comercial o por la de subsistencia son sólo dos: *Callipepla gambellii* (Codorniz de Gambell) y *Zenaida asiática* (Paloma aliblanca)

Al efectuarse entrevistas con los pobladores no se detectó ningún interés específico desde el punto de vista cultural hacia alguna de las especies de anfibios o reptiles. Probablemente ciertas especies tuvieron significado para los grupos indígenas que habitaron la región, como es el caso de los Cucapá, que su principal actividad es la pesca pero que anteriormente también cazaban venado, borrego cimarrón y algunas aves.

Mamíferos

El interés científico en las especies que se distribuyen en la región de Cerro Prieto es el mismo que para las otras especies de la mastofauna de Baja California. Conocer su dinámica en los ecosistemas desérticos es imprescindible para su adecuado manejo de los recursos.

Aves

La Península de Baja California ha sido en gran parte reconocida como una región especialmente rica en subespecies endémicas de aves (Grinnel, 1928; in CIB,1991).

Entre la avifauna que presenta valor estético en la región están algunas especies de aves canoras y rapaces. A continuación se presenta un listado de dichas especies:

Rapaces:

Aguila cabeciblanca	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>
Aguililla cola roja	<i>Buteo jamaicensis</i> (*)
Aguililla real	<i>Buteo regalis</i>
Halcón cernícalo	<i>Falco sparverius</i>

Canoras:

Cenzontle norteño	<i>Mimus polyglottos</i>
-------------------	--------------------------

(*) es importante señalar que en la NOM-059-SEMARNAT-2001, *Buteo Jamaicensis* presenta dos subespecies que tienen categoría de riesgo, sin embargo, ninguna se presenta en el área de estudio.

Reptiles

Los reptiles que se distribuyen en la región, como parte integrante de los ecosistemas desérticos, tienen un valor científico que se comparte con todas las especies que habitan la Península de Baja California, no existiendo ninguna especie que sobresalga por poseer características particulares especiales que la hagan sujeto de un mayor interés científico.

En cuanto al valor estético de los miembros de este grupo, las víboras de cascabel, a pesar del temor que les tiene la gente, tienen un valor estético no sólo en la región, sino en todas las regiones donde se distribuyen, por considerarse como una especie característica de las regiones desérticas.

• **Especies amenazadas o en peligro de extinción**

En la porción sonorenses del Desierto de Sonora, que incluye el noreste de Baja California, existen al menos 14 especies de anfibios (dos de ellas endémicas), 68 de reptiles (cinco endémicas), 190 de aves y 84 de mamíferos (dos endémicas, aunque compartidas con el Desierto de Baja California), mientras que en la porción bajacaliforniana las cifras son de al menos 4 especies de anfibios, 59 de reptiles (20 endémicas), 134 de aves y 54 de mamíferos (cuatro endémicas). De éstas, dos especies de anfibios, 21 de reptiles, 118 de aves y 45 de mamíferos se encuentran en ambos desiertos.

Las aves, dado su medio de locomoción, tienen bajos grados de endemismo en la región. Sin embargo, la península de Baja California, que está más aislada que los desiertos continentales, alberga cuatro especies de aves raras y cuasiendémicas, restringidas principalmente a la

Península, y comunes en esta área silvestre desértica, aunque también existen fuera de estos hábitats, tanto en los matorrales de tipo mediterráneo del norte como en los matorrales tropicales xerófilos de la región de Los Cabos. Se trata del zafiro peninsular (*Hylocharis xantusii*), la mascarita peninsular (*Geothlypis beldingi*), el tecolote peninsular (*Glaucidium hoskinsii*) y el cuitlacoche ceniciento (*Toxostoma cinereum*). (INE-SEMARNAT- www.ine.gob.mx/); sin embargo, ninguna de ellas fue observada en las visitas de campo realizadas, ni están reportadas para el área de estudio.

Se presenta a continuación la lista de especies, incluyendo las subespecies aún no determinadas, reportadas para el área que tienen alguna categoría de estado de conservación. Los comentarios específicos para cada grupo sobre estos aspectos, se presentan en el siguiente Cuadro IV.9.

Cuadro IV.9. Especies y subespecies de fauna en peligro de extinción, amenazadas y las sujetas a protección especial, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTADO DE CONSERVACIÓN
AVES		
<i>Anas platyrhynchos diaza</i> (1)	Pato mexicano	A*
<i>Buteo regalis</i>	Aguililla real	Pr
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión mexicano	P
<i>Egretta rufescens</i> (2)	Garza rojiza, garza piquirroza	Pr
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Pr
<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Águila calva, águila cabeza blanca	P
<i>Larus heermanni</i>	Gaviota ploma	Pr
<i>Larus livens</i>	Gaviota patas amarillas	Pr
<i>Phaethon aethereus</i>	Rabijunco de pico rojo	A
<i>Rallus longirostris levipes</i> (2)	Palmoteador	P*
<i>Rallus longirostris yumanensis</i> (2)	Palmoteador de Yuma	A
<i>Sterna antillarum</i>	Charran mínimo	Pr
<i>Sterna elegans</i>	Golondrina marina elegante	Pr
REPTILES		
<i>Crotalus atrox</i>	Víbora de cascabel	Pr
PECES		
<i>Cyprinodon macularius</i>	Pez perrito del desierto	P

(P) Peligro de extinción; (A) Amenazadas; (Pr) Protección especial;

(*) Endémicas para la República Mexicana.

(1) el estado de conservación es para la subespecie

(2) no fueron observadas en el área de estudio

Mamíferos

De un total de 504 especies nativas, clasificadas en 188 géneros y 45 familias, treinta por ciento (147) son endémicas del país. El resto contiene elementos neárticos y neotropicales en proporciones casi iguales. Por lo que respecta al estado de conservación en México el problema

de extinción y desaparición de especies de mamíferos silvestres es severo, ya que por lo menos ocho especies han desaparecido y 202 que representa el 40% del total nacional se encuentra en riesgo de extinción, colocando a México entre los cinco países con mayor número de especies.

Para el caso de Cerro Prieto de las 6 especies reportadas para Baja California, no se tienen registros ni observaciones en el área.

Aves

El análisis de datos distribucionales llevó a Grinnell (1928) a reconocer diez áreas de diferenciación en Baja California. Cada una de estas áreas posee especies y subespecies peculiares, las cuales están relacionadas con el grado de duración del aislamiento al que han estado sometidas durante el tiempo geológico.

La zona de Cerro Prieto se encuentra en una región con pocos endemismos. Phillips (1961), considera a la fauna de la Península de Baja California como una fauna desértica compuesta principalmente por especies de amplia distribución, aunque con algunas especies endémicas. Menciona además que la avifauna de Baja California comparada con la de la Península de Yucatán, es más pobre y menos compleja, ya que la mayoría de las especies son parientes cercanos a las aves de Arizona y California. (Sólo dos formas endémicas han alcanzado el nivel específico de diferenciación).

Anfibios y reptiles

De las 17 especies endémicas reportadas para la península de Baja California, dos son exclusivas para Baja California; 12 para Baja California Sur. De las especies endémicas reportadas para Baja California, no se ha observado ni reportado alguna para el área de Cerro Prieto.

Peces

De las especies endémicas reportadas para la península de Baja California, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001, solo una de las especies que la conforman se encuentran en peligro de extinción tal es el caso del pez perrito del desierto *Cyprinodon macularius*, cabe mencionar que esta especie está colonizando recientemente los estanques que conforman la laguna de evaporación de igual forma que los peces *Micropterus salmoides* y *Cyprinus carpio*, además de más 30 especies diferentes de aves migratorias (ver Anexo C) que, de acuerdo con Gutiérrez, *et al.* 1995, la utilizan principalmente como refugio invernal.

IV.2.3. Paisaje

El paisaje ha sido empleado a lo largo del tiempo con muy diversos significados. En el ámbito de la planificación de los usos del territorio, Claver Farías *et al.* (1982) comentan que el paisaje se contempla como un elemento comparable al resto de los recursos (vegetación, suelo, fauna, etc.) y ello exige considerarlo en toda su amplitud. Se entiende entonces que posee unos valores propios (estéticos, naturales, histórico-culturales...) que pese a su inherente componente perceptual son de incuestionable materia de protección y preservación.

Gómez Orea (1978) justifica la inclusión del paisaje en los estudios de planificación atendiendo a la categoría de recurso natural que el mismo ha alcanzado, debido a que se ha convertido en un elemento natural escaso como consecuencia de la presión humana sobre el medio ambiente. En este sentido, Villarino (1985) añade que el paisaje es un recurso difícilmente renovable y fácilmente depreciable.

Son diversas las formas de concebir al paisaje, sin embargo, debido a la confusión que ello puede causar, algunos investigadores de la materia señalan que para evitar lo anterior es posible agrupar el paisaje en dos grandes tipos:

El primero concibe al paisaje como imagen de un territorio, ya sea pintado, fotografiado y/o percibido por el ojo humano o a través de los sentidos, cuya consideración corresponde más al enfoque de la estética o de la percepción. El segundo tipo sería aquel que concibe al paisaje como un conjunto de elementos de un territorio ligados por relaciones de interdependencia y que cumplen una función ecológica.

Desde el punto de vista ecológico, es la segunda percepción del paisaje la que resulta más útil para generar información acerca de un determinado espacio físico. Esto último plantea un problema adicional ya que la evaluación del paisaje se dificulta por la falta de un sistema efectivo para medirlo, siendo que las metodologías utilizadas no pueden prescindir de componentes subjetivos.

Se han propuesto varios métodos para realizar la valoración del paisaje, éstos pueden ser directos e indirectos. En los primeros la valoración se realiza a partir de la contemplación de la totalidad del paisaje, mientras que los indirectos incluyen métodos cualitativos y cuantitativos que evalúan el paisaje, analizando y describiendo sus componentes.

Entre los métodos directos se tienen los siguientes:

- a) De subjetividad aceptada.- es la más simple a pesar de ser la menos objetiva pero se acepta por el grado de subjetividad que tiene el paisaje. El resultado puede corresponder a una parcelación del territorio clasificado en categorías de calidad visual; por ejemplo: excelente, muy buena, buena, regular y mala.

- b) De subjetividad controlada. Se basa en una escala universal de valores del paisaje, de tal forma que permite establecer cifras comparables en distintas áreas. Las categorías y valores pueden ser: espectacular, soberbio, distinguido, agradable, vulgar y feo. Se realiza con la participación de personal especializado y se utilizan escalas universales para lograr que la valoración subjetiva sea comparable entre sitios distintos.
- c) De subjetividad compartida. Es similar al método de subjetividad aceptada. La valorización es desarrollada por un grupo de profesionales que deben llegar al consenso, con lo cual se eliminan posturas extremas dentro del grupo. En síntesis se somete a discusión la apreciación estética del paisaje.
- d) De subjetividad representativa. En este caso, la valoración se realiza por una cierta cantidad de personas que son representativas de la sociedad. Se hace a través de encuestas, lo que permite una ordenación de los paisajes seleccionados. Se utilizan fotografías como apoyo.

Entre los métodos indirectos, se tienen los siguientes:

- a) Métodos de valoración a través de componentes del paisaje. Se usan las características físicas del paisaje; por ejemplo: la topografía, los usos del suelo, la presencia del agua, etc. Cada unidad se valora en términos de los componentes y después los valores parciales se agregan para obtener un dato final.
- b) Métodos de valoración a través de categorías estéticas. Cada unidad se valora en función de las categorías estéticas establecidas, agregando o compatibilizando las valoraciones parciales en un valor único. Se utilizan categorías como unidad, variedad, contraste, etc. Su punto central se relaciona con la selección de los componentes a utilizar y con los criterios que los representan.

Así mismo, se utilizan también varios parámetros para medir el paisaje; los más usados han sido:

Visibilidad.- engloba a todos los posibles puntos de observación desde donde la acción es visible. Algunas de las técnicas utilizadas son: observación directa *in situ*, determinación manual de perfiles, métodos automáticos, búsqueda por sector y por cuadrículas. También es posible utilizar métodos manuales o por computadora que producen mapas de visibilidad.

Fragilidad.- corresponde a un conjunto de características del territorio relacionadas con su capacidad de respuesta al cambio en sus propiedades paisajísticas. Se perfila como una cualidad o propiedad del terreno que sirve de guía para localizar las posibles instalaciones o sus elementos, de tal manera de producir el menor impacto visual posible. Normalmente los factores que influyen en la fragilidad son de tipo biofísico, perceptivo e histórico-cultural.

Calidad visual o belleza del paisaje.- exige que los valores se evalúen en términos comparables al resto de los recursos. La percepción del paisaje depende de las condiciones o mecanismos sensitivos del observador, de las condiciones educativas o culturales y de las relaciones del observador con el objeto a contemplar. Si bien es cierto que la calidad formal de los objetos que conforman el paisaje y las relaciones con su entorno pueden describirse en términos de diseño,

tamaño, forma, color y espacio, existen grandes diferencias al medir el valor relativo de cada uno y su peso en la composición total.

Partiendo del hecho de que el rasgo geomorfológico predominante en el área de influencia del proyecto es el valle, el cual representa casi el 100% de la superficie, con excepción del área que ocupa el volcán Cerro Prieto, el método utilizado para evaluar el paisaje en el presente estudio se definió en función de su calidad visual intrínseca y la fragilidad.

Para evaluar la calidad intrínseca se decidió utilizar una combinación de un método directo de subjetividad compartida y un método indirecto de valoración de los componentes del paisaje, para lo cual se tomó como base la clasificación de las clases de calidad escénica propuesta por USDA, Forest Service, 1974, que se modificaron para adecuarlas a las características del área de estudio y del tipo de proyecto.

- **Calidad visual intrínseca**

Con este elemento se pretende significar el atractivo visual que se deriva de las características propias del paisaje a evaluar y se define gradualmente en función de los atributos biofísicos de cada unidad de paisaje.

Para llevar a cabo la valoración de la calidad visual intrínseca se consideraron los atributos paisajísticos (AP) y la escala de calidad visual o escénica propuesta por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA), 1974; (citado en Canter, 1998). Los atributos, se modificaron para adecuarlos al tipo de proyecto y área de estudio (Cuadro IV.10). El USDA define tres clases de variedad o de calidad escénica según los atributos biofísicos de un territorio (morfología o topografía, vegetación, fauna, formas de agua: lagunas, arroyos, ríos, entre otros atributos) de la siguiente manera:

- Clase A. Calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes
- Clase B. Calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color, línea y textura, pero que resultan comunes en la región a evaluar, y no excepcionales
- Clase C. De calidad baja, áreas con muy poca variedad en forma, color, línea y textura.

A la clase A se le confiere un valor de 3, a la B un valor de 2 y a la C un valor de 1. De tal forma se tiene que el máximo valor de calidad paisajística que puede tener una unidad de paisaje es de 15 (tomando en cuenta la valoración de cinco atributos paisajísticos) y el más bajo es de 5. La suma de todos los valores asignados a cada variable del paisaje da la clase de calidad paisajística final. Los rangos de valoración se establecieron de la siguiente manera:

- Valores entre 5 – 8 = Clase C (calidad paisajística baja)
- Valores entre 9 – 11 = Clase B (calidad paisajística media)
- Valores entre 12 – 15 = Clase A (calidad paisajística alta)

Para fines del proyecto, se consideraron como atributos paisajísticos, los siguientes: morfología o topografía, vegetación, fauna, presencia de agua y grado de humanización, este último constituye

un factor extrínseco pero se consideró para determinar en que grado el factor humano afecta a las características del paisaje (Cuadro IV.10).

Cuadro IV.10. Atributos del paisaje y clases de variedad paisajísticas del Servicio Forestal de los Estados Unidos, 1974. (Modificada)

ATRIBUTOS PAISAJÍSTICOS (Ap)	CLASES DE CALIDAD VISUAL O ESCÉNICA		
	CLASE A (3)	CLASE B (2)	CLASE C (1)
	Alta	Media	Baja
Morfología o topografía (Ap-1)	Pendientes mayores a 60%, laderas bruscas, irregulares, con crestas afiladas y nítidas o con rasgos dominantes	Pendientes entre 30 y 60%, laderas moderadamente bruscas o suaves.	Pendientes entre 0 a 30%, laderas con poca variación sin brusquedades y sin rasgos dominantes
Vegetación (Ap-2)	Cubierta vegetal entre 70 y 100 %. Los tres estratos bien representados, alta variedad, presencia comprobada de especies protegidas	Cubierta vegetal entre 30 a 70 %, con poca variedad en la distribución, probable presencia de especies protegidas.	Cubierta vegetal menor a 30 %, sin variación en su distribución, escasa o nula probabilidad de presencia de especies protegidas
Fauna (Ap-3)	Comprobada presencia de especies de fauna, presencia de especies protegidas	Alta probabilidad de encontrar especies de fauna, probabilidad de encontrar especies protegidas	Baja o nula probabilidad de encontrar especies de fauna mayor, baja probabilidad de encontrar especies protegidas.
Presencia de agua (Ap-4)	Cursos de agua permanentes con vegetación ribereña bien conservada, cascadas, rápidos, pozas, meandros o gran caudal	Cursos de agua con características bastante comunes en su recorrido y caudal, vegetación ribereña perturbada.	Cursos de agua intermitentes con poca variación en caudal, con escasa o nula vegetación ribereña o con alto grado de perturbación.
Grado de humanización (Ap-5)	Baja densidad humana, nula presencia de vialidades de primero y segundo orden, escasa o nula infraestructura, actividades agrícolas de temporal	Densidad humana media, escasas vialidades de segundo orden (terracerías), actividades agrícolas de riego y temporal, infraestructura media	Alta densidad humana, varias vialidades de primero y segundo orden, actividades agrícolas de riego, alta infraestructura

Fuente:US Department of Agriculture, 1974 (tomado de: Canter, 1998).

La calidad morfológica o topográfica de la unidad de paisaje se valora en función de dos aspectos, el desnivel y la complejidad de formas. El criterio asigna mayor calidad a las unidades más abruptas, con valles estrechos, frente a las que corresponden a valles abiertos dominados por relieves planos. De igual forma se asigna un valor mayor a aquellas unidades que presentan mayor superficie ocupada de formas que indican complejidad estructural.

Para valorar la calidad intrínseca de la vegetación se consideró la diversidad de las formaciones vegetales y el grado de perturbación de cada una de ellas. Se asigna mayor calidad a unidades de paisaje con mayor cobertura y mezcla equilibrada de masas arboladas, matorral y herbáceas, que a aquellas zonas con escasa cobertura y dominada por uno de los estratos. La presencia de especies protegidas por la normativa ambiental añade un elemento complementario de mayor calidad.

Para fauna, se asignó una mayor calidad a aquellas unidades ambientales con presencia probada o alta probabilidad de presencia de especies faunísticas silvestres, considerando especialmente la distribución de especies protegidas por la normativa ambiental.

La presencia de agua en un paisaje constituye un elemento de indudable valor paisajístico. Se valora la presencia del agua en el conjunto de la unidad paisajística, se da mayor valor a la presencia de cuerpos de agua y a las corrientes perennes.

Por lo que se refiere al grado de humanización, éste es un valor extrínseco del paisaje pero se consideró ya que la abundancia de estructuras artificiales disminuye la calidad del paisaje. Se asigna un mayor valor a las unidades con menor número de vías de comunicación de primer orden, infraestructura, actividades agrícolas y densidades de población bajas.

Tomando en cuenta lo anterior, la calidad visual intrínseca para el sitio del proyecto fue de 5, considerando la asignación de valores siguiente:

Unidad del paisaje	Ap1	Ap2	Ap3	Ap4	Ap5	Clase de Calidad Visual
Sitio del proyecto	1	1	1	2	1	Clase C (Baja)

Lo anterior es el resultado de la aplicación de los siguientes criterios: **a)** el área donde se instalará el proyecto presenta un relieve plano ($Ap1 = 1$); **b)** cuenta con escasa, casi nula vegetación ($Ap2 = 1$); **c)** la fauna en el sitio es nula, debido a la infraestructura existente y al movimiento constante del personal de CFE y/o compañías contratistas ($Ap3 = 1$); **d)** en un radio de 2 km existen canales de irrigación, con vegetación ribereña perturbada ($Ap4 = 2$); y **e)** el sitio presenta un grado de perturbación elevada, con alta infraestructura ($Ap5 = 1$). La suma de los atributos paisajísticos evaluados dio como resultado el valor de 6, que corresponde a la Clase C (valores entre 5 y 8), calidad paisajística baja.

La asignación de los valores a los atributos paisajísticos (AP) se hizo mediante juicios subjetivos del equipo de especialistas que elaboró el estudio de impacto ambiental, para lo cual se consideró la información e imágenes fotográficas que se recabaron durante el trabajo de campo realizado; enfatizando que la valoración de paisaje corresponde a puntos localizados en la periferia del área del proyecto. Al margen de los atributos biofísicos valorados, el grado de humanización fue el principal factor que disminuyó la calidad visual del paisaje, ya que la infraestructura existente del campo geotérmico aunado a la densidad de la población y las actividades agrícolas y pecuarias del Valle de Mexicali, han modificado de manera importante el paisaje, no sólo en el sitio del proyecto, sino en toda el área de estudio, y se observa un deterioro evidente principalmente por la pérdida de cobertura vegetal, como se puede observar en las Figuras IV.32-36.



Figura IV.32. Panorámica del sitio propuesto para la instalación de la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V



Figura IV.33. Otra perspectiva del sitio propuesto, al fondo se ubica la CG Cerro Prieto V



Fotos IV. 34 y 35. Aspectos de la zona de pozos alrededor del sitio propuesto para la instalación de la CG Cerro Prieto IV



Figura IV.36. Vista parcial de la infraestructura instalada y observada en el campo geotérmico

- **Fragilidad visual**

Se define la fragilidad visual como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso o actividad sobre él. Expresa el grado de deterioro visual que experimentaría el territorio ante la incidencia de determinadas acciones (Martínez *et al.*, 2003). Se perfila como una cualidad o propiedad del terreno que sirve de guía para localizar las posibles instalaciones o sus elementos, de tal manera de producir el menor impacto visual posible. Normalmente los factores que influyen en la fragilidad son de tipo biofísico, perceptivo e histórico-cultural. Además de estos factores puede considerarse la proximidad y la exposición visual.

Este concepto es similar al de “vulnerabilidad visual” y opuesto, en cambio, al de “capacidad de absorción visual” (CAV) que es la aptitud que tiene un paisaje de absorber visualmente modificaciones o alteraciones sin detrimento de su calidad visual, o en otras palabras, la CAV permitiría determinar la capacidad que tienen las distintas unidades paisajísticas para absorber los impactos visuales (Canter, 1998). De acuerdo con lo anterior, a mayor fragilidad o vulnerabilidad visual corresponde menor capacidad de absorción y viceversa (MOPT, 1992). En consecuencia, una manera de estimar la fragilidad visual es a través de la estimación de la capacidad de absorción visual.

De acuerdo con Martínez *et al.* (2003), la fragilidad visual del paisaje consta de dos elementos: la fragilidad visual intrínseca, determinada por las características ambientales del espacio que aumentan o disminuyen su capacidad de absorción visual, tales como la altura de la vegetación y

las características topográficas de la zona. Por otra parte, la fragilidad visual extrínseca se refiere a la mayor o menor susceptibilidad de un territorio a ser observado y depende de la accesibilidad visual de dichas zonas.

En el presente trabajo se determinó evaluar la capacidad de absorción visual para estimar de manera indirecta la fragilidad visual del paisaje del sitio. Para determinar la CAV se utilizó el método propuesto por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (citado en Canter, 1998). Este método propone utilizar como variables para determinar la puntuación de la CAV de un determinado paisaje: factores físicos del paisaje previamente existente, factores perceptuales muy variables, factores de la calidad visual previa (forma, línea, color y textura) y factores de la actividad propuesta (escala, configuración, duración, frecuencia, etc.). Una CAV baja indicaría que el desarrollo de actividades estaría restringido, mientras que una CAV alta significaría que el paisaje evaluado tiene capacidad para permitir más actividades.

Con base en esta metodología, la cual se modificó en función del presente proyecto, se definieron 4 factores, con diferentes variables, para definir la CAV de la unidad de paisaje (Cuadro IV.11), dos de ellas (grado de inclinación y tipos de vegetación) se consideran como elementos intrínsecos del paisaje y dos serían elementos extrínsecos (distancia del observador y duración de la vista). Considerar sólo elementos intrínsecos para valorar la CAV resultaría insuficiente pues ésta depende también de su accesibilidad visual, es decir, de la mayor o menor susceptibilidad de un territorio a ser observado desde puntos de observación potencial. Se consideran como puntos de observación potencial los núcleos de población, carreteras, vías férreas, terracerías, brechas y la presencia de elementos singulares de carácter patrimonial por ser lugares de frecuentación turística o recreativa actual o que puedan tener el potencial para serlo.

A cada factor se le asigna un valor entre 1 y 5 y se suma la calificación que se da a cada factor en un determinado punto de observación, el cual se seleccionó por el equipo de trabajo procurando que dicho punto de observación fuese el más representativo de cada unidad de paisaje. El resultado final indica la CAV.

Para el factor *Distancia del observador*, se consideró la distancia a la que se encuentran los núcleos de población así como los caminos vecinales del sitio del proyecto. Para esto se identificaron en una imagen (Figura IV.37) las localidades cercanas así como los caminos vecinales considerando un radio máximo de 2 km con respecto al sitio del proyecto.

El factor *Duración de la vista* tiene que ver con la capacidad de un determinado panorama de atraer y mantener la vista sobre él. Un panorama que atraiga y mantenga mayor tiempo la vista tiene una menor CAV.

Para el *Grado de inclinación* se considera que a mayor pendiente la fragilidad es mayor y por lo tanto la CAV es menor. La pendiente condiciona el ángulo de incidencia visual del observador, de manera que aquellas zonas con mayor pendiente son más visibles y por tanto poseen menor CAV.

Cuadro IV.11. Valoración de la capacidad de absorción visual

Factores		Variables		Puntuación	Puntos de observación				
					1	2	3	...	n
Distancia del observador	Primer término	0	250 m	1					
		250	500m	2					
	Intermedio	500	1000 m	3					
		1000	2000 m	4					
Fondo	2000	y más m	5						
Duración de la vista	Larga	Más de 30 s		1					
		10	30 s	2					
	Corta	5	10 s	3					
		3	5 s	4					
Instantánea	0	3 s	5						
Grado de inclinación	Muy pendiente	45+ %		1					
	Pendiente	0	45 %	2					
	Moderado	20	30 %	3					
	Suave	10	20 %	4					
	Muy suave	0	10 %	5					
Tipos de vegetación y usos del suelo	Cultivos y pastizales			1					
	Matorral disperso			2					
	Matorral denso			3					
	Formación arbórea y arbustiva dispersa y baja			4					
	Formación arbórea y arbustiva densa y alta			5					
				Total					

PO-1 = punto de observación
Capacidad de absorción visual: 5-10 baja; 11-15 intermedia; 16-20 alta

Fuente: Sistema de puntuación diseñado para el desarrollo de la capacidad de absorción visual (US Department of Agricultura, 1974), tomado de Canter, 1998.

Para el factor *Tipos de vegetación y usos de suelo*, se considera que la altura de la vegetación y el número de estratos presentes en la formación dan una idea de su poder de camuflaje ante posibles actuaciones, por lo tanto, las formaciones vegetales de menor altura, menor complejidad de estratos y menor grado de cubierta tienen menor capacidad para ocultar una actividad y por lo tanto la CAV sería menor. Un punto importante para este factor es que en los límites del campo geotérmico con los Ejidos Nuevo León e Hidalgo, CFE ha realizado la reforestación en una franja de unos 50 metros, con la finalidad de evitar o disminuir el impacto visual de los habitantes de estas localidades (Figuras IV.38 y IV.39).



Figura IV.37. Ubicación de localidades y vías de comunicación cercanas al sitio del proyecto

Puntos de observación referidos en la Figura IV.37:

1. Ej. Hidalgo, desde la carretera que comunica el Ej. Nuevo León con el Ej. Michoacán
2. Instalaciones del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC.
3. Ej. Nuevo León, desde la carretera que comunica este ejido con el Ej. Oaxaca
4. Camino de terracería a un costado del Canal Delta
5. Carretera que comunica el Ej. Michoacán con el Ej. Oaxaca, y vías del ferrocarril que comunican Mexicali, BC, con Puerto Peñasco, Son.



Figura IV.38. Reforestación realizada en la zona norte del campo geotérmico, en los linderos con el Ejido Hidalgo



Figura IV.39. Reforestación realizada en la zona este del campo geotérmico, en los linderos con el Ejido Nuevo León

Una vez definida la metodología a evaluar se procedió a realizar la medición de la CAV para cada unidad de paisaje (Cuadro IV.12).

Cuadro IV.12. Valoración de la capacidad de absorción visual de los diferentes puntos de observación (PO).

Factores		Variables		Puntuación	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4	PO-5
Distancia del observador	Primer término	0 m	250 m	1					
		250 m	500 m	2					
	Intermedio	500 m	1000 m	3					
		1000 m	2000 m	4	4	4	4	4	4
	Fondo	2000 m	y más m	5					
Duración de la vista	Larga	Más de 30 s		1					
		10 s	30 s	2					
	Corta	5 s	10 s	3					
		3 s	5 s	4					
	Instantánea	0 s	3 s	5	5	5	5	5	5
Grado de inclinación	Muy pendiente	45+ %		1					
	Pendiente	30	45 %	2					
	Moderado	20	30 %	3					
	Suave	10	20 %	4					
	Muy suave	0	10 %	5	5	5	5	5	5
Tipos de vegetación y usos del suelo	Cultivos y pastizales			1					
	Matorral disperso			2					
	Matorral denso			3					
	Formación arbórea y arbustiva dispersa y baja			4	4			4	4
	Formación arbórea y arbustiva densa y alta			5		5	5		
Capacidad de absorción visual (CAV)				TOTAL	18	19	19	18	18

Como se puede observar en la tabla anterior, todos los puntos de observación definidos resultaron con una capacidad de absorción visual alta.

En conclusión, el sitio propuesto para la construcción de la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V presenta una calidad paisajística baja, debido en gran medida a la evidente perturbación del paisaje por la presencia de zonas urbanas, actividades agrícolas y e infraestructura (entre ellas la actual central geotérmica) en el área de estudio; así mismo, el sitio presenta una elevada capacidad de absorción visual, como consecuencia de las distancia de los posibles puntos de observación, al relieve del terreno, y a la presencia de barreras arboladas en los límites del campo geotérmico con los ejidos Hidalgo y Nuevo León.

IV.2.4. Medio Socioeconómico

Para la descripción del medio socioeconómico del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se consideró la misma área de estudio que para la caracterización ambiental de este capítulo la cual contempla la superficie definida para el valle de Valle de Mexicali; sin embargo, para la descripción de algunos datos demográficos de las localidades cercanas al proyecto, el área se redujo al área de estudio descrita para la caracterización biótica de este estudio, contemplando un polígono con las coordenadas extremas 115°15'30" y 115°18'45" de Longitud Oeste, y 32°20'10" y 32°29'23" de Latitud Norte, aunque en varios de los aspectos abordados en este subcapítulo se tomaron en cuenta también los datos a nivel del valle y del municipio de Mexicali. Esta área de estudio se delimitó en 240 km² (un rectángulo de 15 x 16 km), y se ubica a unos 30 km al sureste de la ciudad de Mexicali e incluye las siguientes localidades: Delta y Ejido Oaxaca; Ejido Michoacán de Ocampo; Ejido Jalapa; Ejido Morelia; Ejido Miguel Hidalgo; Ejido Nuevo León; Ejido Vicente Guerrero; El Chimi; y Ejido Otilio Montaña (ver Mapa IV. 1).

a) Demografía

Históricamente Baja California ha sido un atractivo para la población de otros estados de la República, por su vecindad con Estados Unidos de América y en especial con el Estado de California; estado más rico de la unión americana, y que ofrece posibilidades de empleo mejor remunerado que el promedio del país (Gobierno del Estado de Baja California, 1995).

El árido paisaje y las altas temperaturas de sus largos veranos, hicieron imposible el desarrollo regional en el valle de Mexicali hasta principios del Siglo XX, cuando las aguas del Río Colorado fueron conducidas al valle y la agricultura de riego se convirtió en realidad. Así, deshabitado a inicios del Siglo XX, el actual municipio de Mexicali es tierra de inmigrantes; sólo unos cuantos indígenas Cucapá habitaron el delta mexicano del Río Colorado antes de dicho siglo. Por cuestiones de proximidad y de limitaciones en las vías de comunicación, los primeros mexicalenses por adopción deben haber sido oriundos de Baja California Sur y de Sonora.

Mediante el avance de las obras de riego llegó gente de otros países a cultivar la tierra; entre ellos se encontraron chinos, japoneses, indios, algunos europeos y desde luego estadounidenses (Kerig, 2001). Aparentemente la mayoría de ellos hasta 1930 fueron chinos; de acuerdo con el censo de población de ese año, la mayoría de los extranjeros radicados en Baja California fueron chinos, seguidos por japoneses y norteamericanos. La inmigración del interior de México fue particularmente acentuada durante la década de los años cuarenta. La tasa anual de crecimiento poblacional de Mexicali durante esa época fue extraordinaria, de 10,8% al mismo tiempo que para el país sólo creció 2,7%. En los 20 años entre 1940 y 1960, la población del municipio creció de manera impresionante, de 18 775 a 179 539 habitantes. Esta tasa de crecimiento demográfica de Mexicali se mantuvo por encima de la tasa nacional hasta los años setenta, debido a las corrientes migratorias de otros estados del país. Todavía en 1960, el 36,7% de los habitantes del municipio había nacido en Baja California, el 60,7% lo había hecho en otras entidades del país, y el 2,6% en el extranjero, de acuerdo con el censo de población.

Sin embargo, para la década de los años setentas, la tasa anual de crecimiento para el municipio de Mexicali disminuyó con respecto a la tasa anual del país; lo anterior debido a que la relación de menores de 15 años del municipio de Mexicali superó a la nacional, al llegar a 47,6% de la población total. Ello contribuyó a que la población económicamente activa (PEA) como parte de la población total descendiera a 25,1 del 32,0% de la década anterior; esto significó que la dependencia de la población inactiva se agrandara, disminuyendo con ello el ingreso familiar.

El empobrecimiento del municipio se manifestó en la migración de las siguientes dos décadas (1970-1990). Después de haber sido un polo de crecimiento y haber atraído a miles de compatriotas de otras entidades del país, el municipio por primera vez disminuyó su ritmo de crecimiento por debajo de la tasa nacional y estatal, como se puede apreciar en el Cuadro IV.13.

Cuadro IV.13. Tasas de crecimiento demográfico observado en las últimas tres décadas.

Año	México	Tasa anual (%)	Baja California	Tasa anual (%)	Mpio. de Mexicali	Tasa anual (%)
1970	48 225 238	3,2	870 421	2,9	396 324	2,4
1980	66 846 833	2,0	1 177 886	3,6	510 664	1,7
1990	81 249 645	1,8	1 660 855	4,1	601 938	2,4
2000	97 483 412		2 487 770		764 602	

Fuente: Calculado con base en INEGI, *Censos de Población*.
Tomado de: Noriega-Verdugo, 2005.

Población

La tendencia de la población en la región del valle de Mexicali se vió marcada por un rápido crecimiento, especialmente a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando un incremento en las necesidades de mano de obra en los Estados Unidos dio como resultado un marcado incremento en la inmigración de personas en todo México y América Latina (Alegría-Olazábal, 1992). La inmigración continua en la región, particularmente por el crecimiento de la industria maquiladora, la cual se aceleró en los años ochenta, requirió de mayores cantidades de mano de obra; adicionalmente, otro de los factores que han atraído a inmigrantes a la región de Mexicali incluyen el empleo (legal o indocumentado) cruzando la frontera en el Valle Imperial o cualquier otro lugar en California.

En la Figura IV.40 se presenta la población histórica y proyectada en el Valle de Mexicali de los años 1930 hasta el 2040. En 1930, en el Valle de Mexicali existía una población de 29 895 habitantes; para 1950, Mexicali había aumentado su población a 124 362. El rápido crecimiento experimentado de la región de Mexicali desde la mitad del Siglo XX refleja el influjo de personas de todas partes del país para trabajar en la agricultura y en la entonces incipiente industria maquiladora.

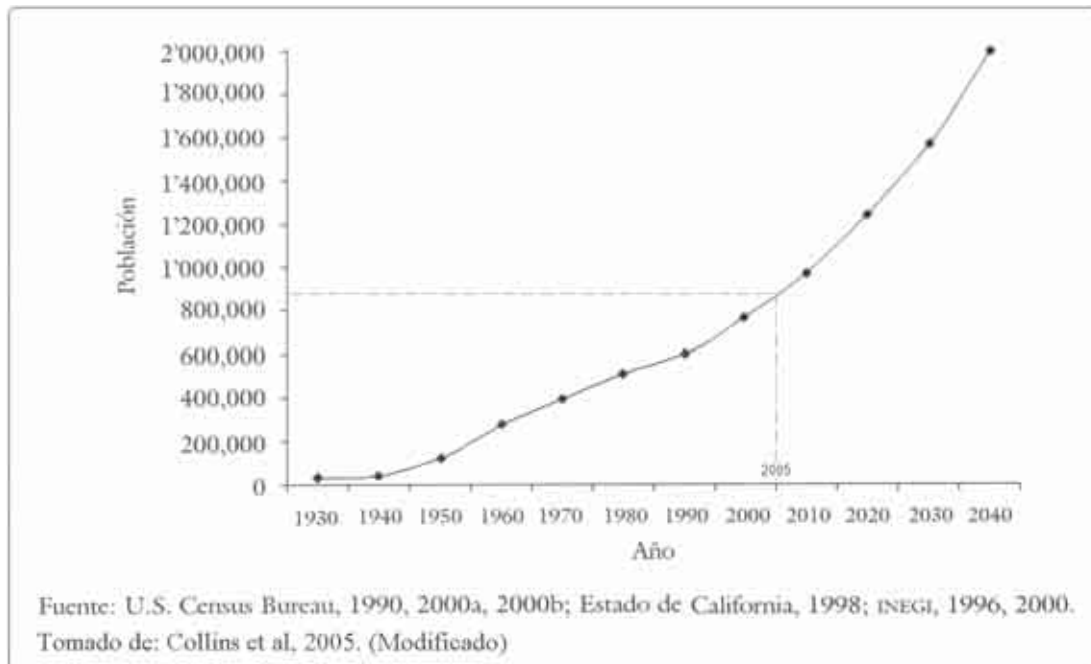


Figura IV.40. Tendencia de población histórica y proyectada para el municipio de Mexicali

En la actualidad el municipio de Mexicali a pesar de localizarse en la frontera Norte, no se caracteriza por tener grandes movimientos poblacionales; como es el caso de Tijuana y otros municipios fronterizos del país. Según II Censo de Población y Vivienda 2005 (CONAPO, 2005), el municipio de Mexicali en 2005 contaba con una población de 855 962 habitantes que representa el 30,1% del total del Estado, ubicándose en el segundo lugar poblacional después del municipio de Tijuana (ver Cuadro IV.14).

Cuadro IV.14. Densidad demográfica por municipio del Estado de Baja California

Municipio / Estado	Superficie total, km ²	Población total	Habitantes / km ²
Ensenada	53 322	413 481	7,8
Mexicali	12 978	855 962	66,0
Tecate	3 621	91 021	25,1
Tijuana	1 108	1 410 700	1 273,2
Playas de Rosarito	511	73 305	143,5
Baja California	71 540	2 844 469	39,8

De acuerdo con la información que se presenta en la Cuadro IV.15, el grado de marginación que la CONAPO estimó en 2005, para el estado de Baja California y el municipio de Mexicali, en ambos casos es muy bajo. En el contexto nacional, el estado ocupa el lugar 30 y en el estatal, al municipio le corresponde la posición número 1 de los cinco niveles de marginación posibles en el estado (uno por municipio).

Cuadro IV.15. Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación y lugar que ocupa en el contexto nacional o estatal

Municipio / Estado	Pob. Total	% de la población de 15 años o más		Por ciento de ocupantes en viviendas sin			% de viviendas con algún nivel de hacinamiento
		Analfabeta	Sin primaria completa	Drenaje ni servicio sanitario exclusivo	Energía eléctrica	Agua entubada	
Mexicali	855 962	2,89	14,24	0,51	0,64	2,49	31,50
B.C.	2 844 469	3,08	15,02	0,56	1,49	4,89	32,26

Municipio / Estado	% de ocupantes en viviendas con piso de tierra	% de poblaciones con localidades con menos de 5 000 habitantes	% de población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos	Marginación		Lugar que ocupa en el contexto	
				Índice	Grado	Estatal	Nacional
Mexicali	2,78	12,94	14,19	- 1,89766	Muy bajo	4	2 432
B.C.	3,95	9,27	14,24	- 1,25336	Muy bajo	-	30

Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en el *II Censo de Población y Vivienda 2005*, y *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) 2005 IV Trimestre*

Distribución y composición de la población

Según el Censo de Población y Vivienda 2005, la composición de la población masculina (50,29%) es proporcionalmente casi la misma con respecto a la población femenina (49,71%), como se puede observar en el Cuadro IV.16; lo mismo ocurre en las localidades cercanas al proyecto, en donde la población masculina es ligeramente mayor que la femenina, con excepción del Ejido Otilio Montaña. Para el área de influencia del proyecto, en este cuadro se observa que el 1,72% de la población total del municipio de Mexicali se distribuye entre las localidades cercanas al proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V.

Con respecto a la distribución de la población en rural y urbana del municipio de Mexicali, en 1980, el 78,8% lo conformaba la población urbana contra un 21,2 % de la rural; para 1990 la la

población urbana incrementó al 85,8% contra el 14,2% de la población rural (INEGI, 1980 y 1990). Observándose que la mayor parte de la población del municipio se concentra en la ciudad de Mexicali, ya que con una población de 653 046 habitantes, alrededor del 76,29% del total de la población municipal reside en esa ciudad; siguiéndole en importancia por tamaño de población las localidades Guadalupe Victoria con 14 861 y San Felipe con 14 831 habitantes representando ambas en total 3,47%.

Cuadro IV.16. Distribución y composición de la población (Censo 2005, INEGI)

Localidad	Población total	Población masculina	Población femenina	Población 0-5 años	Población 6-11 años	Población 12-14 años	Población 15-24 años	Población 25-59 años	Población 60 años y más
Estado Baja California	2844469	1431789	1412680	325171	329874	158482	502277	1155045	164888
Mpio. Mexicali	855962	430438	425524	95509	97324	47178	149164	356433	59172

Localidades cercanas al proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V:

- Delta – Ejido Oaxaca	5278	2705	2573	491	610	357	881	2180	499
- Ejido Vicente Guerrero	1428	721	707	142	147	84	274	621	132
- Ejido Miguel Hidalgo	831	426	405	101	99	43	139	357	77
- Ejido Jalapa	631	327	304	74	69	39	102	259	69
- Michoacán de Ocampo	3065	1590	1475	300	346	162	538	1383	276
- Ejido Morelia	36	19	17	0	2	2	10	13	8
- Nuevo León	3255	1684	1571	343	391	193	556	1418	272
- El Chimi (Ej. Nvo. León)	178	95	83	14	28	13	18	79	23
- Ejido Otilio Montaña	63	27	36	6	10	3	10	29	5

Fuente: II Censo de Población y Vivienda 2005

Distribución geográfica de la población

El municipio de Mexicali cuenta con un total de 1 471 localidades de las cuales, sólo una se encuentra en el rango de 100 mil o más habitantes (Mexicali), tres en el de 10 mil a 15 mil habitantes (Guadalupe Victoria y San Felipe) y ocho en el de 5 mil a 10 mil habitantes (Progreso, Ejido Hermosillo, Delta-Oaxaca, Coahuila, Alberto Oviedo Mota, Ciudad Morelos y Puebla) y las restantes son localidades con menos de 5 mil habitantes.

Grupos étnicos del municipio de Mexicali

La sociedad Cucapá, al igual que otras comunidades indígenas de la Península de Baja California, ha sido caracterizada como simple o primitiva, conformada por una sociedad tribal de cuatro “bandas” o unidades sociales simples, formadas por grupos de familias generalmente

emparentadas, independientes cada una de ellas, con su territorio relativamente delimitado (Gómez, 1989; in: XVI Ayuntamiento de Mexicali, 1999).

Dentro del territorio en el que se desenvolvían los Cucapá, se pueden distinguir cuatro zonas naturales: el Bajo Delta del Río Colorado, el desierto, desierto elevado (Sierra de los Cucapá) y los bosques de coníferas (Sierra de Juárez y San Pedro Mártir), éstas conformaban el medio de donde extraían su alimento y materia prima para la elaboración de herramienta y equipo.

En las primeras fases de aculturación de los Cucapá, la superioridad de la cultura occidental debido a su avance tecnológico fue mínima, debido al contacto esporádico que les permitió mantener su autonomía, territorios y recursos naturales. En 1972, el departamento de Etnología y Antropología del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) censó a este grupo, sobre la base del criterio de autoidentidad de los candidatos, registrándose entonces 187 individuos, de los cuales 128 residían en la Sierra El Mayor y el resto en el Valle de Mexicali, sólo 28 de ellos hablaban la lengua y de éstos sólo 6 eran reconocidos como portadores de la tradición Cucapá (Gómez, 1989; in: XVI Ayuntamiento de Mexicali, 1999).

En el transcurso de los años los Cucapá, al igual que otros grupos indígenas de Baja California, han mostrado interés por organizarse con el objeto de conseguir reivindicaciones sociales y económicas que mejoren sus condiciones de vida, esto ha contribuido a la cohesión de familias sobrevivientes que a la fecha han mantenido sin identidad cultural, a pesar de que desde hace varias décadas, en su condición de proletarios, comparten con la población del Valle de Mexicali los recursos materiales, organizativos, emotivos y simbólicos.

b) Aspectos socioeconómicos

El conocimiento de la base económica y su distribución permite identificar las relaciones socioeconómicas que determinan la organización urbana del Municipio.

Población económicamente activa

Más de la mitad de la población del municipio de Mexicali está comprendida en la edad de trabajar. Para 1990, la población económicamente activa (PEA) era de 204 670 habitantes de los cuales 200 104 tenían empleo mientras que 4 566 se encontraban desocupados. Para el año 2000, la PEA del municipio fue de 213 483 habitantes, de los cuales 1 775 no tenían empleo.

En las localidades cercanas al proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V, de un total de 11 461 habitantes, la PEA es de 5 547 habitantes, de las cuales 48 (0,87%) se encuentran desocupadas. Del total de la PEA, el 19,8% labora en el sector primario (agricultura, ganadería y energía eléctrica), el 38,4 % trabaja en el sector secundario (industria, construcción), la mayor parte de la PEA del sector secundario se localiza en la ciudad de Mexicali, que es donde se ubica la mayor parte de la industria, principalmente de tipo maquiladora; y el porcentaje restante (41,8%) lo hace en el sector terciario (servicios y comercio)(Ver Cuadro IV.17).

Cuadro IV.17. Población económicamente activa y su distribución por sectores de actividad

Localidad	Población de 12 años y más*	Población económicamente		Población ocupada	Población ocupada en el sector		
		Activa	Inactiva		Primario	Secundario	Terciario
Delta - Ejido Oaxaca	3 917	1 699	1 609	1 681	354	468	747
Michoacán de Ocampo	2 359	1 330	1 037	1 315	189	571	514
Ejido Jalapa	469	272	262	270	61	127	54
Ejido Morelia	33	25	19	25	8	11	6
Ejido Miguel Hidalgo	616	321	285	320	24	144	103
Ejido Nuevo León	2 439	1 105	1 124	1 100	154	354	486
Ejido Vicente Guerrero	1 111	549	462	544	204	193	139
El Chimi	133	54	67	54	10	14	27
Ejido Otilio Montaña	47	2	2	2	2	0	0
Total:	11 124	5 357	4 867	5 311	1 006	1 882	2 076
Mpio. Mexicali	611 947	287 208	239 122	284 884	32 300	94 996	144 247
Baja California	1 980 692	914 853	726 285	906 369	57 558	331 799	469 249

*II Censo de Población y Vivienda 2005

XII Censo General de Población y Vivienda 2000

Según la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Baja California, en el año 2000, la PEA se conformó por 914 853 habitantes, de los cuales 906 369 habitantes se encontraban empleados, teniendo un déficit de 8 484 empleos (0,93%).

La estructura sectorial del empleo en el Estado muestra, por un lado, una tendencia a la terciarización de la economía, y por otro la relevancia que han adquirido las actividades del sector secundario. En el municipio de Mexicali, se observa también este fenómeno; ya el sector primario se hallaba ocupado por 32 300 personas; equivalentes al 11,34%, 94 996 personas equivalentes al 33,35% que conformaban el sector secundario, mientras que el sector terciario se integran 144 247 personas equivalentes al 50,63%, y 13 341 (4,68%) se hallaban empleados en actividades no específicas (XII Censo General de Población y Vivienda, 2000).

Distribución del ingreso

Todos los municipios del estado de Baja California están integrados, para fines salariales, en el Área Geográfica "A". El salario mínimo general establecido por la *Comisión Nacional de los Salarios Mínimos*, mediante resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación del 29 de diciembre de 2006, a partir del 1 de enero de 2007 para esta área geográfica es de \$ 50,57 (cincuenta pesos 57/100 MN), cantidad mínima que deben recibir en efectivo los trabajadores por jornada ordinaria diaria de trabajo. En la Figura IV.41 se presenta el histórico de los salarios mínimos en los últimos 10 años.

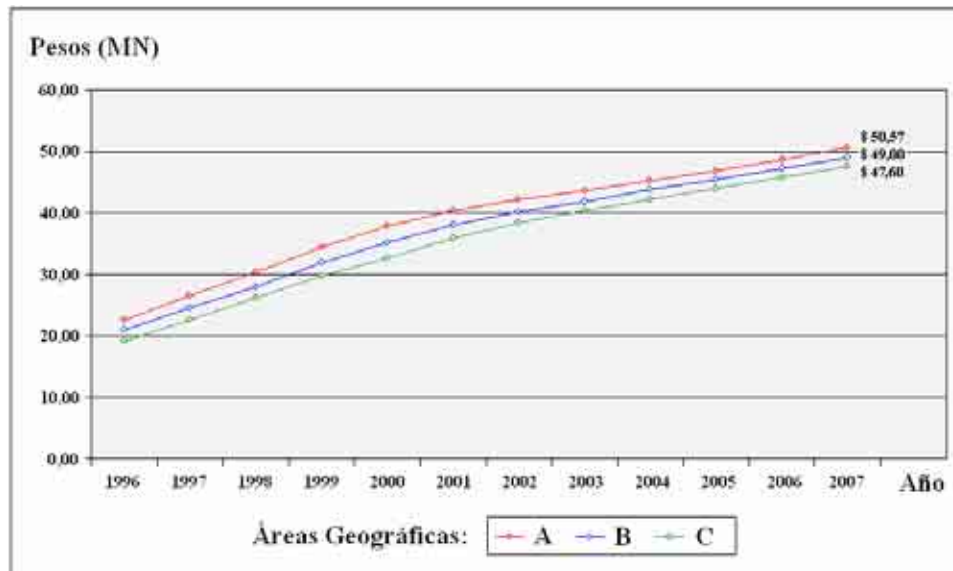


Figura IV.41. Crecimiento histórico de los salarios mínimos diarios en el país (1996-2007).

En el comportamiento de la distribución del ingreso en el ámbito municipal se observa que alrededor del 44,8% de la población económicamente activa recibe ingresos menores a tres salarios mínimos diarios (ingresos menores a \$ 151,71); el 24,08% de la PEA percibió de 3 a 5 veces el salario mínimo diario general; y el 22,34% de la PEA percibe ingresos altos (mas de 5 veces el salario mínimo diario definido para esta área geográfica).

Según el Periódico Oficial del Estado de Baja California (1994), en 1990 el municipio de Mexicali presentó un 60,8% de la PEA que percibió menos de dos veces el salario mínimo diario general; en ingresos medios (de 3 a menos de 5 veces el salario mínimo diario general) se presentaron porcentajes ligeramente por arriba del promedio estatal (15,40% contra un 17,40% del municipio). Por lo que respecta a los ingresos altos (más de 5 veces el salario mínimo diario general), se observó una participación más alta que la estatal sin considerar los obtenidos en actividades no específicas, se tuvo un 16,40% en el municipio contra un 12,70% del estatal (Cuadro IV.18).

Con base en lo anterior, se puede inferir que en el municipio de Mexicali ha habido un crecimiento socioeconómico importante con relación al censo de 1990.

Cuadro IV.18. Nivel de percepción salarial en el año 2000

Localidad/Mpio./ Edo.	Población ocupada	Población ocupada que percibe					No especificado	Población que no percibe remuneración
		Menos de 1 salario mínimo	Entre 1 y 2 salarios mínimos	Más 2 y hasta 5 salarios	Más de 5 y hasta 10 salarios	Más de 10 salarios mínimos		
Delta (Ejido Oaxaca)	1 681	59	288	854	224	65	151	40
Ejido Michoacán de Ocampo	1 315	31	230	771	189	39	51	4
Ejido Jalapa	270	9	60	151	13	8	26	3
Ejido Morelia	25	2	12	9	1	0	0	1
Ejido Miguel Hidalgo	320	2	54	197	35	18	14	0
Ejido Nuevo León	1 100	26	187	580	168	50	84	5
Ejido Vicente Guerrero	544	12	146	265	45	8	62	6
El Chimi	54	1	8	25	8	1	11	0
Ejido Otilio Montaña	2	0	0	0	0	0	0	2
Mpio. Mexicali	284 884	8 336	51 847	135 943	43 583	20 058	21 711	3 406
(%)	-	2,93	18,20	47,72	15,30	7,04	7,62	1,20
- Hombres	189 022	4 561	28 792	92 889	31 097	16 152	13 491	2 040
- Mujeres	95 862	3 775	23 055	43 054	12 486	3 906	8 220	1 366
Baja California	906 369	26 641	163 411	441 194	132 807	67 265	13 662	11 316

Fuente: INEGI. 2004. Anuario Estadístico Baja California. México. 466 pp.
XII Censo General de Población y Vivienda 2000

- **Principales actividades productivas del municipio**

Agricultura

El desarrollo de Mexicali fue impulsado inicialmente por la actividad agrícola. En el valle de Mexicali se practica la agricultura de riego, sembrándose principalmente: trigo, cebada, algodón, alfalfa, avena, ajonjolí, cártamo, sorgo forrajero, "rye grass", hortalizas para exportación y consumo regional; chile, cebolla, col, rabanito, cilantro, lechuga, brócoli, betabel, coliflor, jitomate, tomatillo, pepino, calabaza, quelite y espárrago. Otros cultivos son sandía, melón, maíz, elote, vid, nopal y frijol.

Ganadería

En el valle de Mexicali se desarrollan diferentes especies pecuarias, ocupando el primer lugar los bovinos de engorda y lecheros, éstos se crían en corral y en praderas artificiales de zacate "rye grass" para pastoreo; en segundo término se sitúan las especies porcinas; posteriormente se encuentran las aves de corral con doble propósito (engorda y de postura); también pequeñas explotaciones de ovinos y caprinos; otra de las actividades que cobra relevancia es la explotación de colmenas para producción de miel y cera.

Industria

En Mexicali existe una industria muy diversificada, ocupando el primer lugar la de productos alimenticios tales como pasteurizadoras de lácteos, embotelladoras, molinos de trigo, tortillerías y empacadoras de carne, entre las más importantes. La industria maquiladora está altamente desarrollada, siendo Mexicali el pionero en México en esta rama industrial, inicialmente con la costura; actualmente operan aproximadamente 190 plantas maquiladoras con 55,857 personas empleadas en un ambiente de trabajo no sindicalizado y de baja rotación.

El desarrollo de la industria de transformación y la maquiladora, ha sido principalmente en el ramo de alimentos, automotriz, metal, mecánica, envases de vidrio, electrónica, plástico y textil. Otras industrias no menos importantes son la fabricación y ensamblaje de artículos eléctricos y electrónicos, tractocamiones, remolques de carga y maquiladoras de juguetes. La industria eléctrica se ha desarrollado gracias a las características geológicas; Mexicali cuenta con una planta geotermoeléctrica que es suficiente para abastecer a todo el estado y además exportar este energético.

Actualmente la planta industrial de Mexicali, genera más de 40 exportaciones que rebasan los 2,400 millones de dólares anuales. La ciudad de Mexicali, goza de un régimen fiscal preferencial para la importación de materias primas y determinados productos, lo que representa mayor ventaja sobre otras ciudades del país.

c) Servicios y aspectos socioculturales

Tenencia de la tierra

En la región del valle de Mexicali la superficie con potencial productivo comprende 207 506 hectáreas, de las cuales 180 859 corresponden a la región de Baja California y 26 647 pertenecen al estado de Sonora; de la superficie total, 126 026 hectáreas son ejidales y 81 480 pertenecen a particulares.

Tanto en la propiedad ejidal como en la privada el tamaño promedio del predio es inferior a las 20 hectáreas y la mayoría de los productores trabajan una superficie dentro del rango de las 10 a las 20 hectáreas (82,2% de los ejidatarios y 57,4% de los colonos se localizan dentro de este intervalo). En el Cuadro IV.19 se sintetiza la distribución de la tenencia de la tierra en el valle de Mexicali.

Cuadro IV.19. Distribución de la tenencia de la tierra en el valle de Mexicali

Tipo de tenencia	Número de usuarios	Superficie (ha)	Porcentaje
Ejidal	7 392	126 026	60,73
Colonos	2 189	14 302	6,89
Pequeños propietarios	5 501	67 178	32,38
Total	15 082	207 506	100,00

Fuente: Sánchez-López (2005)

Servicios

De los servicios con que cuentan las 2 540 viviendas de las localidades cercanas al campo geotérmico, señaladas en el Cuadro IV.19, el servicio de la energía eléctrica es el que cubre el mayor porcentaje, alrededor del 96% de las viviendas (2 435) cuentan con este servicio, por encima del promedio registrado para el municipio (92,1%) y para el estado (89,4%); con respecto al agua entubada, la localidades señaladas cuentan con el 64,1% (1 628 viviendas), muy por debajo del promedio del municipio (90,1%) y del estado (85,6%). Similar comportamiento obedece para el servicio de drenaje, en el cual un poco más de la mitad (56,9%) de las viviendas (1 446) de las localidades vecinas al campo geotérmico cuentan con este servicio, rubro muy inferior a los promedios reportados para el municipio (83,2%) y en estado (82,5%).

Cuadro IV.19. Servicios con los que cuentan las viviendas habitadas en las localidades involucradas

Localidad/ Municipio/ Estado	Total de viviendas habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de				Por ciento de cobertura en			
		agua entubada	drenaje	energía eléctrica	agua entubada, drenaje y energía eléctrica	agua entubada	drenaje	energía eléctrica	agua entubada, drenaje y energía eléctrica
Delta - Ejido Oaxaca	1 406	1 301	900	1 318	891	92,5	64,0	93,7	63,4
Ejido Michoacán de Ocampo	817	12	509	789	4	1,5	62,3	96,6	0,5
Ejido Jalapa	172	166	59	166	58	96,5	34,3	96,5	33,7
Ejido Morelia	12	3	3	11	1	25,0	25,0	91,7	8,3
Ejido Miguel Hidalgo	214	197	128	199	126	92,1	59,8	93,0	58,9
Ejido Nuevo León	878	839	610	843	608	95,6	69,5	96,0	69,2
Ejido Vicente Guerrero	381	365	94	364	89	95,8	24,7	95,5	23,4
El Chimi	47	46	32	46	32	97,9	68,1	97,9	68,1
Ejido Otilio Montaña	19	0	11	17	0	0,0	57,9	89,5	0,0
<i>Mpio. de Mexicali</i>	229 590	206 796	191 080	211 350	186 567	90,1	83,2	92,1	81,3
Baja California	738 857	632 121	609 924	660 170	579 987	85,6	82,5	89,4	78,5

Fuente: II Censo de Población y Vivienda 2005

Con relación a los servicios de salud (Cuadro IV.20), del total de los habitantes (14 765) de las localidades cercanas al campo geotérmico, se observa que alrededor del 71% de la población cuenta con servicios médicos (10 082 derechohabientes a servicios de salud); de los cuales, casi el 73% (7 350) es derechohabiente al seguro social (IMSS); el 12% (1 233) lo es al ISSSTE; y el porcentaje restante (15%) es derechohabiente de otras instituciones no especificadas. En este sentido, los habitantes de las localidades cercanas al campo geotérmico cuentan con mayor cobertura en este servicio respecto al promedio registrado para el municipio de Mexicali y el estado de Baja California.

Cuadro IV.20. Número de personas y porcentaje de la población derechohabiente a servicio de salud en las poblaciones involucradas y de referencia.

Localidad/ Municipio/ Estado	Población total	Derechohabiencia a servicio de salud				Derechohabiente			
		Sin	%	Con	%	IMSS	%	ISSSTE	%
Delta - Ejido Oaxaca	5 278	1 640	31,1	3 368	63,8	2 058	61,1	665	19,7
Ejido Michoacán de Ocampo	3 065	821	26,8	2 173	70,9	1 871	86,1	95	4,4
Ejido Jalapa	631	117	18,5	488	77,3	359	73,6	48	9,8
Ejido Morelia	36	8	22,2	27	75	27	100,0	0	0,0
Ejido Miguel Hidalgo	831	227	27,3	588	70,8	497	84,5	45	7,7
Ejido Nuevo León	3 255	907	27,9	2 259	69,4	1 709	75,7	264	11,7
Ejido Vicente Guerrero	1 428	392	27,5	1 002	70,2	712	71,1	101	10,1
El Chimi	178	46	25,8	127	71,3	83	65,4	15	11,8
Ejido Otilio Montaña	63	13	20,6	50	79,4	34	68,0	0	0,0
Mpio. de Mexicali	855 962	255 853	29,9	541 831	63,3	413 668	76,3	45 859	8,5
Baja California	2 844 469	1 010 654	35,5	1 599 017	56,2	1 230 126	76,9	120 035	7,5

Fuente: II Censo de Población y Vivienda 2005

Aspectos socioculturales

Como dato histórico, la región del delta del Río Colorado es un amplio valle dividido en cuatro segmentos llamados valle Imperial, valle de Yuma, valle de Mexicali y valle de San Luis Río Colorado, localizados en las zonas fronterizas de California y Arizona en la Unión Americana y de Baja California y Sonora en México.

La historia de los grupos indígenas nativos del norte de Baja California ha sido poco estudiada hasta ahora. Este aparente abandono no es en ningún modo gratuito; tiene que ver con la escasez de fuentes vinculadas con el tema y con la existencia de grandes vacíos de información en la historiografía regional. La carencia de fuentes para reconstruir la historia de estos grupos se debe a que los aborígenes nunca desarrollaron una forma de escritura y por otro lado a que los misioneros, exploradores, viajeros y gambusinos que tuvieron contacto con ellos a lo largo de los siglos, apenas dejaron notas sobre sus actividades de subsistencia y costumbres más llamativas. Así, la reconstrucción histórica, con frecuencia limitada, se restringe más en el caso de las comunidades indígenas de esta parte del país.

En la actualidad existen algunos estudios que describen los aspectos materiales y simbólicos de las sociedades indígenas del norte de Baja California. En el caso de los cucapá, dichos aspectos son descritos con detalle en el trabajo etnográfico titulado *Cocopa Ethnography*, realizado por William H. Kelly en la década de 1940. Se trata de una tribu con pocos elementos de cohesión, desprovista de poder centralizado, sin otra institución permanente que la familia y organizada en bandas acostumbradas a errar en busca de alimentos. Sus miembros, poseedores de herramientas rudimentarias que no les permitieron transformar la naturaleza, estaban sujetos a los cambios

periódicos del Río Colorado y dependían casi por completo de los alimentos disponibles en su hábitat, obtenidos por medio de la caza, la pesca, la recolección y una incipiente agricultura Gómez-Estrada (1992).

La colonización y el desarrollo agrícola en las dos secciones del delta del Río Colorado ocurrieron en un período relativamente corto. Entre 1900 y 1940, las características demográficas del delta mexicano cambiaron en forma notable. Antes de 1900, la población más numerosa era la indígena¹, dos décadas después la mayoría de sus habitantes fueron grupos extranjeros de origen asiático que llegaron atraídos por las posibilidades económicas del valle; por último, en los primeros años de la década de los años cincuenta, tanto los asiáticos como los indígenas fueron desplazados en términos numéricos por inmigrantes mexicanos, procedentes del interior del país. Estos pobladores, establecidos de modo permanente, ampliaron la explotación de los recursos e impusieron nuevas formas de propiedad sobre la tierra y el agua.

La década de los años cuarenta fue para los indígenas un periodo de cambios que afectaron tanto sus recursos naturales como los culturales. En el ámbito de la cultura se aceleraron la sustitución y pérdida de elementos materiales y simbólicos. En esos años se reemplazaron, por ejemplo, los utensilios de cerámica y cestería elaborados por las mujeres para cocinar y almacenar alimentos. En lugar de éstos se utilizaron botes de hojalata, recipientes de peltre, sacos de yute y cajas de cartón. Del mismo modo, en el plano emotivo y simbólico, dejaron de efectuarse los ritos y ceremonias fúnebres, que habían sido modificadas desde 1890 con la incorporación de dinero, ropa y alimentos procesados (Nelly, 1997).

Es probable que los cambios, originados por la incorporación de los indígenas cucapá a la economía de mercado como trabajadores asalariados, se hayan intensificado con la separación de la tribu en 1936, cuando el servicio de inmigración de Estados Unidos cerró la frontera y de la noche a la mañana los cucapá se dividieron en grupos estadounidenses y mexicanos.

En 1940, en un censo levantado con fines de investigación académica fueron registrados 300 cucapá en la Unión Americana y el mismo número de individuos en México, sólo que en este país no estaban concentrados en reservaciones, sino que se hallaban dispersos en el valle de Mexicali y en la zona limítrofe de éste con la porción más extrema del noroeste de Sonora. La inevitable convivencia de los pequeños grupos indígenas con la población mexicana mestiza, en ejidos y poblados, debió ser un factor determinante en la aceleración de los cambios culturales, iniciados en la segunda mitad del siglo XX.

En el transcurso de las décadas de los años 40, 50 y 60 ninguna dependencia estatal o federal realizó programas de asistencia social efectivos entre los indígenas del norte de Baja California. Tampoco hubo proyectos de aculturación inducida, así que puede decirse que los últimos cambios en la cultura de las familias cucapá obedecieron al contacto, enmarcado en las relaciones laborales y a la presión cultural ejercida por la población no indígena.

¹ Según el censo general del Distrito Norte de Baja California de 1890, el bajo delta del Río Colorado estaba poblado por 3 420 indígenas cucapá.

Hoy día, a pesar de la pérdida de sus recursos culturales y del mestizaje, los descendientes de los cucapá en Baja California han conservado su identidad étnica que los mantiene en cierto modo apartados del resto de la población. Los cucapá, al igual que los otros grupos indígenas del norte de la península, han mostrado interés en organizarse y mantenerse unidos con objeto de conseguir reivindicaciones sociales y económicas. Esta necesidad de agruparse ha contribuido a la cohesión de las familias sobrevivientes, que mantienen su identidad indígena a pesar de que hace décadas, en su condición de trabajadores asalariados y ejidatarios comparten características sociales y culturales con la población rural del municipio de Mexicali.

En la actualidad, los descendientes de los antiguos cucapá se encuentran establecidos en Arizona, Sonora y Baja California. En Arizona viven en Yuma y en Somerton, en reservaciones indígenas; en Sonora hay unas pocas familias asentadas en el ejido Pozos de Arvizu y San Luis Río Colorado; en Baja California, el grueso de la población se concentra en El Mayor, poblado aledaño al río Hardy, pero también hay familias en algunos ejidos del valle y otros en la ciudad de Mexicali. La población de Baja California y Sonora se dedica a la agricultura en sus parcelas ejidales; los demás son pescadores o trabajadores asalariados.

En términos generales, se puede asumir que a partir de 1905 el paisaje del valle sufrió modificaciones importantes. La creación y funcionamiento de amplias redes de canales que condujeron el agua del Río Colorado a terrenos agrícolas en ambos lados de la frontera, la demanda creciente de agua, la disputa internacional del líquido en periodos de escasez y la construcción en Estados Unidos de grandes presas para control y almacenamiento de la corriente del Río Colorado, generaron cambios que afectaron la vida animal y vegetal del bajo delta, que a su vez afectó a los indígenas.

Nivel de aceptación de la sociedad sobre el proyecto geotermoelectrico Cerro Prieto

Como consecuencia de las manifestaciones sociales que CFE ha debido enfrentar por cada proyecto de construcción o ampliación realizada, ha motivado la necesidad de aplicar estrategias de solución o mitigación integrales, oportunas y eficaces. En este sentido, el campo geotermoelectrico Cerro Prieto, durante su construcción y consecutivas ampliaciones, ha podido afrontar los brotes de conflicto social mediante acciones de apoyo a la comunidad y acuerdos justos y beneficiosos de manera oportuna, evitando hasta ahora, la extensión y profundización de las inconformidades sociales. Entre las acciones de apoyo social consignadas, se han efectuado algunas como donación de árboles a las comunidades; apoyo para el mantenimiento de instalaciones sociales y/o almacenes y equipo de producción agrícola; limpieza y desmonte de drenes agrícolas colindantes a la zona geotérmica; así como la construcción y reparación de canales, puentes y nivelación de tierras.

Debido a las obras de ampliación que serán ejecutadas en el Campo Geotérmico (CG Cerro Prieto V), la Gerencia de Desarrollo Social de la CFE diseñó un programa denominado Fomento de Relaciones con la Comunidad dirigido a los habitantes de los ejidos Nuevo León e Hidalgo, para lo cual, previamente a su aplicación llevó a cabo un diagnóstico de percepción en dichas

poblaciones, a fin de detectar la imagen que en estas comunidades existe respecto al campo geotérmico, su funcionamiento, servicio e importancia en la región y en el estado, así como respecto al proyecto de expansión, con el propósito de determinar el posible impacto social existente y el que pueda suscitarse, así como las dimensiones reales de éste.

Partiendo del marco general de la relación del reclamo existente con un pequeño sector claramente identificado, se llevó a cabo entre integrantes de los distintos sectores económicos y sociales de los ejidos Nuevo León e Hidalgo un diagnóstico de percepción, en una primera fase, con el propósito de discriminar las reivindicaciones particulares expresadas por los grupos en conflicto y distinguirlas de las necesidades del conjunto de la población, además de incorporar la opinión de ésta con respecto a la imagen que se tiene, tanto del funcionamiento de la planta, como de la Comisión Federal de la Electricidad por el otro. Para lo cual, esta primera fase del diagnóstico abarcó entre otros ejes temáticos, los siguientes:

- ✓ Conocer la percepción de la población sobre la presencia y operación del CG Cerro Prieto, respecto a su importancia económica, como coadyuvante para el bienestar social e identificar los factores que contribuyen a generar malestar entre los habitantes y la CFE
- ✓ Detectar el nivel de información que la población posee respecto al posible impacto ambiental generado por el CG Cerro Prieto, y sobre las acciones que éste realiza para aminorarlo
- ✓ Identificar las necesidades y expectativas de la población, con base en las características de cada sector, de obras públicas, educación, salud, vivienda, mercado laboral, infraestructura y actividades culturales, proyectos productivos y programas de desarrollo social
- ✓ Definir el grado de representación genuina de los ejidatarios inconformes frente al resto de la población y detectar alternativas viables aplicables, mediante las cuales la CFE pueda satisfacer las expectativas de los pobladores afectados

Como conclusión de esta primera parte del diagnóstico, es importante señalar los siguientes aspectos:

- ✓ La mayoría de la población considera que el campo geotérmico es muy importante para los ejidos y para Baja California, porque éste abastece de energía y da empleo en la región.
- ✓ Se detectó una reflexión comunitaria respecto a que si bien la planta geotérmica les es beneficiosa, también, desde su perspectiva, les ocasiona perjuicios¹, por lo que legítimamente consideran que a cambio de la vecindad con ésta, debieran recibir atención

¹ Aunque la mayoría de los perjuicios contra la Geotérmica están mal infundados, en el caso del avance extensivo del campo es totalmente real, además de que sus instalaciones están frente a ellos y en terrenos que alguna vez formaron parte de sus tierras ejidales.

especial, concretamente se refirieron a la posibilidad de pagar tarifas menores¹, sin embargo, existen carencias importantes en estas comunidades que la CFE pudiera contribuir a subsanar, ya sea de forma directa –lo cual significa destinar algunos recursos en ellos-, o mediante la gestión ante las instancias correspondientes.

- ✓ En general, los habitantes de los ejidos Nuevo León y Miguel Hidalgo desconocen el funcionamiento del C.G. Cerro Prieto, así como a las zonas que abastece.
- ✓ Existe una idea generalizada de que la geotérmica contamina particularmente en ruido y emisiones², lo que ocasiona, en opinión de los encuestados, daños a la salud, el agua y las tierras.
- ✓ La mayoría de la población desconoce los estudios que en materia ambiental se han realizado para el campo geotérmico, así como los resultados obtenidos. De igual manera hay un desconocimiento sobre las acciones que utiliza el CG para disminuir el impacto ambiental, sobre los programas de desarrollo social y respecto a las acciones de apoyo implantadas por la CFE en la región.

Con base en los resultados de las entrevistas realizadas entre las poblaciones de los ejidos Nuevo León e Hidalgo, se plantearon algunas propuestas para la implementación de una estrategia que coadyuve al establecimiento de un vínculo más sano, transparente y estrecho de CFE con dichas comunidades; enfocadas principalmente a la difusión permanente de las actividades realizadas en el campo geotérmico, pláticas y visitas al mismo, implementación de algunos programas, de ahorro de energía, de reforestación comunitaria, jornadas culturales, entre otras propuestas más.

La segunda parte del diagnóstico se realizó también mediante encuestas, realizadas éstas dos meses después, casi de inmediato a la terminación de la Primera Jornada de Energía, Ecología y Fortalecimiento Humano, realizada en el mes de septiembre de 2006, en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California.

Los objetivos de esta segunda fase del diagnóstico estuvieron enfocados, entre otros aspectos a los siguientes:

- ✓ Percepción de los habitantes sobre el campo geotérmico y la CFE después de la realización del evento.
- ✓ Apreciar el interés de los habitantes por la asistencia de futuros eventos.
- ✓ Percibir los conocimientos que adquirió la población de los ejidos en materia de impacto ambiental y conocer las opiniones que los habitantes de los ejidos tienen sobre la geotérmica.
- ✓ Enriquecer y confirmar la información obtenida en la Primera Fase de este diagnóstico.

¹ El 62% de la población menciona que espera algo de la CFE. De ese porcentaje, el 50.9% se refiere a un establecimiento de tarifas preferenciales en los ejidos bajo la justificación de la cercanía del campo geotérmico.

² La mayoría de las personas opinan sobre la composición de las emisiones únicamente por sentido común. El 87% de la población considera que tienen conocimiento sobre lo que sale de las chimeneas de la geotérmica, de esa población, el 31% opina que es vapor de agua y el 35% opina que es vapor de agua con otras sustancias. El 69% se enteró por experiencia propia.

Como conclusión de la segunda fase del diagnóstico, se tienen las siguientes percepciones:

- ✓ En el primer estudio se realizó el planteamiento de que una mayor información en torno a la central geotérmica, puede contribuir a proporcionar mayor tranquilidad a los habitantes de los ejidos. Los resultados derivados en esta fase confirmaron ese argumento. De manera general, se logró percibir que la población asistente al evento obtuvo conocimientos sobre el funcionamiento del campo geotérmico y su relación con el medio ambiente, lo que ayudó a disipar dudas.
- ✓ Más del 90% de los comentarios sobre los motivos de la realización de la jornada, favorecen a la CFE en su intento por establecer contacto con la comunidad y el 98% del primer tipo de encuestados expresó que la actividad les ayudó de manera favorable.
- ✓ En general, el lugar y la organización del evento fueron considerados como “excelentes” y “buenos”. El ejido Hidalgo se encuentra en una situación de mayor aislamiento o marginación social, por lo tanto, para esta población, la realización de la jornada resultó más novedosa y benéfica. Como resultado de ello, otorgaron una calificación mayor a la del ejido Nuevo León en algunos aspectos de la organización y el trato de los trabajadores de la paraestatal.
- ✓ Los conocimientos que adquirió la población asistente al evento estuvieron relacionados primero sobre las maneras de ahorrar energía, en segundo lugar, sobre las maneras en que se produce y en tercera instancia sobre el funcionamiento del CG.

Es importante señalar, que el resultado de la aplicación de un primer estudio, seguido de la Primera Jornada de Ecología y Fortalecimiento Humano y, posteriormente la realización de esta segunda fase, contribuyeron como proceso a que la percepción de los habitantes sobre el CG y la CFE cambiara de manera positiva.

IV.2.5. Diagnóstico ambiental del Valle de Mexicali

Con base en la información recopilada en las distintas fuentes consultadas se elaboró el diagnóstico ambiental del valle de Mexicali, ubicando la posible problemática generada por cada una de las actividades productivas y el elemento ambiental en el que podría presentarse su impacto. Tomando en cuenta lo anterior, se elaboró un resumen de las principales actividades consideradas como problemas dentro del área de estudio (Cuadro IV.21). Los problemas detectados representan además, riesgos diversos de eventos que pueden provocar daños a la salud de la población, alteraciones del paisaje y degradación del ambiente.

Cuadro IV.21. Principales actividades realizadas en el valle de Mexicali que ocasionan impacto sobre alguno o más elementos ambientales

Problemática / Actividad	Elemento ambiental				
	Suelo	Agua	Aire	Flora	Fauna
Agricultura					
• Almacenamiento a cielo abierto de residuos	X				X
• Salinización de suelos	X			X	
• Contaminación por la aplicación de agroquímicos	X	X	X		
• Contaminación del agua por descargas agrícolas en drenes, canales y Río Colorado		X			
• Salinización del acuífero		X			
• Sobreexplotación constante del acuífero		X			
• Contaminación del aire por quemas agrícolas			X		
Ganadería					
• Contaminación de acuíferos por actividades pecuarias		X			
• Perturbación de cubierta vegetal por ganado caprino	X			X	
Industria					
• Contaminación del aire por polvos producto de la explotación de bancos de materiales			X		
• Contaminación del aire por emisiones de gases de la central geotermoeléctrica Cerro Prieto			X		
• Alteración del paisaje y el ambiente por diversas actividades extractivas.	X				
Desarrollo Urbano					
• Uso de drenes como basureros		X			
• Tiraderos de basura doméstica	X				
• Contaminación del suelo por escurrimientos domésticos superficiales		X			
• Contaminación de mantos freáticos por uso de letrinas		X			

De las seis unidades de gestión ambiental definidas en el Programa de Ordenamiento del municipio de Mexicali, la UGA 1 –Valle de Mexicali–, es la que presenta mayor problemática ambiental, siendo la subunidad 1.2 la más afectada, donde se ubica la ciudad de Mexicali, debido principalmente al desarrollo urbano, la agricultura y la industria. En esta subunidad se localizan casi el 50% de los problemas identificados para esta unidad e incluye también la zona geotérmica Cerro Prieto.

En los problemas ambientales que se presentan respecto de la contaminación de agua, aire y suelo, se generan principalmente por las actividades industriales, agrícolas y pecuarias,

En la región de Mexicali y su valle (UGA 1) se presentan problemas ambientales que afectan principalmente al agua, aire y suelo y son generados sobre todo por actividades industriales, agrícolas y pecuarias, así como por otros factores, como el crecimiento urbano no planificado, la generación de residuos sólidos y la falta de sitios adecuados para el tratamiento y la disposición final de los mismos.

Tomando en cuenta el diagnóstico ambiental presentado en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali, de manera integrada concluye que el elemento mayormente impactado en el municipio es el suelo, al cual le afectan el 37 % de los problemas; siguiéndole en este orden el agua (28,5%), el aire (15,5%), la fauna (12%) y la flora (7%). Las actividades que generan las mayor cantidad de problemas son las relacionadas con el desarrollo urbano (26% del total) y la agricultura (24%), seguidas en este orden por la industria (17,5%) y el turismo (17,5%); menor cantidad de problemas genera la pesca (11%) y la ganadería (4%). Por lo anterior, gran parte de la problemática ambiental del municipio se concentra en las unidades que incluyen la zona urbana y el valle de Mexicali (Unidad de Gestión Ambiental 1), así como la zona urbana de San Felipe.

✓ Contaminación del agua

En el valle de Mexicali hay dos corrientes de agua que presentan serios problemas de contaminación; el río Nuevo, localizado al norte de valle, y el río Hardy, que cruza el valle y desemboca en el ecosistema estuarino del Río Colorado.

El río Nuevo presenta el problema de contaminación del agua más importante en este municipio. Este río nace de las aguas residuales de retorno agrícola de la parte norte del Valle de Mexicali, cruza la zona urbana y se dirige a los Estados Unidos de América. Al generarse por las aguas residuales provenientes del distrito de riego, contiene sales y agroquímicos, y posteriormente, cuando cruza la ciudad, se vierten a su cauce aguas residuales industriales y domésticas. Las aguas residuales que se vierten al río, provenientes de la industria, rebasan los límites máximos permisibles para metales pesados, y contienen altas concentraciones de disolventes, grasas y aceites, lo cual representa además de los riesgos de afectación de la salud de los habitantes y el deterioro del paisaje urbano, un problema de tipo internacional, ya que este cuerpo de agua fluye hacia el norte y desemboca en Salton Sea. De hecho, es importante señalar que las aguas del Río Nuevo han ocasionado, durante muchos años, problemas internacionales entre México y los

Estados Unidos de América, ya que su destino final es Salton Sea, localizado en el Valle Imperial, en el Estado de California, que actualmente presenta serios problemas de contaminación. Aunado a lo anterior, la inadecuada disposición de residuos sólidos no peligrosos en los márgenes del río, debido a los asentamientos humanos irregulares, incrementa el problema.

El río Hardy transporta aguas residuales provenientes de las actividades agrícolas; contiene agroquímicos por lo que ha ocasionado serias alteraciones al ecosistema estuarino del río Colorado, e incluso, sus efectos se manifiestan en el Golfo de Santa Clara, tan sólo en esta región, en el ciclo agrícola 1990-1991 se aplicaron 70 000 toneladas de fertilizantes y más de 400 000 litros de insecticida.

✓ **Contaminación del aire**

La información existente para la región en cuanto a emisiones a la atmósfera para esta región es muy escasa, aunque se estima que gran parte de las concentraciones de PM-10 (partículas inhalantes) son causadas por polvos de caminos sin pavimentar y acarreo de quemas agrícolas.

El problema de la contaminación atmosférica en la región norte del área de estudio se atribuye principalmente a las características físicas de los suelos, las condiciones meteorológicas, la falta de pavimentación de aproximadamente un 55 por ciento del área urbana, la industria y el parque vehicular (en 1995 se estimaron alrededor de 225 000 vehículos registrados), aunque este problema se presenta principalmente en la ciudad de Mexicali. Así mismo, la calidad del aire ha sido afectada debido a la operación de las ladrilleras, las cuales emiten humos a la atmósfera sin ningún tipo de control.

Por otra parte, la central geotérmica de Cerro Prieto, durante el proceso de generación de energía eléctrica, emite, junto con el vapor de agua, gases incondensables, principalmente CO₂ (bióxido de carbono), H₂S (ácido sulfhídrico), NH₃ (amoníaco) y CH₄ (metano), los cuales contribuyen a disminuir la calidad del aire en el valle de Mexicali. Aunado a lo anterior, las zonas agrícolas aledañas del valle Imperial, en el Estado de California, y del mismo valle de Mexicali contribuyen significativamente en la degradación de la calidad atmosférica, por medio de la dispersión y relocalización de agroquímicos y quemas agrícolas.

✓ **Contaminación del suelo**

El problema de la contaminación del suelo en la región se presenta principalmente en la zona agrícola del valle de Mexicali, en la cual se estima que de las 60 000 viviendas que existen, sólo 4 340 vierten sus descargas al sistema de alcantarillado, mientras el resto utiliza letrinas, fosas sépticas o el drenaje es superficial, lo que en consecuencia representa una fuente de contaminación del suelo y un riesgo para el acuífero, principalmente en sitios con suelos permeables.

Con respecto a los residuos sólidos no peligrosos, en el municipio de Mexicali se generan aproximadamente 1 300 toneladas diarias, de las cuales, la gran mayoría se disponen en basureros a cielo abierto. En la Figura IV.42 se observa uno de ellos, el cual es el más cercano a la zona geotérmica Cerro Prieto y se encuentra localizado en el Ejido Nuevo León.



Figura IV.42. Basurero a cielo abierto del Ayuntamiento de Mexicali, localizado en el Ejido Nuevo León.

✓ Contaminación por la aplicación de agroquímicos

Entre los problemas ambientales generados por las actividades agrícolas se presenta la contaminación por agroquímicos, tanto en el suelo, el aire y cuerpos de agua, como en la red de canales de riego y drenes a cielo abierto. El tipo de productos químicos utilizados para contrarrestar las plagas en el valle de Mexicali ha observado una evolución similar a la tendencia general de la agricultura estadounidense, aunque con diferencias importantes en cuanto a las reglamentaciones (Moreno-Mena y López-Limón, 2005).

La relación de vecindad con el valle Imperial californiano favoreció el fácil acceso a la tecnología moderna, especialmente a los agroquímicos. La adopción de nuevos plaguicidas y fertilizantes utilizados en los valles estadounidenses se presentó de manera inmediata, sobre todo en cultivos de exportación. Sin embargo, a diferencia del país vecino, se registra durante varios años la aplicación de algunos plaguicidas que han sido prohibidos o severamente restringidos en Estados Unidos y otros países, observándose en especial en cultivos para el mercado interno

(Moreno-Mena y López-Limón *op. cit.*). A manera de ejemplo, estos autores señalan que para el año 2000 resultó difícil cuantificar la cantidad de químicos vertidos, sobre todo porque en las hortalizas existen serias dificultades para tener acceso a los datos, ya que intervienen criterios de protección al productor por posibles barreras fitosanitarias para la exportación; sin embargo, de los pocos registros en los cultivos tradicionales se sabe que se utilizaron cerca de 400 mil litros de insecticidas en el ciclo 1999-2000 (Cuadro IV.22).

Cuadro IV.22. Volumen de insecticidas utilizados en cultivos tradicionales en el Valle de Mexicali, ciclo 1999-2000.

Cultivos	Volumen (litros)
Algodon	93 821
Trigo	90 817
Alfalfa	210 790
Total	395 435

Fuente: El Colef-Universidad Estatal de Michigan. 2002. Riesgo ambiental en la salud por el uso de plaguicidas en el valle de Mexicali (proyecto)

Durante la década de 1980-1990, el cultivo de algodón consumió alrededor del 70% de los plaguicidas utilizados; únicamente en insecticidas se aplicaron más de cinco millones de litros, con promedios anuales mayores a 500 mil litros (Moreno, 1994).

✓ **Salinización de suelos del valle de Mexicali**

El problema de salinización de los suelos del valle de Mexicali no es nuevo, ya desde la década de los años sesenta se han venido realizando estudios de salinidad, detectando que varias zonas del valle tienen graves problemas de salinidad, representando alrededor del 8,41% del total de los suelos cultivables en el distrito, lo que equivale a 21 040 ha. En éstos suelos sólo se pueden sembrar cultivos que soportan altos índices de salinidad como el zacate rye-grass.

La causa del ensalitramiento de los suelos del Distrito de Riego 014 Río Colorado, se debe a la conjunción de varios factores ambientales y humanos; entre los más relevantes se encuentran: a) altas concentraciones de sales en el agua de riego; b) suelos agrícolas con texturas medias y arcillosas; c) clima seco desértico y altas tasas de evaporación; d) mala calidad del agua del acuífero; y e) métodos o cultura de riego de los productores agrícolas; entre otros. Todos estos factores se conjugan en forma compleja para arrojar el proceso paulatino de incremento de superficies ensalitradas en el Distrito de Riego, el cual se explica brevemente a continuación.

La calidad del agua de riego es un factor de riesgo que puede ocasionar impactos negativos en los cultivos y el suelo; los terrenos agrícolas del Distrito de Riego 014 reciben agua para riego de fuentes por gravedad y po bombeo a través de la gran batería de pozos profundos; dentro de las

fuentes de agua por gravedad se tienen la que recibe por el lindero Sur (Canal Sánchez Mejorada) y la de la presa Morelos. El canal Sánchez Mejorada conduce el agua de drenaje agrícola y urbano de la ciudad de Yuma, Arizona; la cual contiene altas concentraciones de sales y otros elementos tóxicos (la concentración media supera los 1 200 ppm, que es la concentración máxima que autoriza la norma en la materia). En lo que respecta a la calidad del agua de la presa Morelos, los estudios y monitoreos de la calidad del agua que realiza la CNA arrojan concentraciones medias de sales mayores de 900 ppm y máximas mayores de 1 100 ppm.

Lo anterior implica que en el valle de Mexicali se agrega en cada riego una gran cantidad de sales a los terrenos, las cuales se van acumulando periódicamente hasta que vuelven improductivas aquellas tierras que no tienen un adecuado drenaje agrícola interno a nivel parcelario, interparcelario y general de la red del Distrito de Riego.

Aunado a lo anterior, el suelo juega un papel de suma importancia en el proceso de ensalitramiento, ya que los terrenos con texturas medias y pesadas (que significan alrededor del 70% del Distrito de Riego No. 14) cuando se les aplica el riego con aguas de mala calidad, no permiten un drenado rápido y por lo tanto se acumulan las sales, tanto en la zona radicular del perfil del suelo como en la superficie del mismo.

Además, derivado del efecto del clima seco, la casi nula precipitación y las elevadas tasas de evaporación, en el Distrito de Riego 014 se aplican riego con grandes volúmenes de agua, de los cuales se pierde una gran cantidad por el efecto de la energía calorífica del sol y del aire, con lo cual se presenta el fenómeno natural conocido como evapotranspiración, mediante el cual se libera agua a la atmósfera en forma de vapor de agua, pero la concentración de sales de dicha agua queda depositada en la superficie del suelo y en el perfil radicular del suelo. Este fenómeno se repite infinitamente durante todos los días del año y todo el tiempo que tenga en desarrollo agrícola de riego la región, por lo tanto, las sales se van acumulando e incrementando su contenido en los suelos hasta que los vuelve improductivos.

Por otra parte, otro factor que contribuye al ensalitramiento de las tierras del valle de Mexicali es la mala calidad del agua de riego extraída de los pozos de bombeo para completar los requerimientos de agua del plan de riegos. La concentración de sales solubles totales en el agua del acuífero es mayor que la de gravedad. Según Castro (1999), de los 106 pozos federales de la margen izquierda que dan servicio de riego al módulo 1; 42 pozos presentan un contenido de sales que fluctúa entre 1 300 y 1 800 ppm, 19 pozos tienen un contenido total de sales de 1 800 a 2 300 ppm, 9 pozos rebasan las 2 300 ppm y sólo 25 pozos tienen un contenido de sales menor de 1 300 ppm.

De acuerdo con la norma oficial, la cual indica que el contenido de sales en el agua de riego no debe rebasar las 1 200 ppm, se concluye que la calidad del agua de los pozos de bombeo está condicionada para riego y que su uso depende del tipo de terrenos en los cuales se aplique el riego y del drenaje de apoyo; así como de los cultivos que se exploten y las prácticas de riego.

Dadas las condiciones climáticas del Distrito de Riego, la calidad del agua de riego, las texturas de los suelos y la condición plana de los terrenos, el método de riego juega un papel de suma importancia en el control de las sales en los terrenos agrícolas. Los métodos de riego por inundación (surcos, melgas y corrugaciones), favorecen el incremento de sales en la zona radicular de los suelos y en la superficie del terreno y en general de todo el sistema; mientras que los métodos de riego presurizados (micro aspersión, aspersión portátil manual o automatizada, pivotes, goteos, compuertas, etc), ayudan al control de la acumulación de sales en el perfil radicular, esto debido a que mantienen por más tiempo saturado el suelo y no permiten que las sales se acumulen en la superficie del suelo por el efecto de la evaporación del agua.

En conclusión, la causa de la salinidad de los suelos agrícolas del Distrito de Riego 014 “Río Colorado”, es el resultado de la combinación de varios los factores, unos pesan más y otros menos en el proceso, pero todos juegan un papel decisivo. Algunos factores pueden controlarse o amortiguarse, pero otros no. La presencia del campo geotérmico Cerro Prieto en el Valle de Mexicali, no es factor de ensalitramiento de los suelos del Valle, porque sin ella, el proceso de ensalitramiento e incremento de superficies ensalitradas daría el mismo resultado. La geotermia es un proceso que extrae vapor de agua de profundidades mayores a los 2 000 metros; ésta es separada y reinyectada a las mismas profundidades de las cuales fue extraída y no tiene contacto con el acuífero agrícola que extrae el agua de bombeo a profundidades que van del los 80 a los 200 metros. Por otro lado, gran cantidad de esta agua geotérmica separada se envía a la laguna para su evaporación.

d) Suelos

A pesar de que el suelo es una interacción de clima, vegetación, material parental, tiempo y topografía, se observa que en el caso del valle de Mexicali, y en general en el municipio del mismo nombre, dichos factores no han tenido posibilidades de interactuar y conformar un suelo con horizontes de diagnóstico definidos, ya que la escasa precipitación y las altas temperaturas limitan el crecimiento de comunidades vegetales; en este sentido, la participación de la vegetación en la formación y retención del suelo es de poca importancia por su baja cobertura y escasa aportación de residuos de materia orgánica, por lo que se tienen, en general suelos pobres en nutrientes y de escasa materia orgánica, la cual tarda mucho tiempo para incorporarse al suelo; por lo que el recurso está en etapa de desarrollo incipiente, lo cual se muestra en las unidades representadas en la región, que corresponden a suelos con nulo o escaso desarrollo de su perfil pedogenético.

De acuerdo con la clasificación utilizada por INEGI (1984), que es una modificación de la clasificación mundial de suelos de la FAO-UNESCO, en esta región existen cinco unidades de suelo, que en orden de mayor a menor abundancia se tienen: Regosol, Vertisol, Solonchak, Fluvisol y Litosol, (Mapa 4, Figura IV.22).

Tipos de suelos

Se describen brevemente las características de las unidades de suelo presentes en el área de estudio.

Regosol. Son suelos procedentes de material no consolidado, teniendo una amplia gama de texturas, aunque en el área de estudio prevalece la textura gruesa y media; constituyen la etapa inicial de formación de un gran número de suelos, no poseen ningún horizonte de diagnóstico, con excepción del horizonte A ócrico, y son suelos muy permeables, el tipo de vegetación encontrada originalmente en este tipo de suelo en el valle de Mexicali es el matorral desértico micrófilo.

Este tipo de suelo es el más representativo del municipio, ocupando gran parte del valle de Mexicali, así como las bajadas de las sierra Cucapá, El Mayor y Sierra de Juárez. Su origen es de tipo fluvial, y está conformado por materiales de acarreo aportados por el Río Colorado y por la invasión marina, y en otro orden de importancia por la descomposición de material proveniente de las sierras (INEGI, 1980), que rellenaron una depresión entre sierras altas, bajas y el valle; presentando una textura gruesa a media. La pendiente en donde se desarrolla es casi plana, lo que significa que son de drenaje lento, y debido a la alta evaporación causada por el clima de la región; afloran las sales provocando baja productividad.

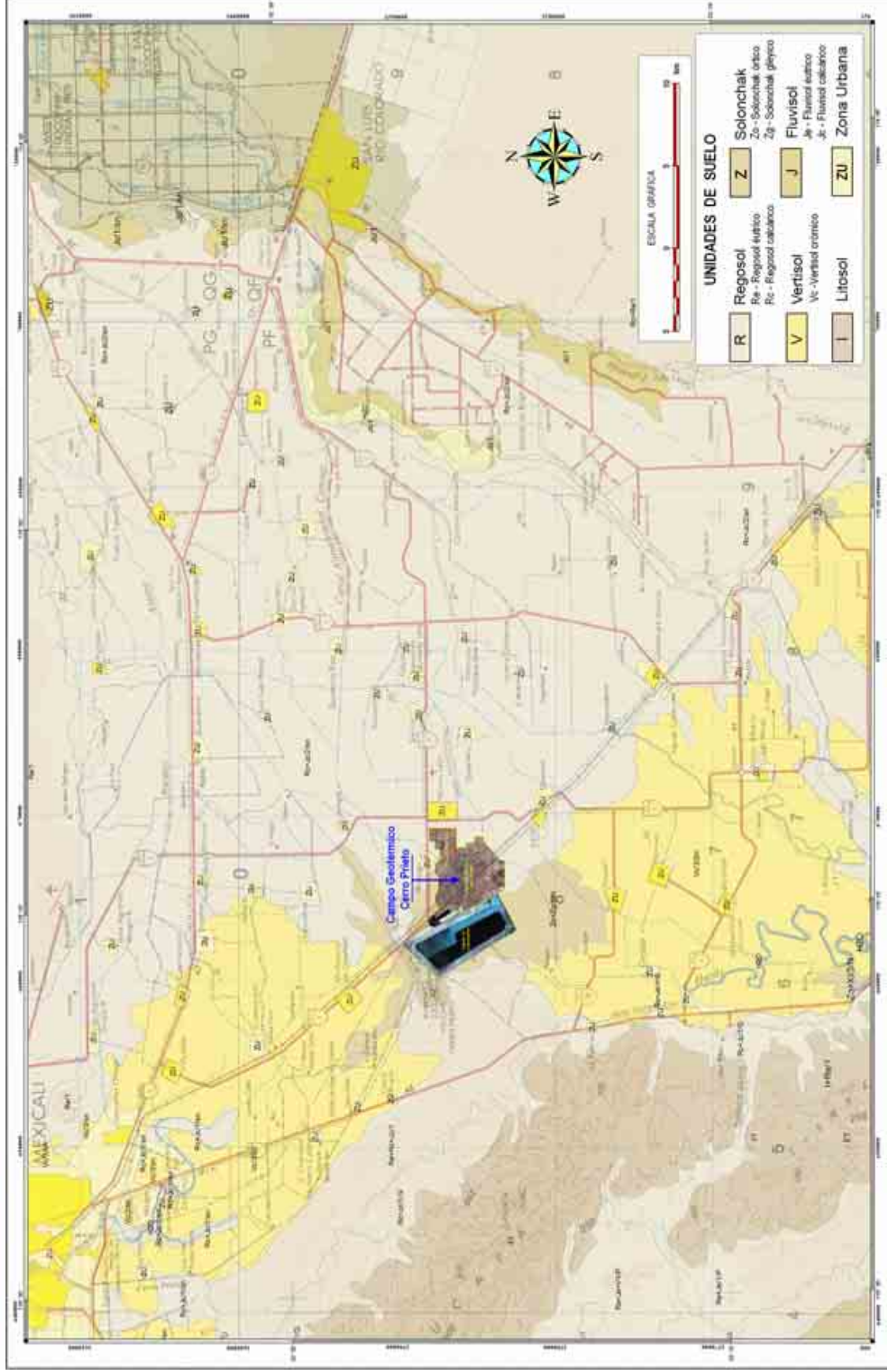


Figura IV.22. Distribución de los tipos de suelo en el área de estudio

Se distinguen en el valle de Mexicali dos planos diferentes de depositación: el primero, que corresponde a la planicie deltáica y el segundo es un plano más alto, constituido por material de mayor grosor (arenas) que conforman las mesas arenosas (SARH, 1971). Los suelos de la planicie deltáica han sido clasificados para evaluar su capacidad agrológica en seis series: Gila fase ligera, Gila fase pesada, Meloland, Imperial, Holtville y Supertition (SARH, 1971). La entonces SARH, con base en los requerimientos de evaluación para uso agrícola clasifica los suelos en tres categorías de acuerdo con la textura: ligeros, medios y pesados, que corresponden respectivamente a valores de potencial agrológico alto, medio y bajo.

En la región, esta unidad presenta dos subunidades: regosol calcárico, de mayor abundancia en el valle, y regosol eútrico. En los regosoles calcáricos la principal característica diagnóstica en que en algunas de sus capas se presenta acumulación de carbonato de calcio, por lo general a una profundidad de 20 a 50 cm, tienen un bajo contenido de nutrientes y menos del 1% de materia orgánica, son suelos profundos, no presentan ningún signo de desarrollo en su perfil, tienen buen drenaje, y en algunas áreas se dan problemas de acumulación de sales, la vegetación que generalmente soporta es matorral desértico micrófilo. Estos suelos son los más susceptibles de aprovecharse en la agricultura, pero requieren de un excelente manejo en los sistemas de labranza, riego y fertilización para ser altamente productivos. Presentan alto riesgo de erosionarse por la acción del viento, por lo que siempre deben estar cubiertos por vegetación nativa o cultivada; además de establecer cortinas rompevientos. En la actualidad existen cerca de 250 000 ha en el valle de Mexicali (CNA, 1996). En el Cuadro IV.3 se presentan las características fisicoquímicas de un perfil de suelo de un Regosol eútrico.

Cuadro IV.3. Características fisicoquímicas características de un Regosol eútrico ubicado dentro del área de estudio.

HORIZONTE	A1	C1
Profundidad (cm)	0-23	23-80
Textura: % arcilla	2	4
% limo	2	2
% arena	96	94
Clasificación textural	Arenoso (A)	Arenoso (A)
Color en húmedo	10YR4/3	10YR4/3
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	< 2,0	< 2,0
pH en agua relación 1:1	7,4	6,9
% de materia orgánica	0,5	0,1
CICT (meq/100 g)	3,0	5,0
Cationes intercambiables: Potasio (meq/100 g)	0,1	0,1
Calcio (meq/100 g)	2,2	3,1
Magnesio (meq/100g)	0,7	0,8
Sodio (meq/100 g)	0,3	0,3
% de saturación de bases	100	> 50
% de saturación de sodio	< 15	< 15

Fuente: INEGI (2001)

Por otra parte, los regosoles éutricos se encuentran distribuidos en sierras, lomeríos, mesetas, así como algunas bajadas y llanuras. Son blanquecinos o amarillentos poco profundos; poseen contenidos bajos o moderados en nutrientes y materia orgánica, por lo cual su fertilidad es baja o moderada. Son bastante susceptibles a la erosión, y de hecho, sufren continuamente los efectos de la erosión natural; frecuentemente tienen limitantes físicas por profundidad (fase lítica) o a nivel superficial (fase gravosa o pedregosa).

Vertisol. Estos suelos se localizan en las llanuras localizadas entre las bajadas al este de la Sierra de Juárez y en el Valle de Mexicali (ver Figura IV.22). La formación de los vertisoles ha sido a partir de la intemperización de rocas ígneas y sedimentarias como la caliza, generándose materiales finos arcillosos, los cuales tienen la propiedad de que con las variaciones de humedad sufren expansiones y contracciones que provocan agrietamiento y la mezcla de los componentes del suelo, y se crea por lo general un horizonte homogéneo en muchas de sus características.

Los vertisoles de la región presentan una fase, la crómica, y su vegetación original predominante era el matorral desértico micrófilo (INEGI, 1980). Son suelos que tienen 30% o más de arcilla en todos los horizontes a una profundidad no menor de 50 cm; desarrollan grietas en su superficie, las cuales en algún periodo (a menos que el suelo se riegue) llegan a tener cuando menos 1 cm de ancho a una profundidad de 50 cm. Son de textura uniforme fina o muy fina, con un contenido bajo de materia orgánica; una característica de estos suelos es que al secarse se contraen y se agrietan (Fitzpatrick, 1985). En estos suelos cuando se practican cultivos arables, resulta esencial la conservación de humedad mediante el mejoramiento de la infiltración y reducción de pérdidas por evaporación y transpiración excesivas. El elevado contenido de arcillas de estos suelos impone fuertes limitaciones a su utilización, debido a que el rango de humedad para su cultivo es estrecho. Si se intenta el cultivo cuando no está a su nivel de humedad óptima, se satura y resulta muy difícil de manejar.

Los vertisoles son suelos muy susceptibles a todas las formas de erosión. Aún en pendientes de 5% o menos pueden desarrollarse grietas profundas en un periodo muy corto, por lo que puede decirse que para obtener un buen aprovechamiento de estos suelos, se requiere de una inversión considerable, pero con la aplicación de la tecnología adecuada las cosechas pueden aumentarse hasta en 10 tantos (Fitzpatrick, 1985). En el Cuadro IV.4 se presentan las características fisicoquímicas de un perfil de suelo de un Vertisol crómico.

Cuadro IV.4. Características fisicoquímicas características de un Vertisol crómico ubicado dentro del área de estudio.

HORIZONTE	Ap	A11	A12
Profundidad (cm)	0-35	35-71	71-100
Textura: % arcilla	36	38	40
% limo	34	34	30
% arena	30	28	30
Clasificación textural	Migajón arcillosa		Arcillosa
Color en húmedo	10YR4/2	10YR4/2	10YR4/2
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	< 2,0	2,0	4,0
pH en agua relación 1:1	8,2	8,4	8,3
% de materia orgánica	1,4	0,8	0,2
CICT (meq/100 g)	28,0	26,0	27,0
Cationes intercambiables: Potasio (meq/100 g)	0,9	0,2	0,2
Calcio (meq/100 g)	26,6	25,6	26,3
Magnesio (meq/100g)	7,6	7,1	7,9
Sodio (meq/100 g)	0,6	1,5	3,7
% de saturación de bases	100	100	100
% de saturación de sodio	< 15	< 15	< 15

Fuente: INEGI (2001)¹

Solonchak. La característica diagnóstica principal de este tipo de suelos es que tienen una alta concentración salina; además presentan un pH de alrededor de 7,9, textura variable, aunque en el área de estudio ésta es arcillosa (fina) y con poca diferenciación en su perfil en el que no existe un verdadero horizonte B.

Estos suelos, como ya se dijo, la propiedad más importante de estos suelos es su alto contenido de sales, el cual es mayor cerca de la superficie y va disminuyendo con la profundidad. Este tipo de suelos presentan los problemas más difíciles de aprovechamiento para el cultivo por la dificultad de remover las sales. Tienen una mala estructura que los hace impermeables, de tal manera que gran parte del agua que se les aplique puede perderse por evaporación o escurrimiento (Fitzpatrick, 1985).

Son suelos formados por la acumulación de los sedimentos del Río Colorado. Se localizan en la parte Sur del valle de Mexicali; incluyendo el área del campo geotérmico Cerro Prieto (Figura IV.23) y sus alrededores, en la parte sur del entre las sierras Cucapá, El Mayor, Sierra de Juárez, y parte de la costa Este del municipio. Presenta textura fina, con alto contenido de sales concentradas por altos niveles de evaporación; son profundos y no presentan desarrollo en su perfil. Se caracteriza por su alto contenido de sales, carbonatos, y bicarbonatos de sodio; por lo tanto, se les considera salino-sódicos. En el Cuadro IV.5 se presentan las características fisicoquímicas de un perfil de suelo de un Solonchak órtico.

¹ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2001. Síntesis geográfica del Estado de Baja California. México. 98 pp

Cuadro IV.5. Características fisicoquímicas características de un Solonchak órtico ubicado dentro del área de estudio.

HORIZONTE	A1	B21	B22	B23
Profundidad (cm)	0-15	15-47	47-52	52-100
Textura: % arcilla	46	58	54	54
% limo	32	22	22	28
% arena	22	20	24	18
Clasificación textural	Arcillosa			
Color en húmedo	7,5YR5/4	7,5YR5/4	7,5YR5/4	7,5YR5/4
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	100	50	50	20
pH en agua relación 1:1	8,1	7,9	7,9	8,2
% de materia orgánica	0,9	0,7	0,6	0,5
CICT (meq/100 g)	22,5	31,3	29,0	29,8
Cationes intercambiables: Potasio (meq/100 g)	2,6	3,2	1,5	2,9
Calcio (meq/100 g)	29,1	20,6	17,2	22,5
Magnesio (meq/100g)	3,1	3,0	1,3	2,8
Sodio (meq/100 g)	18,4	14,3	6,3	10,3
% de saturación de bases	100	100	100	100
% de saturación de sodio	> 40	> 40	< 40	< 40

Fuente: INEGI (2001)

Los solonchak órticos son de origen es lacustre y aluvial, por lo que alcanzan profundidades mayores a un metro; son de color pardo; muestran textura arcillosa; su capacidad de intercambio catiónico total y la saturación de bases son altas, pero el contenido de materia orgánica es bajo, debido a que su alto contenido de sales solubles y de sodio hacen que muchas de estas áreas por lo general estén desprovistas de vegetación.

La vegetación que soportan este tipo de suelos se le denomina halófila, siendo en el área de estudio la especie dominante de este tipo de vegetación *Allenrolfea occidentalis* (chamizo), cual es altamente especializada para soportar altos niveles de sales. Estos suelos son altamente corrosivos y debido a esto no tienen uso aparente, aunque recientemente se han hecho estudios, tanto ecológicos como económicos, para el desarrollo de granjas acuícolas productoras de camarón, como una alternativa a los bajos niveles de captura del crustáceo en el Golfo de California.

Fluvisol. Son suelos formados a partir de materiales acarreados por alguna corriente de agua, que han tenido poca evolución en su perfil. El nombre de estos suelos es una derivación de la palabra latina *fluvius* que significa río, y es conotativa de las planicies de inundación y los depósitos aluviales recientes. Estos suelos requieren de mejoramiento considerable para utilizarse en la agricultura. Están caracterizados por tener capas alternas de arena, arcillo o gravas. En el Cuadro IV.6 se presentan las características fisicoquímicas de un perfil de suelo de un Fluvisol calcárico.

Cuadro IV.6. Características fisicoquímicas características de un Fluvisol calcárico ubicado dentro del área de estudio.

HORIZONTE	C1	C2
Profundidad (cm)	0-64	64-100
Textura: % arcilla	2	2
% limo	5	8
% arena	92	90
Clasificación textural	Arenoso	Arenoso
Color en húmedo	7,5YR5/4	7,5YR5/6
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	< 2,0	< 2,0
pH en agua relación 1:1	8,1	8,1
% de materia orgánica	0,1	0,1
CICT (meq/100 g)	4,0	4,3
Cationes intercambiables: Potasio (meq/100 g)	0,2	0,2
Calcio (meq/100 g)	12,8	12,4
Magnesio (meq/100g)	1,2	1,6
Sodio (meq/100 g)	0,3	0,6
% de saturación de bases	100	100
% de saturación de sodio	< 15	< 15

Fuente: INEGI (2001)

La subunidades de los Fluvisol en la región son: fluvisoles calcáricos, los cuales se encuentran a lo largo de las márgenes del Río Colorado y en la ladera Occidental de la sierra Cucapá; poseen altas cantidades de cal, tienen suficientes nutrientes aunque con menos de 1% de materia orgánica; y los fluvisoles éutricos, que se distribuyen en las partes bajas de la sierra Las Tinajas, que además de las características anteriores (con excepción de la acumulación de cal) tienen gravas en la superficie o distribuidas en su interior.

Como son suelos con alto contenido de agua debe evitarse que se inunden, de manera que esta se evapore y se vuelvan apropiados para el cultivo. A este proceso por lo general se le conoce como maduración. (Fitzpatrick, 1985).

Litosol. En el área de estudio estos suelos se encuentran distribuidos en la sierra Cucapá, El Mayor y Las Tinajas, así como en el volcán Cerro Prieto. Estos son suelos que están limitados en profundidad por roca continua dura coherente, dentro de los 10 cm de profundidad de la superficie. Su vegetación predominante es el matorral desértico micrófilo en sierras y cerros, y este mismo matorral con algunos elementos espinosos en las bajadas de las sierras (INEGI, 1980). En estos suelos no existe desarrollo en el perfil pedogenético, son totalmente superficiales; no tiene un uso definido, salvo las zonas en donde existen bancos de materiales para la construcción.

e) Hidrología

El sistema hidrológico de Baja California está constituido por dos vertientes, la del Golfo de California y la del Océano Pacífico (Figura IV.23, Mapa 5). En la vertiente del Golfo se localiza el Río Colorado, el cual es el más importante del Estado, el resto de las corrientes que drenan a esta vertiente carecen de importancia, así como de posibilidades hidrológicas debido a la gran permeabilidad de las formaciones existentes y el escaso desarrollo de sus cauces (COSAE, 1994).

La principal corriente dentro del municipio de Mexicali es el Río Colorado, que tiene un recorrido de noroeste a sureste. Su escurrimiento dentro del territorio nacional es de 1'850'234 000 m³/año, que es la cuota asignada a nuestro país de acuerdo con el convenio celebrado con los Estados Unidos de América, y cuyo destino es el Distrito de Riego No.14, con dotaciones de agua potable para la ciudad de Mexicali, zonas urbanas del valle de Mexicali y la ciudad de Tijuana por medio del acueducto Río Colorado-Tijuana.

El Río Nuevo (que es en realidad un gran dren) y el dren Hardy llamado comúnmente río, son corrientes importantes dentro del municipio; el Río Nuevo tiene una trayectoria de sureste a noroeste, las descargas principales son desechos industriales, domésticos y agrícolas. El dren Hardy es producto de los aportes de infiltraciones producidas por el drenaje agrícola.

Hidrología superficial

El municipio de Mexicali se encuentra localizado dentro de dos Regiones Hidrológicas, la No. 4 (Baja California Noreste) y la No.7 (Río Colorado). La Región Hidrológica No.7 se distribuye en Estados Unidos de América y México (Sonora y Baja California). Esta región es la de mayor importancia para Baja California y está localizada al noreste del mismo. La Región Hidrológica No.4, Baja California noreste (Laguna Salada), se ubica en la porción norte de la Entidad en las cercanías con la ciudad de Mexicali, sus aguas son vertidas al Golfo de California y a la Laguna Salada.

- Región Hidrológica No. 7, Río Colorado

El campo geotermoeléctrico Cerro Prieto está situado dentro de la Región Hidrológica No. 7, esta región tiene una superficie total de 5 923 km², y su principal corriente es la del Río Colorado. Se localiza en la parte Noreste de la entidad, y está constituida por los terrenos situados hacia el margen izquierdo del Río Colorado en el estado de Sonora y margen derecho del mismo río en el estado Baja California, además del delta del Río Colorado.

Esta región se divide en 2 cuencas para efecto de mayor control, la ubicada al margen derecho se le denomina Río Colorado y la del margen izquierdo Bacanora-Mejorada, éstas a su vez se subdividen en superficies correspondientes a subcuencas de ríos y arroyos, los cuales actualmente son canalizados para uso agrícola o como drenaje de esta región (INEGI, 1995).

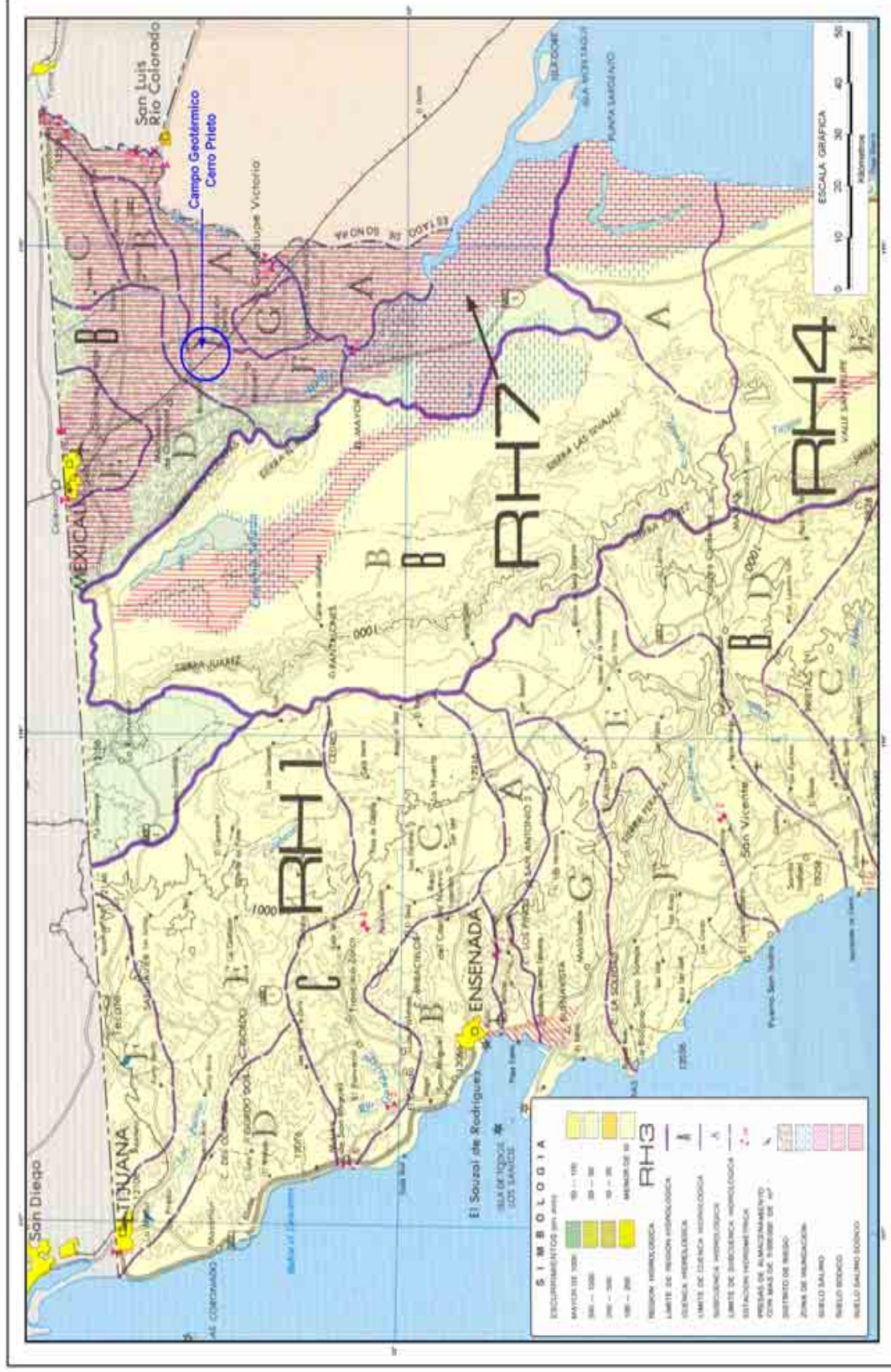


Figura IV.23. Regiones hidrológicas de la parte norte del estado de Baja California (Fuente: INEGI, 2001).

- Cuenca del Río Colorado (B)

La cuenca del Río Colorado, tiene una superficie total de 634 000 km², ocupa siete estados de la Unión Americana y en México, los Estados de Baja California y Sonora. En el territorio nacional se localiza el 1,12% del área total de la cuenca, que son 7 085 125 km², de los cuales el 0,80% pertenecen al estado de Baja California con 5 052 625 km² (INEGI, 1993). Se ubica en la parte Noreste del Estado, limitando al Norte con los Estados Unidos de América, en su porción Este con la cuenca Bacanora- Mejorada; hacia el Oeste con la cuenca B de la Región Hidrológica No.4 y al Sureste con el Golfo de California.

Tiene como subcuencas la del Río Colorado (7Ba), Río Las Abejas (7Bb), Canal El Álamo (7Bc), Canal Cerro Prieto (7Bd), Río Nuevo (7Be), Río Hardy (7Bf), Río Pescadores (7Bg) y Bajo Río Colorado (7Bh) (Gobierno del Estado de B.C., 1995).

La precipitación media anual en esta porción de la cuenca es de 74,4 mm, la pendiente general es baja. El rasgo hidrológico más sobresaliente de la cuenca es el Río Colorado, que tiene su origen en el centro del Estado de Wyoming en E.U.A. Las obras de mayor importancia, son la presa derivadora José María Morelos y una profusa red de canales, con 470 kilómetros de canales principales, 2 432 kilómetros de canales secundarios y 1 662 kilómetros de drenes, dicha red es destinada principalmente al uso agrícola del Distrito de Riego No. 14 y en menor escala se utiliza el agua en uso doméstico, industrial y pecuario (INEGI, 1995).

- Principales ríos y cuerpos de agua superficial

Río Colorado. El Río Colorado nace en el centro del estado de Wyoming en los Estados Unidos de América, y cruza por los Estados de Colorado, Nuevo México, Utah, Arizona, Nevada y California del mismo país, mientras que en México, pasa por Baja California y Sonora. El recorrido del Río Colorado en nuestro país es de Noroeste a Sureste, con una longitud de 187 km; este caudal es utilizado para consumo humano y riego agrícola. El Tratado de Aguas Internacionales, suscrito por nuestro país y los Estados Unidos de América, establece que de las aguas del Río Colorado se asigna a México un volumen garantizado de 1 850 234 m³/año (Bernal, 1995).

En el pasado, la fuente original del abastecimiento de agua para la ciudad de Mexicali la constituyó el Río Colorado, sin embargo, debido a la problemática que provoca el acelerado crecimiento demográfico de los centros urbanos del estado a finales de la década de los ochenta y del alto grado de salinidad de las aguas que se entregaban a México por el Río Colorado, se generaron acciones como lo es el acta 242 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas que estipula la entrega de agua del Río Colorado con salinidad aceptable y la perforación de pozos de la Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado, Sonora; de ahí que en la actualidad la Comisión Nacional del Agua asigne a la ciudad de Mexicali una dotación máxima de 3 076 l/s, de la Mesa Arenosa y del Río Colorado en conjunto, con un volumen consumido en 1993 de 2 475 l/s.

Río Álamo. Nace junto a la frontera entre México y Estados Unidos de América, al sureste de la ciudad de Mexicali, con un curso inicial de rumbo norte que cruza el lindero internacional a unos 13 km, al Oriente de la ciudad citada. Después se interna en territorio norteamericano, pasando por Holtville y continuando hasta su desembocadura en la zona sureste del Mar del Salton en California (SARH, 1969).

Río Nuevo. El Río Nuevo se origina en México, 20 km al sureste de la ciudad de Mexicali y al noreste de la sierra Cucapá. En su parte inicial, escurre hacia el noroeste; pasando por Mexicali B.C., y Caléxico, Cal. Ya en territorio norteamericano sigue con la misma dirección hasta el cruce con la carretera U.S. 80, cerca de Seeley, California, siguiendo una trayectoria en dirección noreste. Con este sentido y muchas sinuosidades, sigue por varios kilómetros más hasta su desembocadura en la parte Sur del Mar del Salton en el estado de California (SARH, 1969).

Río Hardy. Sus corrientes son producto de las alimentaciones de las faldas de las sierras situadas al Occidente del valle (Cucapá y el Mayor) y las infiltraciones producidas por drenajes agrícolas (COSAE, 1994).

Calidad del agua superficial

En el Río Colorado que es la principal corriente del Municipio, la calidad del agua se encuentra entre los 1 000 ppm de sólidos disueltos, considerándose no apta para consumo humano; en el caso del Río Nuevo, éste está fuertemente contaminado y sus aguas no son recomendables para ningún uso.

Hidrología subterránea

El recurso agua en el estado de Baja California es insuficiente con relación a las bajas precipitaciones que se presentan. Además la infraestructura hidráulica superficial en la entidad es escasa, exceptuando el valle de Mexicali.

Las escasas precipitaciones en general escurren al mar, en tanto un mínimo porcentaje permanece en el continente y se infiltra recargando los acuíferos, generando el manantialismo. De ahí que el agua subterránea es la fuente más importante para el sostenimiento de las distintas actividades en el Municipio y en el Estado.

Lo más relevante en cuanto a hidrología subterránea en el municipio es el acuífero del Valle de Mexicali, que se utiliza básicamente en la actividad agrícola.

- Unidades geohidrológicas

Para definir estas unidades se determinaron las características de las rocas, así como las de los materiales granulares, para estimar las posibilidades de contener o no agua, clasificándose en material consolidado y no consolidado; con tres tipos de probabilidad de funcionar como acuífero; alta, media y baja (INEGI, 1980).

En el municipio de Mexicali se presentan las siguientes unidades geohidrológicas:

Material consolidado con posibilidades bajas

Se encuentra ubicado básicamente en las Sierras de Juárez, Cucapá y el Mayor, las cuales están formadas principalmente por rocas granodioritas y tonalitas, así como esporádicos afloramientos gneis y basalto. Las rocas que ocupan éstas unidades no son susceptibles a formar acuíferos debido a su estructura masiva. Cabe mencionar que las sierras se encuentran afectadas por fracturas y fallas, las cuales actúan como zona de recarga llegando a manifestarse como manantiales encontrados en los flancos de las sierras (INEGI, 1980).

Material consolidado con posibilidades altas

Localizado en el área de la Laguna Salada y el valle de Mexicali, a esta unidad se le asignan los materiales con alta porosidad y/o fracturamiento intenso. Corresponden a este grupo areniscas terciarias y basaltos cuaternarios, cuya distribución es errática y reducida (INEGI, 1995).

Material no consolidado con posibilidades bajas

Se encuentra distribuido al Sureste del Municipio, básicamente en la planicie deltáica de inundación; se constituye por material aluvial cuya granulometría varía de arena a limo; cubre a un conglomerado mal cementado, con matriz arcillo-arenoso. Dicha unidad tiene permeabilidad alta, pero debido a su delgado espesor y área restringida no es económicamente explotable.

Existen algunos manantiales y norias, cuya agua proviene de fracturas de las rocas que cubren dichos sedimentos y de aguas subalveas de ríos o arroyos respectivamente; los gastos en ambas obras son mínimos, la calidad del agua es buena (0-525 mg/l) y se usa para fines domésticos; los niveles estáticos de las norias varían de 2 a 4 m de profundidad (INEGI, 1980).

Material no consolidado con posibilidades medias

Esta unidad se localiza al noroeste de las sierras San Felipe y Las Tinajas, forman lomeríos bajos cerca de las mismas, los cuales no son de mucha extensión; se constituyen por suelos aluviales arenosos y eólicos; la permeabilidad de estos materiales es alta, sin embargo, existe poco aprovechamiento de pozos y norias en las cuales los niveles estáticos varían de 20 a 36 m en los primeros y de 3 a 45 m, en los segundos. La calidad del agua es salada (mayor de 1,400 mg/l) y se emplea en el sector doméstico (INEGI, 1980).

- Zonas geohidrológicas

Valle de Mexicali

Se localiza al sureste de la ciudad de Mexicali. Geográficamente se establece al interior del cuadrángulo que conforman las siguientes coordenadas: meridianos 114° 45' 00" y 115° 30' 00" de longitud Oeste y paralelos 32° 00' 00" y 32° 45' 00" de latitud Norte.

El acuífero del valle de Mexicali, es de tipo libre y el de mayor capacidad en el Estado. Litológicamente está formado por unidades clásticas no consolidadas de origen deltáico, donde sobresalen grava, gravilla y arena; horizontes arcillosos se encuentran intercalados generalmente en forma lenticular (INEGI, 1995).

Según datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (1996), el volumen de extracción es de 750'486 135 m³/año de agua, operación que se realiza mediante la actividad de 725 pozos con tuberías de descarga de 30,5 cm (12") de diámetro que generan un gasto de 140 l/s. La recarga del acuífero se estima en 700 Mm³, lo que representa según la cantidad que se extrae una sobre-explotación de 50'486 135 m³. El agua se destina principalmente para uso agrícola y en menor escala al uso doméstico-urbano de la ciudad de Mexicali.

Para 1992 la elevación del nivel estático fluctuó entre 5 a 25 m de profundidad, la máxima se observa al Noreste del valle y la mínima al Este y Noroeste; al centro de la zona se tiene domos configurados con máximos de 15 msnm y conos de abatimiento con mínimo de 10 m de profundidad, estos altibajos modifican levemente el patrón de flujo de agua subterránea, el cual corre con un rumbo general de Noreste a Suroeste (INEGI, 1995).

El levantamiento hidroquímico realizado en marzo y mayo de 1991, dio como resultado que en el valle existen aguas catalogadas de regular a mala calidad, tolerable a salada, con concentraciones promedio entre 1 400 a 2 200 mg/l de sólidos totales disueltos. Las familias químicas que se desprenden de los diagramas de Palmer-Piper sobre el valle de Mexicali, indicaron familias cálcicas, magnésicas, sódica, potásica-clorurada y sulfatada (INEGI, 1995).

- Zonas de reserva para la recarga de acuíferos

El acuífero del valle de Mexicali es el más importante por su explotación, se localiza en el Distrito de Desarrollo Rural 002; es de carácter internacional y conjuntamente con una parte de las aguas superficiales concedidas a México por Estados Unidos de América permiten mantener la superficie actualmente bajo riego (COSAE, 1994).

En el Municipio existen valles tanto intermontanos como costeros que han dado lugar a la formación de acuíferos de relativa importancia como son el de Laguna Salada y San Felipe-Punta Estrella.

Una de las pocas zonas donde existen aún posibilidades de aumentar la extracción es en la subregión de Laguna Salada-San Pedro Mártir donde se localizan los acuíferos de Laguna Salada y San Felipe-Punta Estrella. En este último se contempla su aprovechamiento para abastecer de agua potable al puerto de San Felipe (CEDAM, 1991).

En San Felipe se está explotando un acuífero que es de tipo libre costero, drenando hacia el mar, y es conocido como acuífero San Felipe; sus aguas son de tolerables a salinas, llegando a contener hasta 4 000 mg/l; actualmente está surtiendo de agua a San Felipe con la perforación de 6 pozos con un gasto hasta de 122 l/s. Este manto está siendo sobre-explotado a tal grado que presenta intrusión de agua de mar debido a que el nivel estático ha disminuido considerablemente (CEDAM, 1991).

Al Sur de San Felipe se ha detectado otro acuífero llamado Punta Estrella, con una superficie de 145 km² y con una recarga anual de 7 Mm³, y una explotación asegurada de 4,7 Mm³, mediante 5 pozos con un gasto total de 150 l/s. y un contenido de sólidos en el orden de los 500 mg/l (0,5 g/l).

IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. INVENTARIO AMBIENTAL

IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo con la regionalización definida en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali (1999), el proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V se localiza dentro de la Unidad de Gestión Ambiental 1 (UGA-1), denominada Valle de Mexicali (ver Figura IV.1), el cual comprende una superficie aproximada de 250 000 ha (2 500 km²) (SAGAR, 1995). Geográficamente, el valle de Mexicali se establece al interior del cuadrángulo que conforman las siguientes coordenadas: meridianos 114° 45' 00" y 115° 30' 00" de longitud Oeste y paralelos 32° 00' 00" y 32° 45' 00" de latitud Norte.

El campo geotermoeléctrico Cerro Prieto se encuentra localizado al ESE del volcán Cerro Prieto, cubre actualmente una superficie aproximada de 18 km², aunque las reservas del yacimiento en el subsuelo se extienden hasta cubrir otros 50 km².

Como se observa en la Figura IV.1, la superficie de la UGA-1 es muy extensa, cuya forma más o menos triangular incluye en sus vértices norte las poblaciones de Mexicali y Algodones, y su vértice sur termina a unos 20 km al E de la parte sur de la Sierra El Mayor; la descripción del medio abiótico, hace referencia a esta superficie, precisando en algunos casos el área del proyecto.

Tomando en cuenta la uniformidad que existe sobre el uso de suelo y vegetación de la UGA-1, la cual tiene un uso predominante agrícola, con escasos manchones de vegetación natural y secundaria, el área de estudio para el medio biótico y socioeconómico se acotó a una superficie de 240 km² (un rectángulo de 16 x 15 km) a fin de realizar los muestreos de fauna y vegetación. Para lo anterior, se tomó en cuenta también el área de influencia del campo geotérmico Cerro Prieto por las emisiones de ácido sulfhídrico (H₂S) a la atmósfera, definida en un radio aproximado de 8 km por algunos estudios realizados sobre la dispersión de este gas inconcesable (ver Figura 4.2).

No obstante lo anterior, la descripción del medio abiótico se hizo con base en las características ambientales que se presentan en el valle de Mexicali, es decir, para la UGA-1. Así mismo, para el análisis socioeconómico se tomaron en cuenta las zonas urbanizadas de las siguientes localidades: los ejidos Michoacán de Ocampo, Chihuahua, Jalapa, Hidalgo y Prof. Otilio Montaña, todos ellos localizados hacia la parte norte del campo geotérmico; los ejidos Nuevo León (incluyendo el poblado El Chimi), y Vicente Guerrero, ubicados hacia el este; y los ejidos Delta y Oaxaca, situados al sur del campo geotérmico; al oeste del mismo, no se encuentran localidades cercanas, y se encuentra delimitado por la sierra Cucapá.

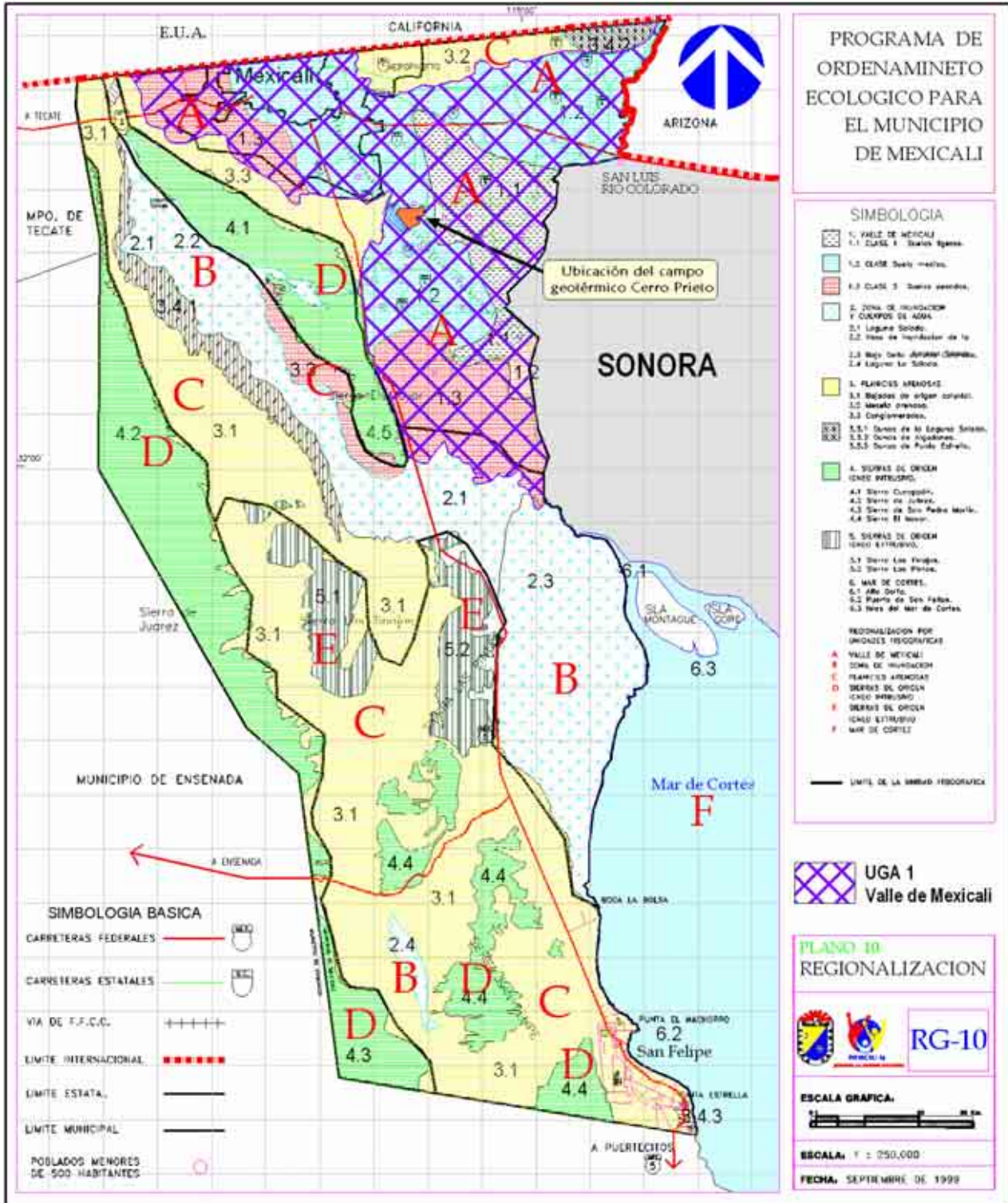


Figura IV.1. Localización de la UGA-1 Valle de Mexicali, definida como área de estudio para el proyecto geotermoelectrico Cerro Prieto V.



Figura IV.2
Area de estudio del Proyecto
Geotermoelectrico Cerro Prieto V

IV.2. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

IV.2.1. Aspectos abióticos

a) Clima

Debido a la forma peculiar de la Península de Baja California, aunada a los factores que afectan a los climas, en la entidad se presentan diferentes tipos climáticos con una distribución muy característica. Los que predominan son los muy secos, éstos abarcan el noreste, centro y sur del estado; los secos comprenden la porción noroeste principalmente; los semifríos se localizan en las partes más altas de las sierras del norte, y alrededor de éstos se encuentran los templados. Una característica relevante de los climas en esta región es la presencia de regímenes de lluvias invernales, excepto en los de la costa del Golfo de California; esta peculiaridad se debe a la interacción de los factores latitud, relieve, altitud y corrientes marinas.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (2004), en el Valle de Mexicali predomina el tipo de clima BW (h')h s(x') (e'), el cual corresponde a un clima seco muy árido, cálido (con temperatura media anual por encima de los 22°C, y del mes más frío por debajo de los 18°C), con régimen de lluvias de invierno (porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 18 pero menor de 36), con una oscilación térmica muy extremosa, por encima de los 14°C. Las zonas que tienen este clima están localizadas en los alrededores de Laguna Salada, en el Valle de Mexicali y en la parte norte del delta del río Colorado (Ver Figura IV.3, Mapa 2)

En el Cuadro IV.1 se presentan los registros de precipitación y temperatura de las estaciones meteorológicas cercanas al área del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V, ubicadas dentro del Valle de Mexicali; así mismo, en la Figura IV.4 se presentan los diagramas ombrotérmicos de cada una de ellas.

Además de las estaciones meteorológicas anteriores, administradas actualmente por la Comisión Nacional del Agua, la CFE tiene instalada y operando una estación en el Ejido Hidalgo, ubicada a un kilómetro al norte del sitio propuesto para la instalación del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V. En el Cuadro IV.2 se presentan los valores promedio mensuales y anuales registrados en esta estación meteorológica durante el período 1990-2005.

Cuadro IV.1 Registros de precipitación y temperatura de las estaciones meteorológicas cercanas al área del proyecto

NÚM.	ESTACIÓN	LONG	LAT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	P/T	%PI	OSC	CLIMA	
																					ENE
02-003	AMPAC 4m	-115° 25'	32° 34'	T	12.0	14.1	16.7	21.2	24.5	29.1	32.9	32.2	29.2	23.7	16.4	12.9	22.1	2.0	23.7	20.9	BW(h')hw(x')(e)w''
				P	3.2	4.0	3.0	1.7	0.1	0.0	0.5	11.9	1.0	6.6	1.7	9.4					
02-006	BATAQUES 70m	-115° 0'	32° 33'	T	13.1	15.4	17.5	21.1	24.8	29.7	33.0	32.3	29.3	23.6	17.4	13.3	22.5	1.9	34.0	19.9	BW(h')hs(x')(e')
				P	7.2	4.6	2.5	2.4	0.0	0.0	1.3	4.7	3.4	6.7	3.9	5.4					
02-012	DELTA 6m	-115° 11'	32° 21'	T	14.1	16.1	18.1	21.2	24.9	29.4	32.8	32.1	29.8	24.5	18.4	14.3	23.0	2.2	30.5	18.7	BW(h')hs(e')
				P	7.2	5.1	3.2	2.0	0.4	0.3	1.3	6.0	5.9	8.2	3.9	7.3					
02-017	JUAREZ COLONIA 7m	-115° 4'	32° 18'	T	11.4	14.0	16.0	18.8	23.1	28.7	31.8	31.0	28.8	23.0	16.2	12.0	21.2	3.9	32.2	20.4	BWhw(x')(e')
				P	9.3	10.2	7.4	1.8	0.0	0.3	3.9	7.6	9.5	18.2	5.2	10.2					
02-019	MAYOR, EL 5m	-115° 17'	32° 7'	T	13.8	15.6	17.6	20.4	23.3	27.0	31.0	30.4	28.1	23.6	18.1	14.6	22.0	2.6	18.0	17.2	BWhw(x')(e')
				P	4.4	2.8	2.9	0.9	0.1	0.2	1.9	7.6	13.3	11.0	3.6	7.4					
02-020	MEXICALI, CAMPO AGR. 4m	-115° 24'	32° 32'	T	12.0	14.5	17.2	20.9	24.5	29.1	32.7	32.4	29.3	23.5	16.6	12.7	22.1	3.6	29.0	20.7	BW(h')hs(x')(e')
				P	10.7	8.1	4.0	3.0	0.6	0.8	2.8	11.7	9.2	7.8	7.2	12.8					
02-062	CERRO PRIETO 10m	-115° 15'	32° 25'	T	12.6	15.0	17.8	20.2	25.1	29.5	33.6	33.3	29.9	23.7	17.5	12.5	22.6	2.2	33.9	21.1	BW(h')hw(x')(e)w''
				P	4.2	6.3	4.6	1.8	0.0	0.2	0.9	3.9	12.3	1.8	8.0	6.0					
02-068	MEXICALI 3m	-115° 27'	32° 39'	T	12.2	14.7	17.1	21.0	24.8	29.3	33.0	32.7	29.9	23.7	17.0	12.7	22.3	2.7	29.0	20.8	BW(h')hs(x')(e')
				P	10.5	3.7	3.2	1.8	0.1	0.3	3.3	9.7	6.2	8.2	4.6	8.5					
Valores promedio				T	12.7	14.9	17.3	20.6	24.4	29.0	32.6	32.1	29.3	23.7	17.2	13.1	22.2	2.6	28.8	19.9	BW(h')hs(x')(e')
				P	7.1	5.6	3.9	1.9	0.2	0.3	2.0	7.9	7.6	8.6	4.8	8.4					

Nota: La ubicación de estas estaciones meteorológicas se presenta en el Mapa 2, del subcapítulo VIII.1.1.

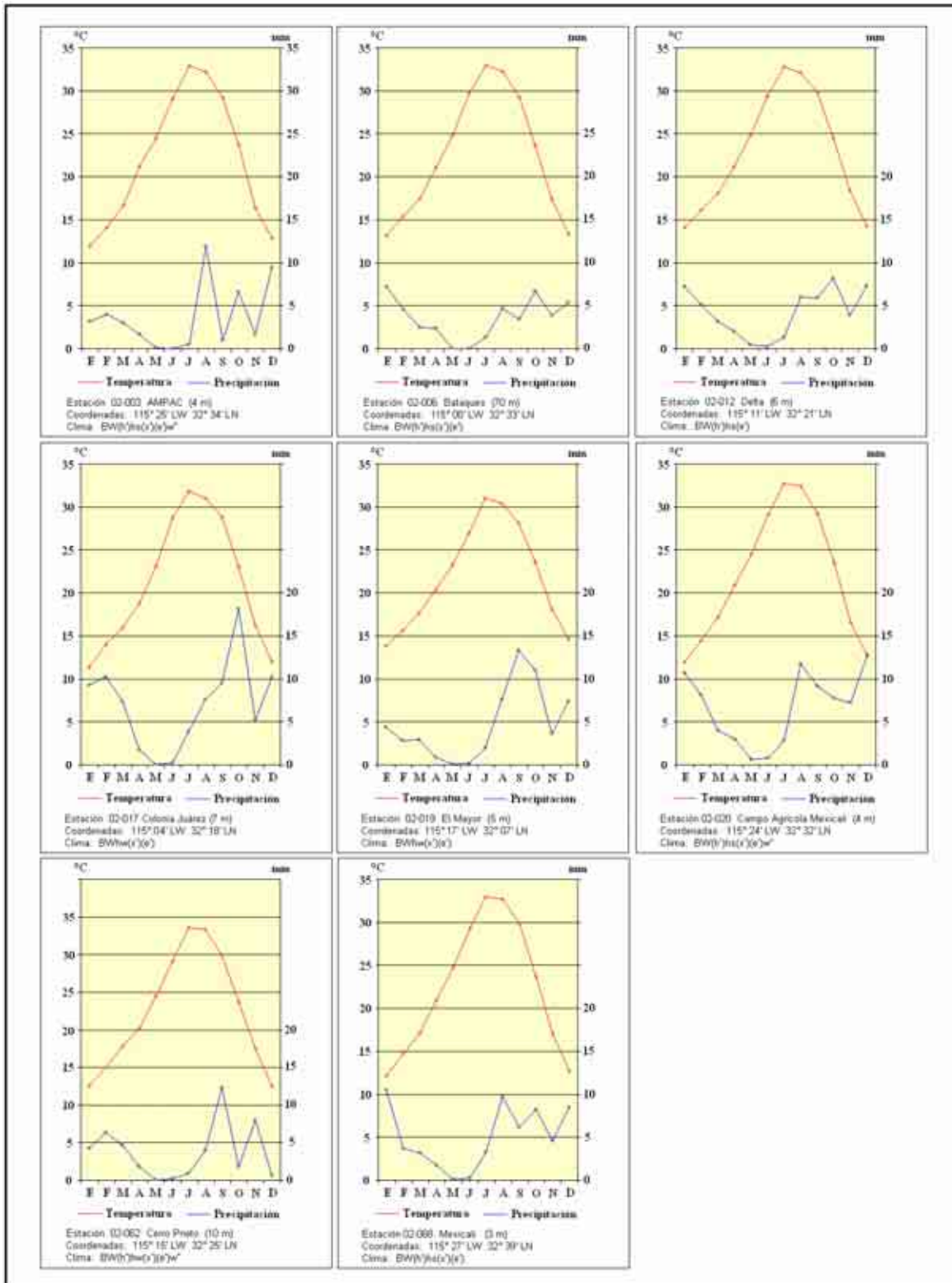


Figura IV.4. Diagramas ombrotérmicos de las estaciones meteorológicas cercanas al área del proyecto geotermoelectrico Cerro Prieto V.

Cuadro IV.2. Valores promedio mensuales y anuales de la estación meteorológica Cerro Prieto (Ejido Hidalgo) registrados de 1990-2005.

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T °C	12,8	14,9	17,0	20,7	24,8	29,1	32,9	33,0	34,0	23,9	16,6	11,8	22,4
P mm	9,8	11,2	9,0	2,1	0,1	0,3	2,2	5,4	9,2	5,6	3,6	11,8	56,5
E mm	87,9	104,6	170,7	228,6	305,4	347,1	356,6	327,0	269,4	188,1	122,3	90,5	2 597,9
HR %	54	53	47	44	41	39	43	47	45	41	42	53	45,9

T °C – Temperatura media mensual (grados Celsius)

P mm – Precipitación media mensual (milímetros)

E mm – Evaporación media mensual (milímetros)

HR % – Humedad relativa (%)

El diagrama ombrotérmico de esta estación meteorológica presenta un comportamiento similar con las demás estaciones ubicadas en el valle de Mexicali, cercanas al proyecto, observándose que todos los meses son muy secos, como se puede observar en la Figura IV.5.

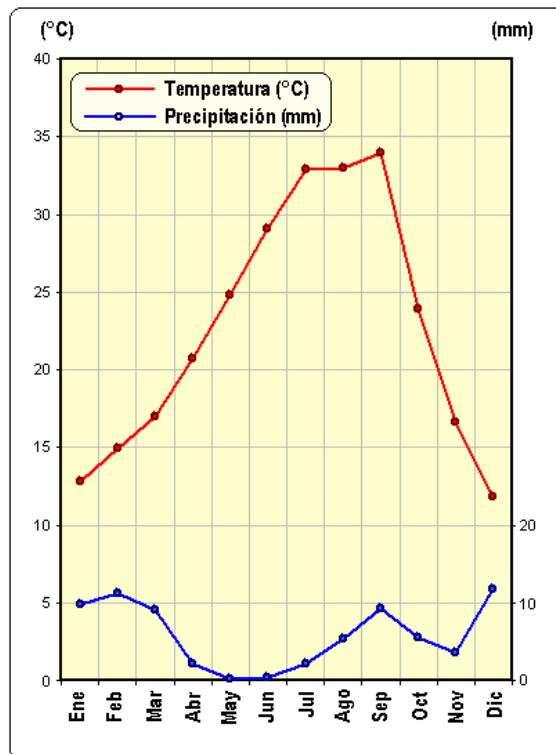


Figura IV.5. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica Cerro Prieto (Ejido Hidalgo).

Precipitación

La precipitación total anual para el área de estudio, de acuerdo con los registros de las estaciones meteorológicas ubicadas en la región del Valle de Mexicali va de 42,3 mm (estación Bataques 02-006) a 83,6 mm (estación Colonia Juárez 02-017); siendo la mayor incidencia de las lluvias en los meses de agosto a octubre y en un segundo período en diciembre y enero. Los meses con menor precipitación para el Valle de Mexicali son mayo y junio, con precipitaciones menores a un milímetro. En la Figura IV.6 se presenta la distribución de la precipitación media anual para la región norte del estado de Baja California.

La lluvia invernal para el Valle de Mexicali, es decir, la producida en los meses de enero a marzo, representa el 28,4% de la total anual.

La cantidad de precipitación es insuficiente para el desarrollo de cultivos, pero en el Valle de Mexicali y en el delta del Río Colorado se efectúa la actividad agrícola de riego mediante un sistema de canales utilizando el agua del río mencionado. La vegetación natural que crece en los terrenos no dedicados a la agricultura es de matorrales, aunque alrededor de la Laguna Salada dominan áreas sin vegetación aparente, ya que ahí además los suelos tienen cantidades considerables de sales y sodio.

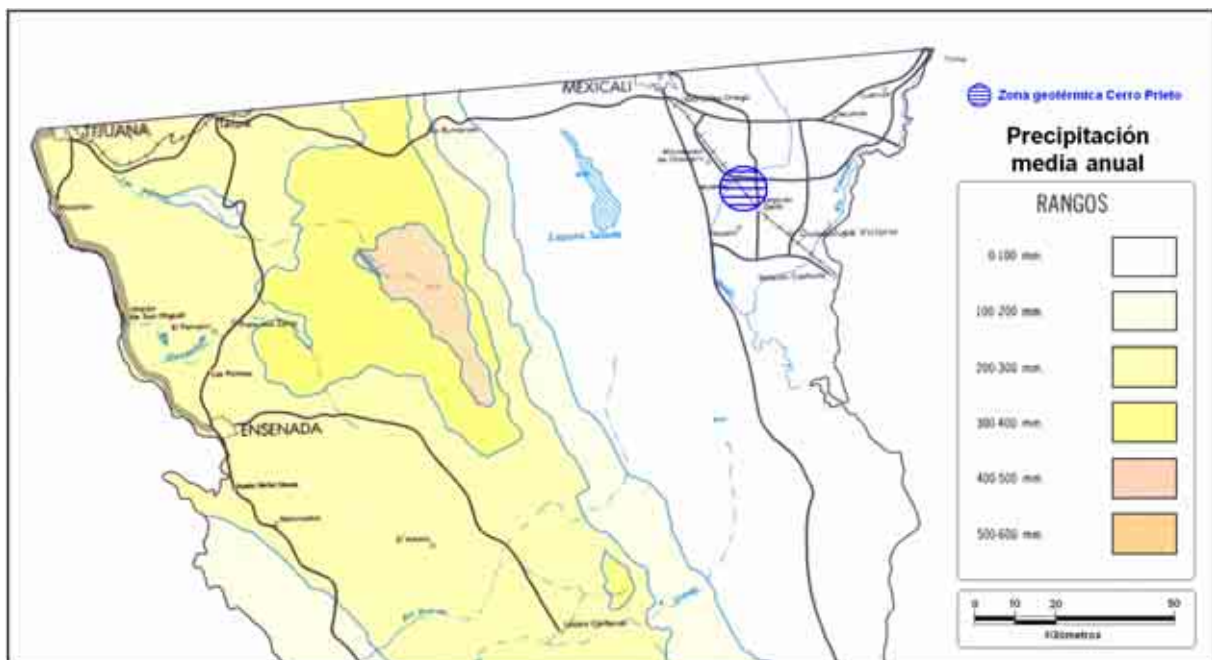


Figura IV.6. Distribución de la precipitación media anual para la región norte del estado de Baja California (Fuente: INEGI, 2001).

Temperatura

La temperatura media anual para el área de estudio varía de 21,2°C (Estación Colonia Juárez 02-017) a 23,0°C (Estación Delta 02-012), siendo los meses más cálidos julio y agosto, con valores superiores a los 30°C; y los meses más fríos son enero y diciembre, con temperaturas por debajo de los 13°C. Para la estación meteorológica Cerro Prieto, ubicada en el Ejido Hidalgo, se ha registrado hasta 50°C como temperatura máxima en el mes de julio, y -4,5°C como temperatura mínima en el mes de febrero. En la Figura IV.6 se presenta la marcha anual de temperaturas (máximas, medias y mínimas promedio mensuales) de esta estación meteorológica en el período 1990-2005.

En la gráfica de la Figura IV.7 se puede observar que el promedio de la oscilación térmica mensual para esta estación meteorológica de alrededor de los 20°C, por lo que se considera un clima muy extremoso, siendo los meses de abril-junio los más acentuados, donde dicha oscilación excede los 24°C.

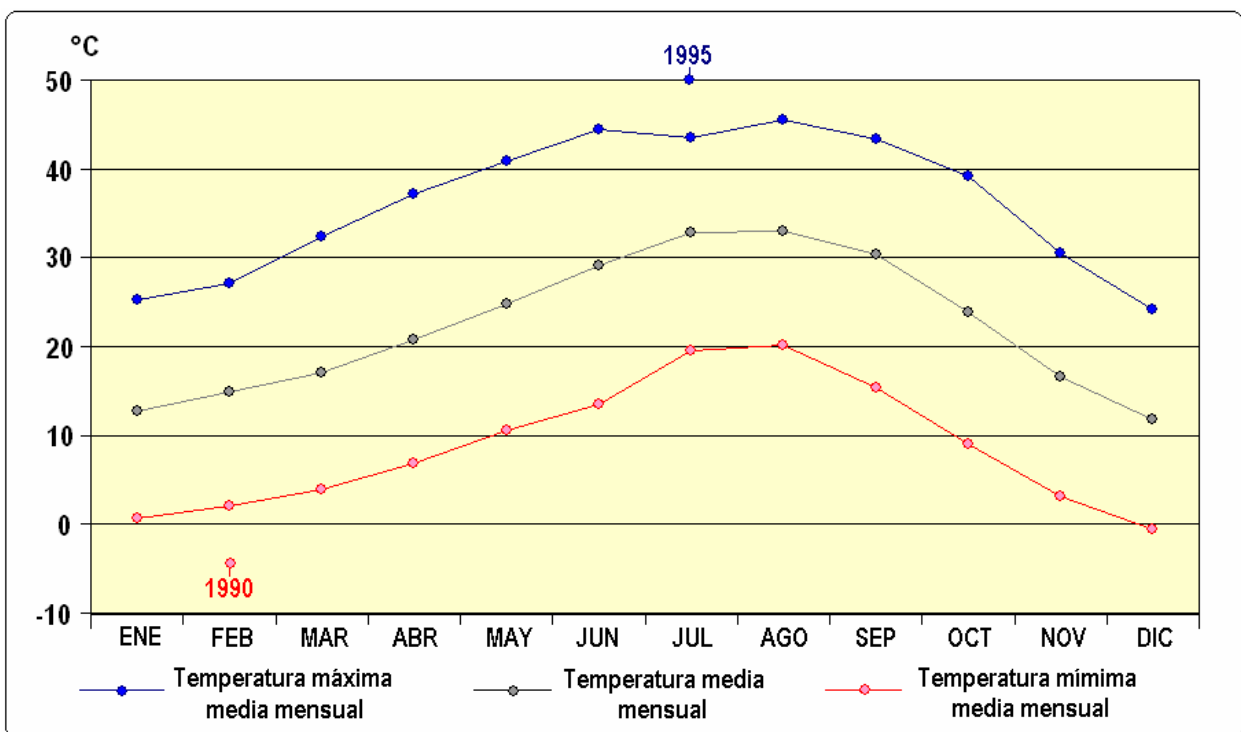


Figura IV.7. Marcha anual de temperatura, Estación Cerro Prieto (Ejido Hidalgo) Período 1990-2005.

En la Figura IV.8 se presenta la distribución de la temperatura media anual para la región norte del estado de Baja California.

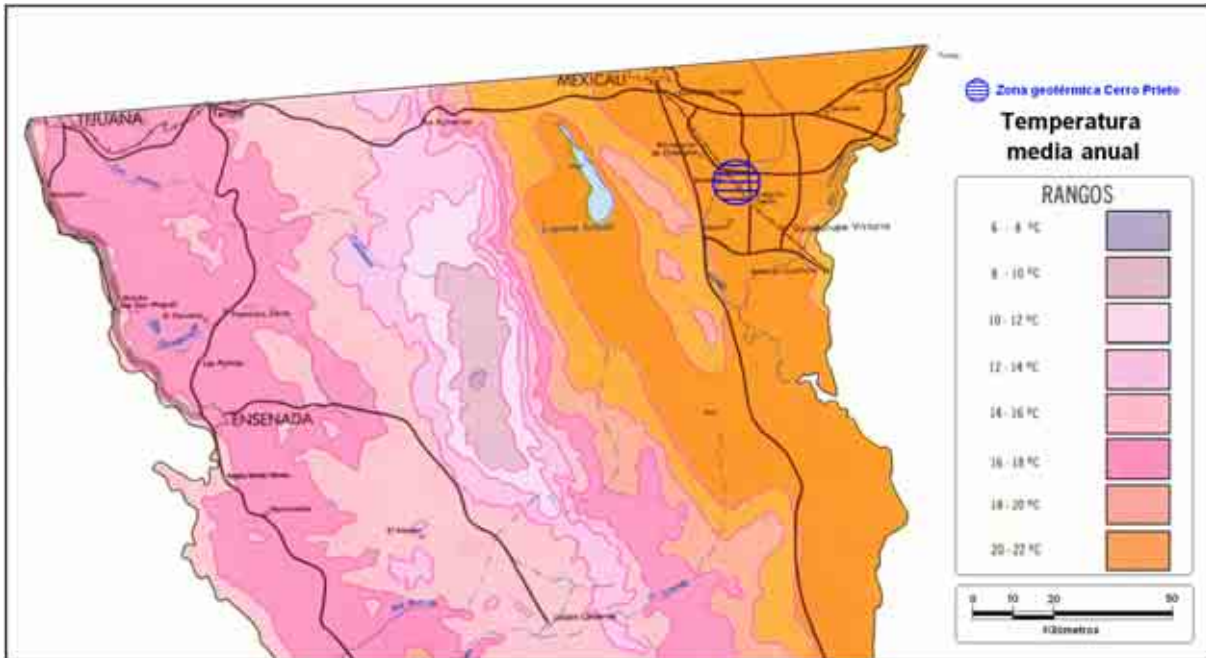


Figura IV.8. Distribución de la temperatura media anual para la región norte del estado de Baja California (Fuente: INEGI, 2001).

Humedad relativa

De acuerdo con los registros obtenidos en la estación meteorológica Cerro Prieto, durante el período 1990-2005, la humedad relativa media anual calculada con base en la temperatura del aire y bulbo húmedo es de 45,9%, llegando a descender en algunos meses hasta el 10,0%.

Evaporación

La evaporación media anual obtenida durante el período 1990-2005 en la estación meteorológica Cerro Prieto, ubicada en el Ejido Hidalgo, es de 2 598 mm; registrándose los valores promedio más bajos en los meses de diciembre (90,5 mm) y enero (87,9 mm); y los valores promedio más elevados en junio (347,1 mm) y julio (356,6 mm).

Vientos

De acuerdo con los registros de viento de la estación meteorológica de Cerro Prieto, ubicada en el Ejido Hidalgo, se observa que los vientos dominantes provienen de dos direcciones opuestas, como se muestra en la Figura IV.9. y éstas se presentan en dos diferentes épocas del año, de diciembre a mayo provienen de la dirección Noroeste con una velocidad promedio de 2,23 m/s, ver Figura IV.10; y durante los meses de junio a noviembre los vientos provienen principalmente del sureste con una velocidad promedio de 2,29 m/s, ver Figura IV.11.

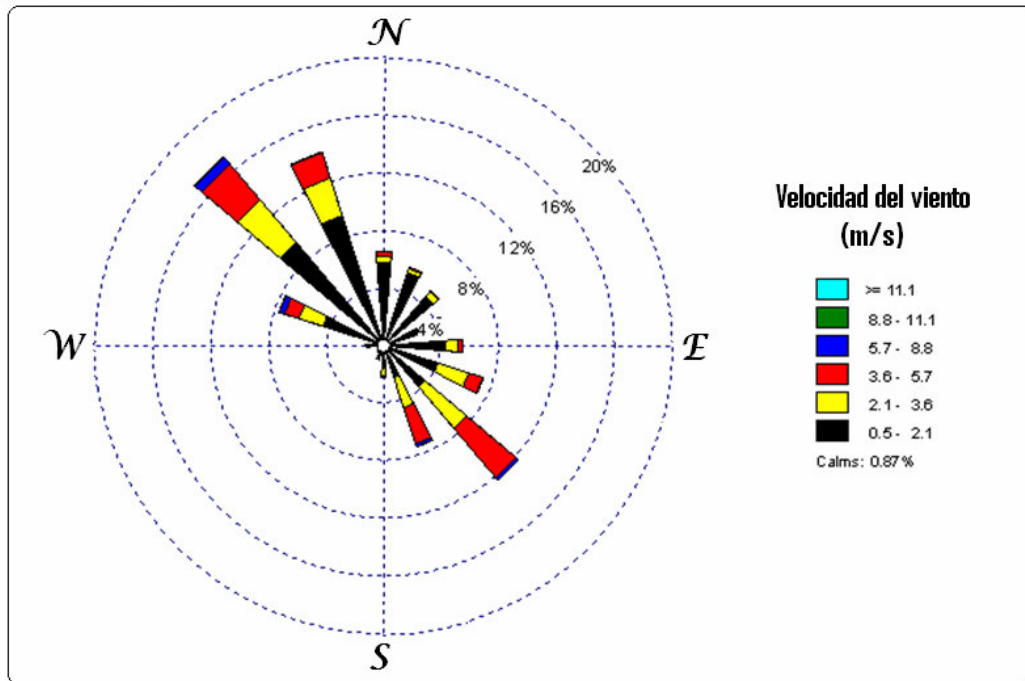


Figura IV.9. Rosa de vientos anual. Estación Cerro Prieto, Ejido Hidalgo.

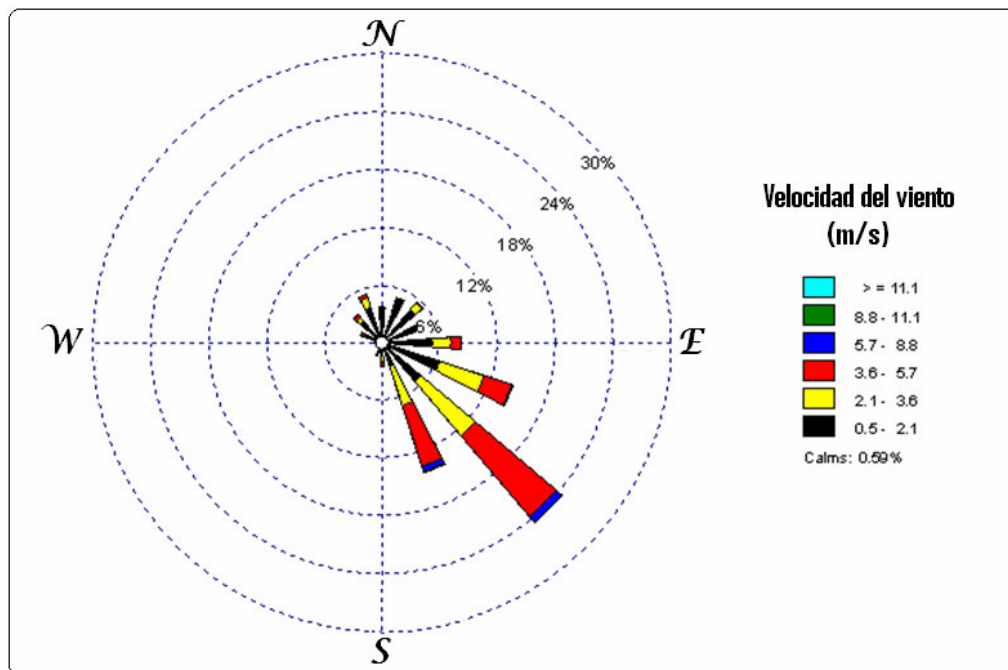


Figura IV.10. Rosa de vientos (Período junio-noviembre). Estación Cerro Prieto, Ejido Hidalgo.

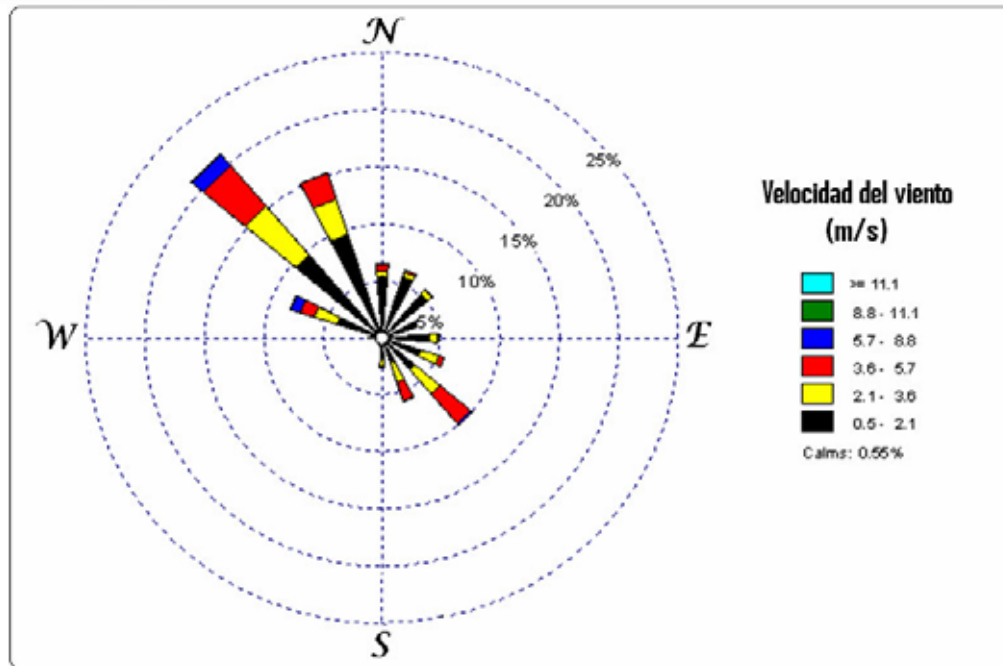


Figura IV.11. Rosa de vientos (Período diciembre-mayo).
Estación Cerro Prieto, Ejido Hidalgo.

Frecuencia de heladas, nevadas, tormentas tropicales y huracanes, entre otros eventos climáticos extremos.

En Mexicali, en un período de 29 años, se han contabilizado un promedio de 1,41 días al año con tormentas eléctricas. En lo que respecta a la ocurrencia de nevadas, no se cuenta con información que asegure su ocurrencia.

El número de días al año con heladas de 1961 a 1970 fue de 7,2, de 1971 a 1980 de 7,6 y de 1981 a 1985 fue de 2,25; en un período de 25 años el promedio es de 5,68 heladas por año. La primera helada se presenta en el mes de noviembre, registrándose la mayor cantidad de días con heladas en el mes de enero y algunas veces la última helada se registra en el mes de febrero. Por otro lado, el número de días del año con granizo es de 0,2. En las Figura IV.12 y IV.13 se presentan la distribución de heladas y de granizadas en la región norte del estado de Baja California.

De los ciclones tropicales más intensos que han penetrado al territorio nacional, en 1959, en Baja California se registró uno con vientos máximos de 140 km/h. Durante el período de 1949 a 1969 se registraron 7 ciclones que penetraron o se acercaron a menos de 100 km del país. Sin embargo, no se tienen datos para determinar la frecuencia de ocurrencia de huracanes.

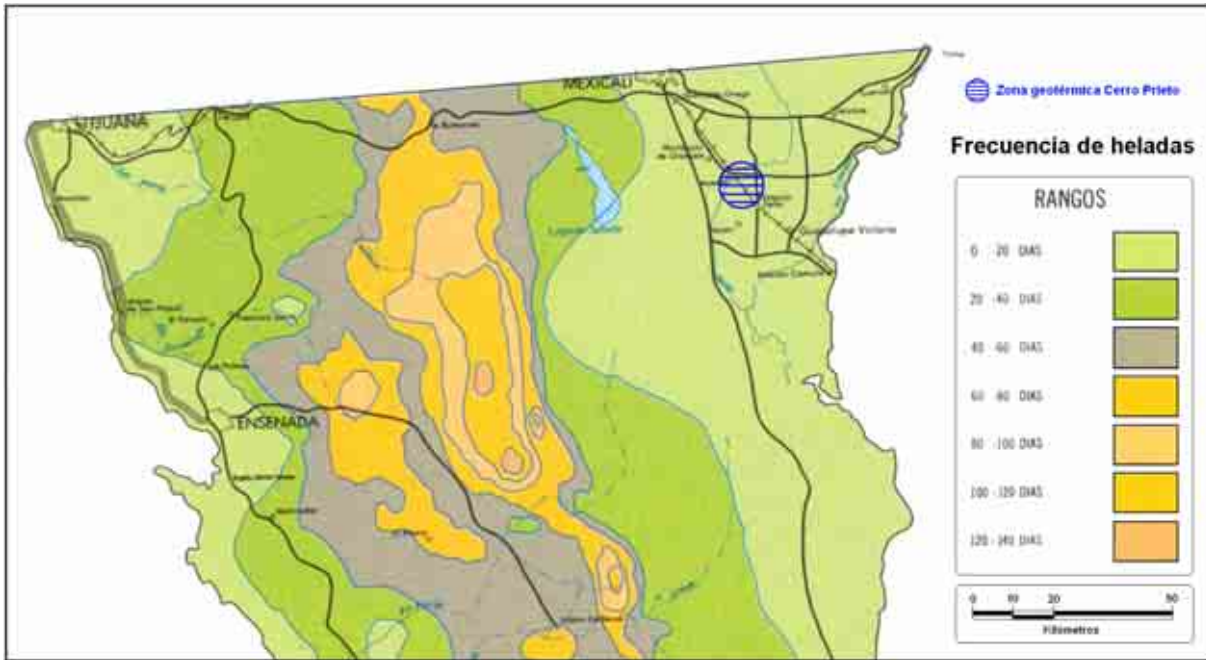


Figura IV.12. Frecuencia de heladas en la región norte de Baja California (Fuente: INEGI, 2001).

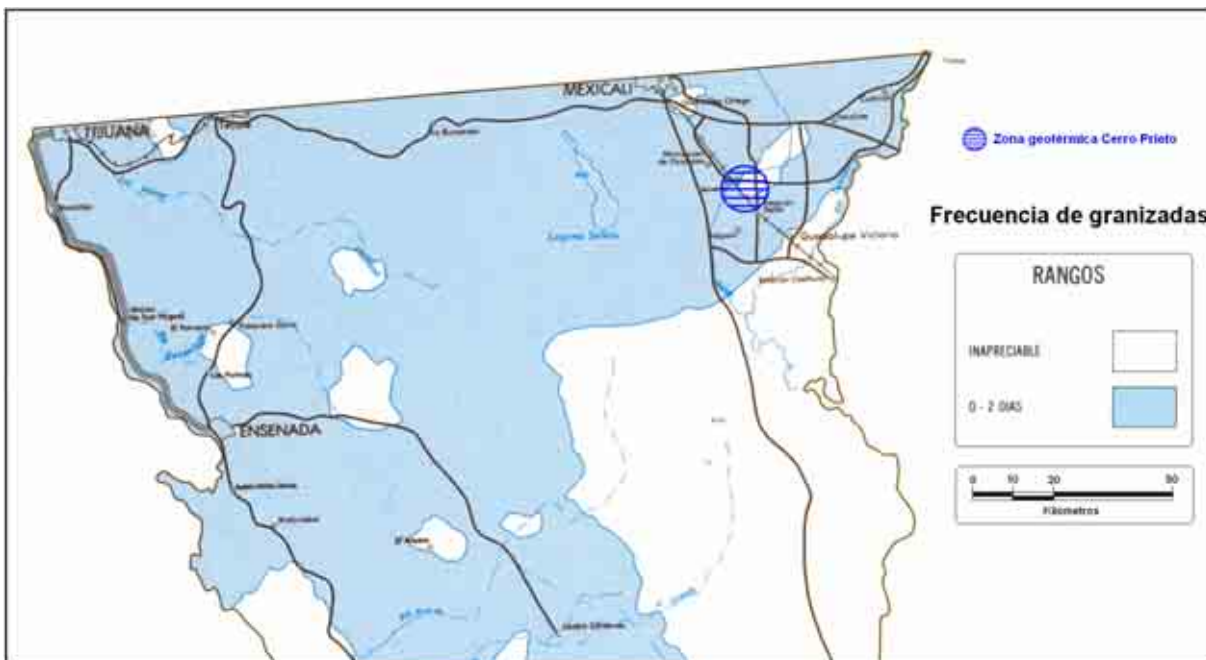


Figura IV.13. Frecuencia de granizadas en la región norte de Baja California (Fuente: INEGI, 2001).

En un estudio sobre la probabilidad de la presencia de ciclones tropicales en la República Mexicana (Fuentes y Vázquez, 1997), se calculó que en un área geográfica de $2^\circ \times 2^\circ$ envolvente a la ubicación de la central, (que se ubica entre los meridianos $115^\circ 12'$ y $115^\circ 18'$ de longitud Oeste, y los paralelos $32^\circ 22'$ y $32^\circ 26'$ de latitud Norte), que abarca de los 114° a los 116° de longitud Oeste y de los 31° a los 32° de latitud norte (Figuras IV.14 y IV.15, cuadrantes marcados en amarillo), la probabilidad de que se presente un ciclón tropical de cualquier categoría en un año dado es de 0,054.

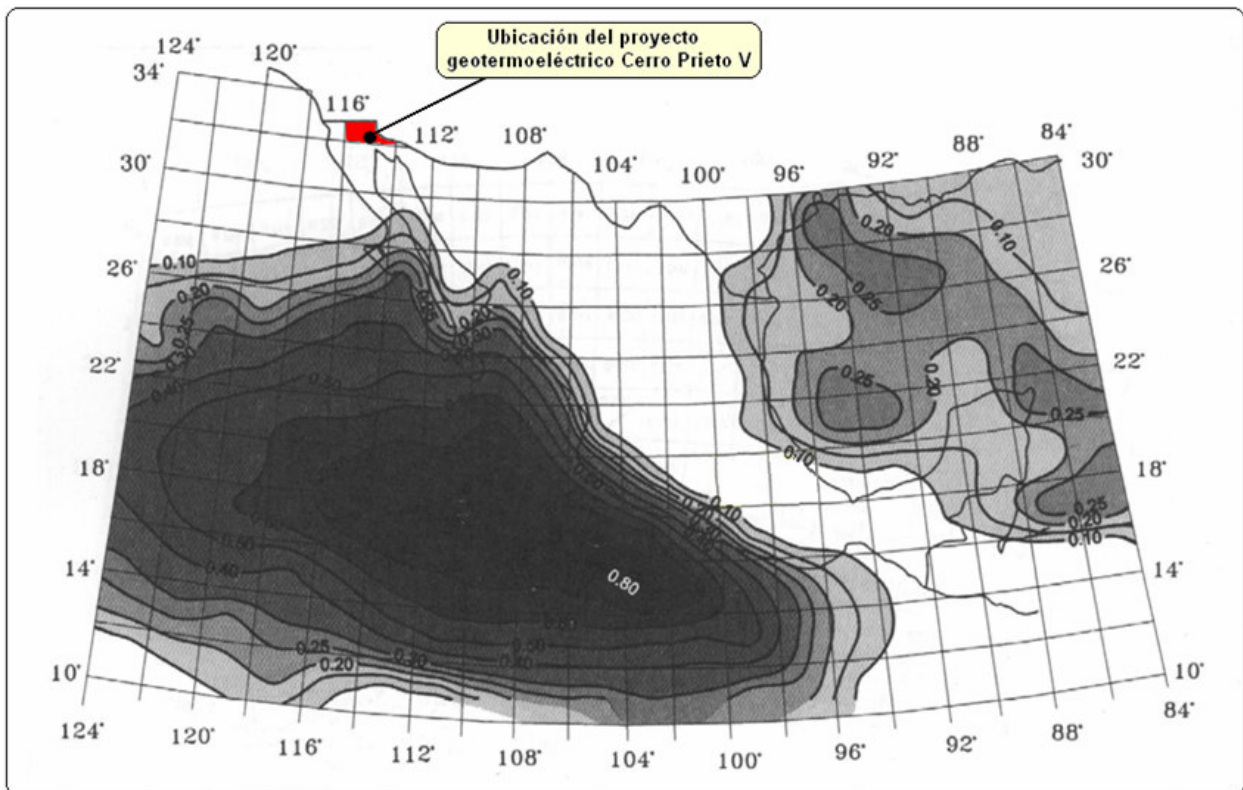


Figura IV.14. Isolíneas de probabilidad de presentación de uno o más ciclones en un año. El área de estudio se ubica en el cuadrante marcado (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997).

La probabilidad de riesgo de afectación directa por un ciclón tropical es casi nula (0,054), presentando uno de los valores más bajos del país con relación a otras regiones de México (ver Figura IV.15); por lo que se prevé que estos fenómenos no afecten o tengan influencia con el proyecto.

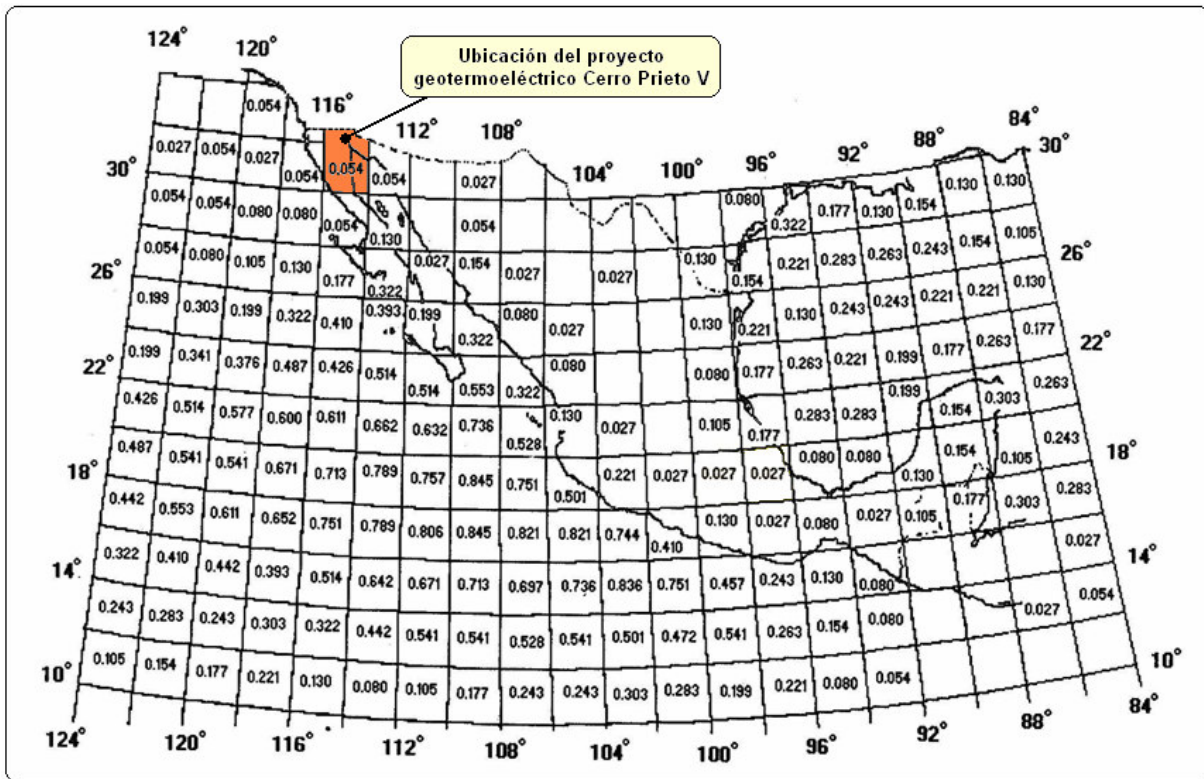


Figura IV.15. Probabilidades de presentación por cuadrante de uno o más ciclones en un año. El área de estudio se ubica en el cuadrante marcado (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997).

b) Fisiografía

El Estado de Baja California comprende porciones de dos de las grandes provincias fisiográficas que conforman al país: la Península de Baja California, a la cual pertenece la mayor parte de la entidad; y la Llanura Sonorense, que penetra en el noreste del estado (ver Figura IV.16), donde algunos terrenos costeros y deltaicos, entre los que destaca el valle de Mexicali en sus porciones nororiental y oriental.

Provincia Península de Baja California

La provincia Península de Baja California abarca una pequeña extensión en territorio estadounidense, más del 80% del estado de Baja California y la totalidad del estado de Baja California Sur. Los únicos límites continentales de esta provincia son: la frontera norte con Estados Unidos y, en su extremo noreste, la Llanura Sonorense. El resto lo constituyen más de 3 000 km de costa sobre el Océano Pacífico y el Golfo de California.

El origen de esta provincia como península es singular. De acuerdo con la moderna interpretación geológica de la tectónica de placas, es una zona de expansión de la corteza oceánica, que recorre en forma longitudinal el fondo del Golfo de California. Al emerger nuevo material oceánico por esta zona, las placas se deslizan en sentido contrario, de manera que amplían constantemente la anchura del golfo y se alejan a la península del continente.

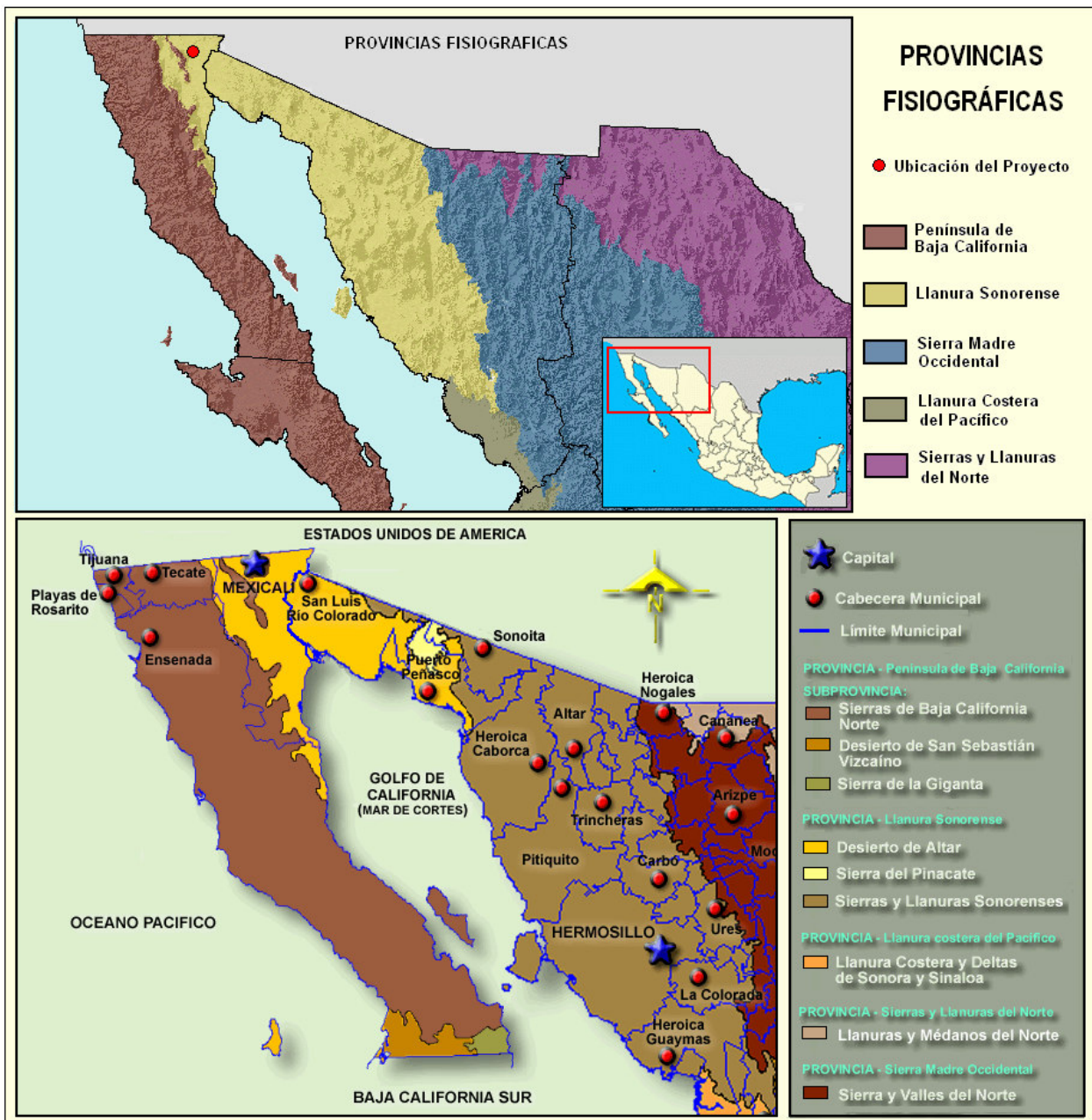


Figura IV.16 Distribución de las provincias fisiográficas en la región noroeste del país.

Provincia Llanura Sonorense

La provincia Llanura Sonorense se extiende por el norte hacia territorio estadounidense, donde incluye la cuenca del Río Gila, en el estado de Arizona. Dentro de nuestro país adopta la forma de una cuña orientada noroeste-sureste; colinda con las siguientes provincias: Península de Baja California en el extremo noroeste, Sierra Madre Occidental al oriente, y Llanura Costera del Pacífico en su extremo sur.

El panorama de esta provincia está formado de la siguiente manera: en el norte, desde la Cordillera Peninsular bajacaliforniana hasta la sierra del Pinacate que integra una discontinuidad fisiográfica, dominan el delta del río Colorado y los campos de dunas del desierto de Altar. La mayor parte de la provincia en su porción sonorense está constituida por sierras aisladas, bajas, paralelas, orientadas nornoroeste-sursureste, con alturas que van desde 200 hasta 1540 msnm, encontrándose las cumbres más altas en la sierra de Mazatán; esas sierras están separadas entre sí por llanuras cada vez más amplias y bajas hacia el Golfo de California. Este panorama es interrumpido en el centro por la llanura aluvial del río Sonora que se extiende al suroeste. Este río y el Colorado son los que aportan el mayor caudal hidrológico a la provincia, aunque sus orígenes se encuentran fuera de ella, pues los ríos que nacen en esta región son escasos y sólo algunos de ellos tienden a desembocar al Golfo de California.

La provincia Llanura Sonorense en Baja California sólo comprende 15,61% de la superficie total, a través de una parte de la Subprovincia Desierto de Altar, que es donde se ubica el campo Geotérmico de Cerro Prieto.

Subprovincia Desierto de Altar

Esta subprovincia es un desierto arenoso casi en su totalidad, en el que se han registrado las precipitaciones más bajas del país. Todas sus llanuras tienen una altitud inferior a los 200 m; en su parte occidental se encuentra una penetración de la Cordillera Peninsular con sus sierras escarpadas de Cucapá y El Mayor, ambas orientadas nornoroeste-sursureste y con cumbres que sobrepasan los 1 000 msnm. Estas sierras separan a la llanura de Laguna Salada, en el extremo oeste del delta del Colorado; ese vaso de aguas salitrosas intermitentes, en su parte norte presenta superficies inferiores al nivel del mar. Otro rasgo de esta subprovincia son los campos de dunas; éstas son semilunares (tipo barján) con la ladera abrupta y los cuernos del lado opuesto (sotavento) a la parte de donde vienen los vientos dominantes.

Los sistemas de topofomas que presenta la subprovincia en su porción bajacaliforniana son: llanura deltaica salina, en el valle de Mexicali; planicie deltaica con inundación, al sur de la desembocadura del río Colorado; vaso lacustre y planicie aluvial, ambas en las inmediaciones de la laguna Salada; ciénega, en una pequeña porción del sureste de la subprovincia; campo de dunas, en el norte, oeste y sur; bajada con lomeríos, en las zonas de contacto con la Cordillera Peninsular; lomerío complejo con bajadas, al sureste de la Laguna Salada; y lomerío complejo con llanuras, al oriente de la sierra Las Tinajas (Figura IV.17).

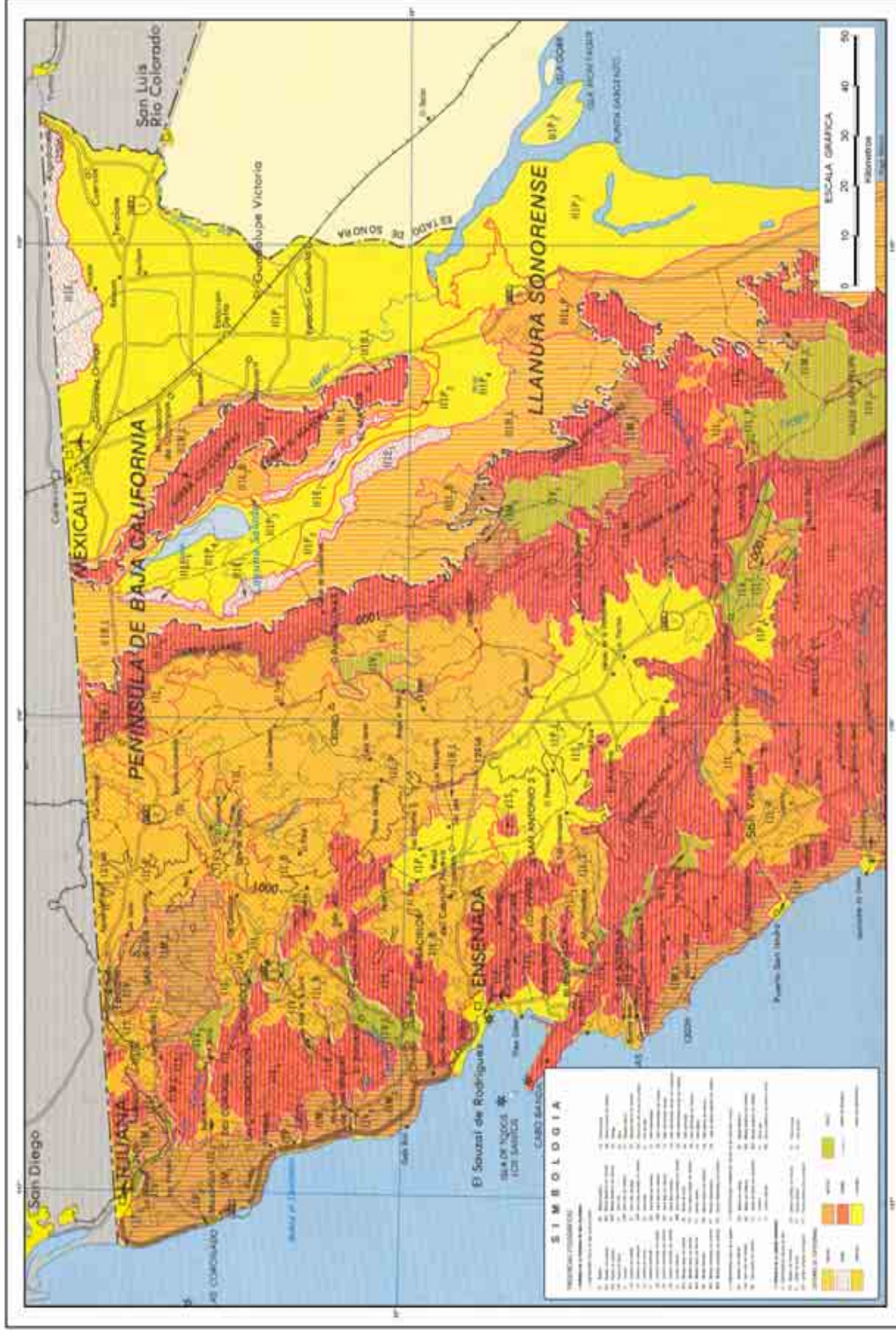


Figura IV.17. Distribución de Subprovincias y Sistema de Topoformas de las Provincias Fisiográficas de la parte norte de Baja California (Fuente: INEGI, 2001).

c) Geología y geomorfología

La complejidad geológica que presenta la Península de Baja California, ha provocado que en la actualidad existan extensas zonas de las cuales aún no se conoce su proceso de formación. Gastil *et al.* (1975), afirma que desde el Plioceno la península tiene la forma actual y que antes de este periodo el mar había cubierto en más de una ocasión la parte terrestre, confirmándose esto por los fósiles encontrados en las rocas formadas en el Mioceno, aproximadamente entre 10 y 20 millones de años.

Por otro lado, las formaciones de origen reciente corresponden a los suelos formados por el efecto del viento como las dunas, o de origen aluvial como la planicie costera y los depósitos acarreados por el Río Colorado en el valle de Mexicali, que son sedimentos finos de alta salinidad.

Geomorfología y relieve

El valle de Mexicali se encuentra comprendido dentro de la región geomorfológica denominada bajo delta del Río Colorado, en la cual es posible distinguir claramente cuatro unidades fisiográficas: las planicies, las mesetas, las terrazas y el macizo montañoso, correspondiente a la sierra Cucapá.

Las planicies están incluidas en la gran llanura aluvial; coinciden en su mayor parte con la zona agrícola y tienen pendientes hacia el mar de Cortés y la ciudad de Mexicali. Las mesetas y terrazas, de forma plana y escalonada, se localizan en los extremos del valle, siendo las mayores, las mesetas arenosas de San Luis y de Andrade, así como las terrazas aluviales de la sierra Cucapá, en la parte occidental del valle, que están formadas por granitos, esquistos y calizas. Dentro de las planicies, muy cerca de la sierra Cucapá, existen formaciones basálticas representadas por el aparato volcánico de Cerro Prieto, en cuyas cercanías se localiza la principal zona de aprovechamiento de energía geotérmica de México.

Con respecto al relieve, en el municipio de Mexicali se manifiestan dos, uno tectónico y el otro acumulativo. El tectónico predomina en la parte occidental, manifestándose en montañas complejas, disectadas de tal forma que aparecen como pilares bordeados de abanicos aluviales recientes y por restos disectados de depósitos más antiguos (Sierras de Juárez, Cucapá, El Mayor, Las Tinajas, Las Pintas y San Felipe).

Por otro lado se da un relieve acumulativo, que se presenta en los depósitos lacustres de la planicie de la Laguna Salada y las dunas que los bordean, además de los depósitos de la planicie deltaica del Río Colorado y la zona de dunas que se presenta en el perímetro de la laguna “La Salada” que se ubica en el Valle Santa Clara, al suroeste del municipio.

En la región oriental se encuentran grandes lagunas marginales e islas en la zona de la costa y en la desembocadura del Río Colorado, además de una gran planicie constituida por sedimentos fluviales y marinos cubiertos parcialmente por arenas del Desierto de Sonora. Este desierto se ubica en la cabeza del Golfo de California y abarca la parte oeste del estado de Sonora así como grandes áreas de Baja California, sureste de California y suroeste de Arizona.

Geología regional

En este apartado se describe la secuencia estratigráfica partiendo de las rocas más antiguas a las más recientes, utilizando el término de rocas pre-batolíticas para cualquier evento geológico ocurrido anteriormente a la culminación del emplazamiento granítico a mediados del Cretácico, y el de rocas post-batolíticas para los eventos ocurridos después de la intrusión.

Rocas pre-batolíticas

Las rocas de este tipo afloran al NW, W y S del campo geotérmico Cerro Prieto, en las porciones W y SE de la sierra Cucapá y al N y SE de la sierra Pinta. En general, las rocas de esta unidad se engloban en un complejo metasedimentario formado por calizas, areniscas y conglomerados, y por rocas metamórficas consistentes en mármoles, gneis y esquistos de edad Paleozoica (?) (CFE, 1989).

Rocas batolíticas

Este tipo de rocas forman gran parte de las Sierras Cucapá y El Mayor, localizadas al W y S del campo geotérmico; la composición es predominantemente granítica y granodiorítica, variando localmente a tonalítica; su edad va de unos 102 a 98 m.a., siendo por lo tanto, del Cretácico Tardío.

Rocas post-batolíticas

Las rocas volcánicas post-batolíticas están constituidas por andesitas, riolitas y dacitas del Mioceno-Plioceno, que se presentan en la sierra Pinta, fuera del área mostrada en la Figura IV.18. También quedan incluidas en esta unidad las rocas riódacíticas a andesíticas del Pleistoceno-Holoceno, que constituyen principalmente el volcán Cerro Prieto; de estas rocas, se han obtenido edades radiométricas entre 100 y 50 mil años.

Dentro de esta unidad postbatolítica se incluye también la secuencia sedimentaria del Valle de Mexicali, que está formada por sedimentos de origen continental provenientes del Río Colorado, los cuales se interdigitan con los depósitos aluviales procedentes de la sierra Cucapá.

Geología de detalle

En los alrededores del campo geotérmico Cerro Prieto, las rocas ígneas extrusivas se encuentran expuestas en el volcán Cerro Prieto, con una elevación de 260 msnm y un diámetro aproximado de 1 000 m. Este volcán es considerado de tipo cónico o vesubiano, con dos centros volcánicos que se superponen; el centro noreste contiene un pequeño cráter de 200 m de diámetro y 60 m de profundidad, y el suroeste corresponde a un pequeño domo. Ambos aparatos presentan flujos e intrusiones riódacíticas. La edad del vulcanismo comprende del Pleistoceno al Holoceno, y se han identificado al menos cinco fases eruptivas.

De acuerdo con el análisis reciente, el volcán Cerro Prieto parece haberse originado por una fusión parcial del basamento granítico, más que por la diferenciación de un magmagrabóico o basalto profundo. Su cámara volcánica fue relativamente pequeña, por lo que resulta improbable que ella pudiera ser fuente de calor del sistema geotérmico actual. Más bien, tanto el sistema geotérmico como la fisión local del basamento granítico que dio lugar a la cámara magmática del volcán, parecen ser el resultado del calor transferido a través de la corteza por intrusiones gabroicas muy profundas.

En cuanto a los depósitos deltaicos, existen pocos afloramientos locales, distinguiéndose promontorios con alturas variables de 2 a 15 m de altura, situados a 2 km al NW del volcán Cerro Prieto; estos promontorios constan de areniscas de grano medio, de color gris a crema intemperizando a color negro.

Los depósitos aluviales se encuentran ampliamente distribuidos en la región, formando los actuales valles de Mexicali e Imperial (este último en los Estados Unidos de América). En el valle de Mexicali ocurren desde la parte oriental del cerro El Centinela y de las sierras Cucapá y El Mayor y se extiende hacia el E hasta el desierto de Altar; al N y NE hacia el valle Imperial; y al sur los limita el Golfo de California.

Con respecto a la geología del subsuelo, los resultados obtenidos de la perforación de pozos en el campo geotérmico y de los diversos estudios realizados a las muestras de canal, así como de las interpretaciones de los diversos métodos geofísicos aplicados en el campo, se han definido cuatro unidades o paquetes litológicos.

Unidad Litológica D. Está constituida por el basamento granítico emplazado en el Cretácico Tardío. En los alrededores del campo geotérmico esta unidad aflora al occidente, en las sierras Cucapá y El Mayor, formando parte de lo que se denomina como Batolito Californiano. Hacia el oriente, en el subsuelo del campo geotérmico, esta unidad D se va profundizando a más de 4 000 m.

Unidad Litológica C. Está formada por sedimentos consolidados de tipo continental; el tipo de depósito es lenticular y se le asigna una edad tentativa del Terciario, aún no diferenciado. Estos sedimentos se depositaron en un ambiente deltaico de tipo lagunar o de estuario. Está constituida por alternancia de areniscas, limonitas, lutitas, pizarras y argilitas. Las lutitas y limonitas presentan un color desde gris claro a oscuro y ocasionalmente negro, estando en parte metamorfizadas.

Esta unidad es la que contiene, entre sus horizontes de areniscas permeables, a los acuíferos de alta temperatura que constituyen el yacimiento geotérmico. Se le estima un espesor entre 2 500 y 3 000 m, sobreyaciendo en discordancia erosional y litológico al basamento granítico de la Unidad D.

Unidad Litológica B. Sobreyaciendo a la Unidad C, se presenta un horizonte de lodositas (lutitas compactas) cuyo color varía de gris a café, con predominio del primero. Esta unidad varía

de espesor, desde 0 hasta 800 m. Algunos autores han querido ver en esta unidad una capa sello que cubre el yacimiento geotérmico contenido en la Unidad C, debido a la prácticamente nula permeabilidad de las lodolitas. Los cambios bruscos de espesor y discontinuidades en el subsuelo del campo, típicos de ambientes de alta energía, podrían dar lugar a que esta unidad, en ciertos casos, no se comporte como una capa sello; al menos como la única para el conjunto del campo geotérmico.

Unidad Litológica A. Esta unidad se caracteriza por estar compuesta en su mayoría por sedimentos no consolidados o pobremente consolidados, a los que se les ha asignado una edad Cuaternaria no diferenciada; está integrada por arcillas, limos, arenas y gravas en forma repetitiva y alternante, habiéndose encontrado en ellos armazones de gasterópodos de agua dulce, a una profundidad de 500 y 800 m de profundidad. En la parte inferior de esta unidad se presentan regularmente capas de lutitas semiconsolidadas de color café, transicionales a las lodositas (Unidad B) que las subyacen.

Además de los sedimentos deltaicos no consolidados, la Unidad A está representada por lavas andesíticas y riodeltaicas, observables en la superficie en el volcán Cerro Prieto, y por eventuales diques basálticos (diabasas) que cortan a las rocas de la Unidad C y que son, por tanto, cuaternarios.

La columna litoestratigráfica para el área del campo geotérmico de Cerro Prieto, que incluye las cuatro unidades aquí descritas, puede observarse en la Figura IV.18.

Fallas geológicas

En Baja California la falla geológica principal es la de San Andrés, ésta divide a las placas del Pacífico y Norteamericana, la falla llega por el norte para internarse por el Golfo de California. A partir de ella se originan ramificaciones que son las fallas: Imperial, Elsinore, San Jacinto y Cerro Prieto (Gobierno del Estado Baja California, 1995).

El campo geotérmico Cerro Prieto está ubicado en una zona tectónica neurálgica, prácticamente en la zona limítrofe entre la placa del Pacífico y la Norteamericana, que en este lugar está representada por el sistema de San Andrés, que es una enorme zona de fallas transformantes con un movimiento relativo interplacas de 5,6 cm/año.

En el municipio de Mexicali se localiza un sistema de fallas denominadas Laguna Salada - Cucapá, ubicadas al Oeste; Imperial y Cerro Prieto surcando la parte central del Valle de Mexicali y el sistema Sand Hills - Algodones que flanquean la depresión donde se aloja el valle por el Este, todos estos rasgos geológicos tienen una orientación Noroeste-Sureste, característica del sistema de fallas de San Andrés; mientras que al Sur del municipio están las fallas de San Felipe y la de San Pedro Mártir (Gobierno del Estado de Baja California, 1995; Molina, 1991 y González, 1990).






ERAS	PERIODO	EPOCA	LITOLOGIA	ES-PESOR	DESCRIPCION	UNIDAD LITOLOGICA
CENOZOICA	CUATERNARIO	PLEISTOCENICA		500 A 2500 m	ANDESITAS, ARCILLAS, ARENAS Y ESCASAS GRAVAS; DIQUES DE DIABASA, DERRAMES RIODACITICOS	U-A
				0.0 A 800 m	LODOLITAS DE COLOR CAFE CON INTERCALACIONES DE ARENA Y ARENISCA DE COLOR CREMA.	U-B
	TERCIARIO		~100 m	LUTITAS Y LIMOLITAS DE COLOR CAFE, INTERCALADAS CON ARENSICAS DE COLOR CREMA.	U-C	
			2500 A 3000 m	LUTITAS Y LIMOLITAS DE COLOR GRIS A NEGRO CON ALTERNANCIA DE ARENSICAS COLOR BLANCO Y BLANCO GRISACEO.		
MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR		?	GRANITO DE BIOTITA	U-D

Figura IV.18. Columna estratigráfica generalizada del campo geotérmico Cerro Prieto (CFE, 1989)

La falla Imperial se localiza 12 km al Este del centro cívico de la ciudad de Mexicali. Ésta tiene una longitud de 75 km. desde aproximadamente 3 km al Sur de Brawley, California, hasta unos 16 km. al Este del volcán Cerro Prieto.

La falla Cerro Prieto es paralela a otras fallas como la Laguna Salada – Cucapá, Algodones, San Andrés, y Elsinore. Esta falla cruza el campo geotérmico del mismo nombre, y se cree que es una posible prolongación de la falla de San Jacinto (Puente, 1978).

Vulcanología

Dentro de la planicie aluvial del valle de Mexicali, la única prominencia que existe es el volcán Cerro Prieto con una elevación de 260 msnm, data de hace menos de 700,000 años y no es activo. Junto a él se localiza una laguna llamada de Los Volcanes, en donde se ha encontrado un alto contenido de ácido carbónico (H_2CO_3) y ácido sulfhídrico (H_2S) (Puente, 1978). Dentro de esta área se encuentra la zona geotérmica Cerro Prieto, la cual se formó debido a los acuíferos de agua caliente que almacenan las estructuras geológicas, los cuales se encuentran dispersos dentro del área del Municipio (Molina, 1991).

Sismicidad

El valle de Mexicali presenta un alto nivel de actividad sísmica, flujo de calor y continua deformación debido al movimiento de las placas Norteamérica y Pacífico; esta actividad es del orden de 3 a 4 cm/año (Rockwell y Suárez, 1995). Este ambiente tectónico es similar al de los centros de dispersión en el Golfo de California (Elders *et al*, 1972).

Al igual que en el Golfo, los centros de dispersión del valle de Mexicali-Imperial, como el de Cerro Prieto y el de Brawley (Figura IV.20) están conectadas a través de fallas transformantes activas, conocidas como Brawley, Imperial y Cerro Prieto, las cuales son generadores de la mayor parte de la actividad sísmica que caracteriza a esta región y que es mayormente microsísmica, pero que también se manifiesta con secuencias de sismos precursores, evento principal y réplicas, o bien en forma de enjambre (González-García, 1986; Frez y Frías Camacho, 1998).

Descripción de las unidades litológicas

Dentro del área comprendida por el municipio de Mexicali, existen cinco tipos de roca (Mapa 3). De éstas la que predomina es la roca sedimentaria, en segundo orden están las rocas ígneas intrusivas y extrusivas, siguiendo las rocas de tipo metamórficas y metasedimentarias. De los cinco tipos de rocas, en el valle de Mexicali y sus alrededores se presentan las siguientes:

Roca ígnea intrusiva

Este tipo de rocas es bastante apreciable en el área de la Sierra de Juárez, gran parte de la Sierra Cucapá (a excepción de su parte Suroeste) y la parte Noroeste y Sur de la Sierra El Mayor. Estas rocas son de origen volcánico que no lograron emerger, formándose en el Cretácico, de hecho gran parte de la estructura de la península la constituye este tipo de rocas, que conforman una gran estructura conocida como batolito (INEGI, 1980).

Granodiorita-Tonalita [K(Gd-Tn)]. Esta unidad de rocas intrusivas silíceas presenta una composición que varía entre la de una granodiorita y la de una tonalita. La unidad es de textura fanerítica equigranular y desarrolla formas esferoidales por intemperismo. Esta asociación de rocas intrusivas está expuesta en la porción norte de la Sierra Cucapá (Figura IV.19, Punto 10) en donde aparece cortada por numerosos diques también silíceos y con una expresión morfológica de peñascos redondeados.

Roca ígnea extrusiva

Las rocas ígneas extrusivas no se encuentran dentro del valle de Mexicali; éstas son de origen volcánico solidificadas en la superficie, formándose principalmente en el Plioceno, y se distribuyen en el área de las sierras de Las Tinajas y Las Pintas, así como una pequeña porción de la parte Occidental de la Sierra San Felipe.

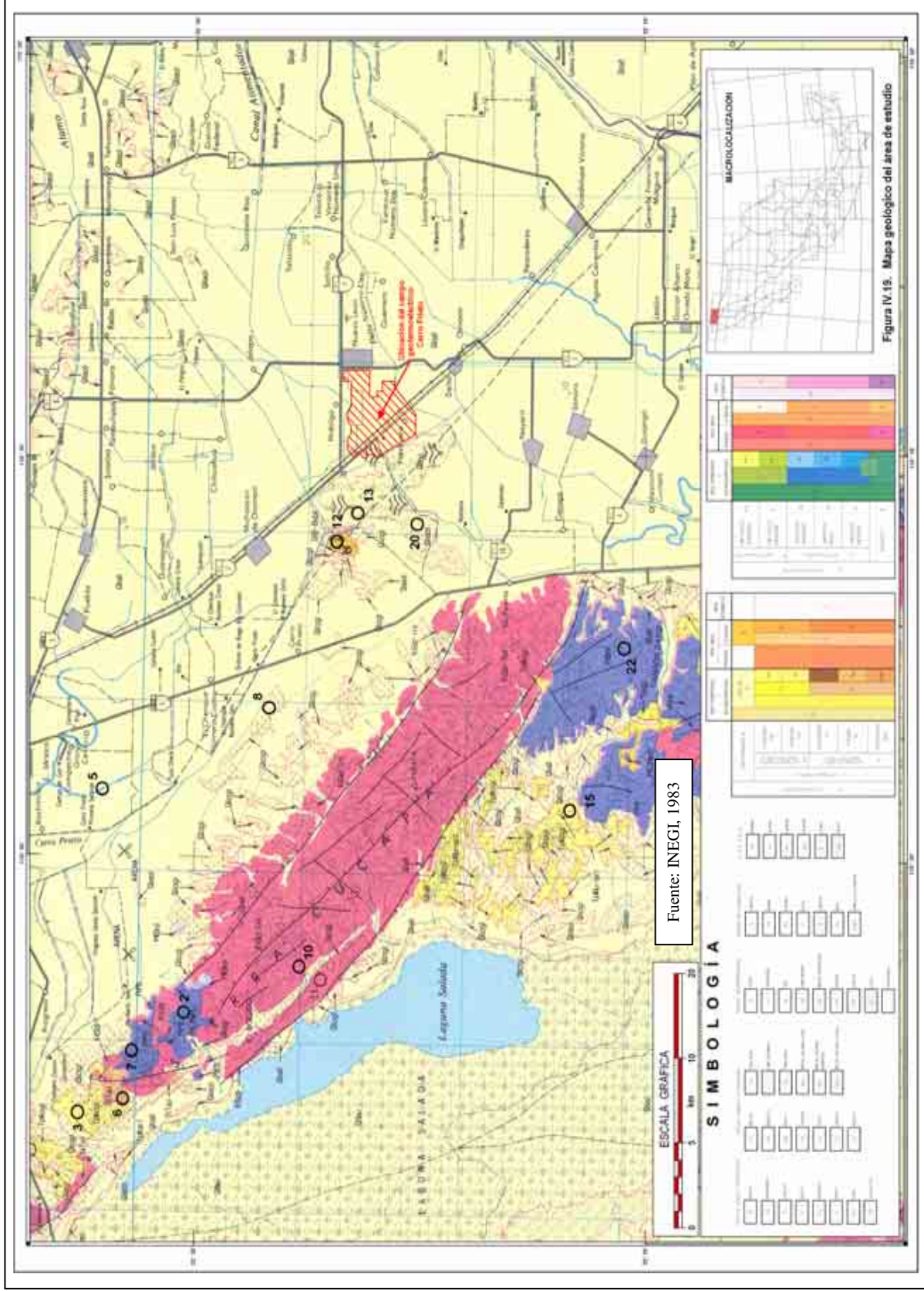


Figura IV.19. Mapa geológico del área de estudio

Toba ácida [T(Ta)]. La unidad está constituida por tobas de colores claros y tonos de rosa, es de composición dacítica y riolítica con textura piroclástica. En ocasiones presenta horizontes de ignimbritas. Estas tobas aparecen dispuestas en pseudoestratos masivos moderadamente tenaces y poco fracturadas, en ocasiones en forma columnar. Las tobas afloran en el norte de la sierra Cucapá con una morfología de mesetas poco disectadas (Figura IV.19, Punto 6). La unidad se puede utilizar como material de construcción, para acabados o como mampostería.

Basalto [T(B)]. La unidad representa a basaltos de olivino y de piroxenos de textura intergranular con fenocristales de olivino; frecuentemente con estructuras vesicular o amigdaloides (amígdalas de calcita). Los basaltos aparecen, en la porción noreste de la Sierra Juárez (Figura IV.19, Punto 9), como coladas de bloques o acordonadas sobre las granodioritas cretácicas. Por sus características físicas la unidad puede explotarse como mampostería en la industria de la construcción.

Basalto-Brecha Volcánica Básica [Q(B-Bvb)]. Esta unidad representa a dos pequeños volcanes piroclásticos contiguos (volcán Cerro Prieto) que muestran algunos derrames de basalto (Figura IV.19, Punto 12). La unidad presenta un color gris oscuro con tonos rojizos en superficie fresca, con el intemperismo adopta tonos de color ocre. Los conos cineríticos están formados por fragmentos escoriáceos hasta de 15 centímetros y por bombas volcánicas. Los basaltos son vesiculares y se presentan como coladas acordonadas. La unidad es susceptible de explotarse como material de construcción, para obtener agregados ligeros para el concreto y para revestir terracerías, como se puede observar en la Figura IV.20.



Figura IV.20. Área de extracción de material en la ladera sureste del volcán Cerro Prieto.

Roca sedimentaria

Este tipo de roca se compone de material que se deriva de la desintegración por intemperismo y erosión de las rocas ígneas y metasedimentarias. Se ubican en gran parte del municipio de Mexicali, tanto en llanuras al noreste como en las bajadas, dunas y llanuras localizadas entre las sierras de Juárez, Cucapá y El Mayor. También se localizan en las bajadas de las sierras Las Pintas, San Felipe, Valle Santa Clara y Valle San Felipe. Dentro de las rocas sedimentarias se encuentran las arenas y las gravas (INEGI, 1980).

Lutita-Arenisca [Tpl(lu-ar)]. Esta unidad representa a una secuencia marina arcilla-arenosa en estratos delgados y medianos de color crema. Las lutitas son limo-arenosas, mientras que las areniscas son litarenitas de grano fino a medio con clásticos subredondeados en una escasa matriz limosa y están cementados, medianamente, por carbonatos. Esta secuencia marina está expuesta en la parte media del flanco occidental de la Sierra Cucapá (Figura IV.19, Punto 15), aparece cubierta por los depósitos conglomeráticos continentales del Plioceno y del Cuaternario. La unidad tiene una expresión morfológica de lomeríos poco disectados.

Conglomerado [Tpl(cg)]. Esta unidad clástica es de origen fluvial, está constituida por conglomerados polimícticos de clastos subredondeados de rocas ígneas intrusivas y metamórficas, con tamaños menores de 15 centímetros, dispuestos en una matriz areno-arcillosa. Los conglomerados aparecen en estratos gruesos y masivos poco consolidados; cubren discordantemente a las secuencias arenosa y arcillo-arenosa del Plioceno y están cubiertos, en igual forma, por los depósitos gravosos cuaternarios. La unidad se expresa con una morfología de lomeríos suaves, al pie de la Sierra Cucapá. (Figura IV.19, Punto 3).

Conglomerado [Q(cg)]. Esta unidad representa a los depósitos gravosos del Cuaternario que muestran una morfología de terrazas fluviales y de abanicos aluviales disectados. Estos depósitos están constituidos por clásticos subredondeados de rocas ígneas y metamórficas con un rango granulométrico amplio; por lo general se presentan como estratos masivos sin consolidar. La unidad cubre discordantemente a los depósitos del Plioceno y es ampliamente distribuida en la porción occidental del área al pie de las sierras (Figura IV.19, Punto 8).

Rocas metamórficas

Este tipo de roca resulta de la alteración de otras rocas bajo condiciones de gran presión y temperatura, asociadas con grandes profundidades. Dentro del municipio se localizan en el norte y sur de la sierra Cucapá, al sur y parte central de la sierra El Mayor. La piedra laja, es un tipo de roca metamórfica que existe en las áreas antes mencionadas, ésta puede ser utilizada en la construcción como parte de la cimentación o como ornamento (INEGI, 1980).

Las rocas metasedimentarias, que son sedimentos metamorizados, los cuales se constituyen en roca debido a la fuerte deformación que comprenden las etapas de la acción metamórfica, haciendo que cambie la estructura original de sus elementos; son las rocas más antiguas que se han identificado, pertenecen a la era Paleozoica formadas hace más de 200 millones de años. Se localizan en pequeñas porciones, principalmente en las sierras de Las Pintas y Las Tinajas,

aunque también es factible encontrarlas en la Sierra San Felipe; en las sierras de Las Pintas y Las Tinajas se han reportado gran cantidad de depósitos minerales de oro, plata, plomo, cobre y tungsteno.

Gneis [P(Gn)]. Unidad constituida por paragneises de clase cuarzo feldespático con textura granoblástica de color gris oscuro; presenta algunas intercalaciones de mármoles. Los gneises forman parte de la secuencia metasedimentaria paleozoica que aflora, principalmente en la Sierra Cucapá (Figura IV.19, Punto 22), con una morfología de crestones angulosos.

Mármol [P(M)]. En la secuencia metasedimentaria asignada al Paleozoico, destacan unas franjas de mármoles con una morfología de crestones. Los mármoles son bandeados y aún muestran algunos rasgos del protolito. La unidad fue cartografiada en el área de la sierra Cucapá. (Figura IV.19, Punto 7).

Complejo Metamórfico [P(C. Met.).] Esta unidad representa a una secuencia sedimentaria metamorfizada que se puede correlacionar con la secuencia que Mc Eldowney (1970) determinó como de probable edad carbonífera en la Sierra Pinta al sur del área. La unidad representa paragneises, filitas, esquistos y algunos cuerpos tabulares de mármol. El complejo metamórfico está ampliamente expuesto en la Sierra Cucapá (Figura IV.19, Punto 2); en donde aparece afectado por los batolitos cretácicos.

Suelos

Están representados por los depósitos lacustres, los depósitos de la planicie deltáica del Río Colorado, los desarrollos de dunas del Desierto de Altar, así como las formas eólicas que aparecen bordeando los depósitos lacustres.

Eólico [Q(eo)]. En el área la actividad eólica es muy notable, las acumulaciones que la atestiguan están constituidas por clásticos mellados de cuarzo, feldespato y de líticos con tamaños de arena media. Estos depósitos recientes aparecen expuestos ampliamente en la porción oriental, (Figura IV.19, Punto 20) en donde se han acumulado a partir de la planicie del delta del Río Colorado y se manifiesta como cordones de dunas orientadas hacia el noroeste y que migran hacia el noreste; estas dunas, frecuentemente tienen una diferencia de altura entre sus crestas y sus valles de más de 100 metros.

Lacustre [Q(la)].- Esta unidad está constituida por una intercalación de arenas finas con horizontes de clásticos más gruesos y está caracterizada por su gran contenido de sales. En el área del campo geotérmico de Cerro Prieto (Figura IV.19, Punto 13), la unidad representa además a unas lodolitas constituidas por los minerales de alteración de la secuencia arcillo-arenosa que contiene al yacimiento. Esos minerales de alteración hidrotermal son arrastrados a la superficie por numerosos manantiales termales, que en ocasiones forman volcanes de lodo (Figura IV.21). En la Laguna Salada, la unidad tiene una morfología de planicie y aparece bordeada frecuentemente por cordones de dunas a los que alimenta.



Figura IV.21. Volcanes de lodo formados en la zona de la Laguna Vulcano, al suroeste del campo geotérmico Cerro Prieto.

Aluvial [Q(al)]. Los depósitos aluviales son principalmente de dos tipos: fluviales y de piamonte; los primeros están constituidos por limos y arenas de grano fino y medio de cuarzo, feldspatos y de líticas, los depósitos fluviales presentan algunos lentes arcillosos y aparecen en la porción central del área, en la planicie del Río Colorado (Figura IV.19, Punto 5); mientras que los del segundo tipo, forman los abanicos aluviales que bordean a las sierras y están constituidos principalmente, por clásticos gruesos de rocas ígneas intrusivas y metamórficas con un regular grado de redondez. En la porción central del área, la unidad funciona como un acuífero libre somero. Al sur de Mexicali se explotan sus horizontes arcillosos para elaborar ladrillos cocidos y sus lentes arenosos para obtener agregados.

V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este capítulo se identifican, evalúan y describen los impactos ambientales que ocasionará la construcción y operación de la Central Geotermoeléctrica Cerro Prieto V, incluyendo sus obras asociadas (líneas de transmisión y distribución, camino de acceso) y provisionales (oficinas, talleres, almacenes).

V.1. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para la evaluación de los impactos ambientales se utilizó la metodología propuesta por Bojórquez-Tapia *et al.* (1998).

Como parte de la metodología, se identificaron y definieron las actividades o aspectos del proyecto que podrían generar impactos, así como los componentes de los factores ambientales susceptibles de verse afectados. Posteriormente, se realizó una jerarquización de los componentes ambientales y de las actividades del proyecto, utilizando el método DELPHI, a fin de identificar *a priori* cuáles de éstas resultaban más relevantes para la identificación de las interacciones.

Una vez jerarquizadas las variables (factores y actividades) se elabora una matriz de interacciones tipo Leopold, en la que las actividades y/o aspectos del proyecto se disponen en las columnas y los factores ambientales en los renglones de dicha matriz, a fin de identificar y representar las interacciones o dependencias directas entre éstas (factores ambientales, *i*, vs actividades del proyecto, *j*), las cuales se definen brevemente y claramente para evitar confusiones y desviaciones en la evaluación que se hará posteriormente.

Después de identificar las interacciones ambientales relevantes para las diferentes etapas del proyecto, se procedió a calificar su impacto, considerando para ello los índices básico y complementario propuestos por Bojórquez *et al.* (*op. cit.*). La calificación para cada uno de los parámetros que conforman los índices básico y complementarios fluctúa en una escala ordinal, propuesta por el método citado, que comprende diez niveles de magnitud (del 0 al 9), dependiendo del efecto que una actividad o aspecto del proyecto tendrá sobre el componente ambiental. A continuación se describen brevemente los citados índices.

a) **Índice básico.** Este índice se obtiene utilizando los 3 parámetros básicos (magnitud, extensión y duración), mediante la siguiente ecuación:

$$IB_{ij}=1/27 (M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})$$

En donde: M_{ij} = magnitud del impacto
 E_{ij} = extensión del impacto
 D_{ij} = duración de la acción

El origen de la escala de valoración es 0,33, debido a que es el valor más bajo que se puede obtener para este índice, por lo que:

$$0,111 \leq IB \leq 1$$

b) Índice complementario. Para el cálculo de este índice se utilizan tres de los parámetros complementarios (sinergia, acumulación y controversia) mediante la siguiente fórmula:

Para los factores físicos, bióticos y socioeconómicos

$$IC_{ij} = 1/27 (S_{ij} + A_{ij} + C_{ij})$$

En este índice el origen de la escala es de 0, debido a que es el valor más bajo posible de obtener, por lo que sus valores pueden ubicarse en el siguiente rango:

$$0 \leq IC \leq 1$$

c) Índice de impacto. El índice de impacto está dado por la combinación de los parámetros básicos y complementarios

Cuando existe alguno de los parámetros complementarios (sinergia, acumulación y controversia), el valor del índice básico se incrementa; el índice de impacto se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$II_{ij} = IB_{ij}^{(1-IC_{ij})}$$

Donde: IB_{ij} = Índice Básico
 IC_{ij} = Índice Complementario

Significancia de impacto. Una vez obtenidos los indicadores IB, IC e II (básico, complementario y de impacto respectivamente) se procede a calcular la significancia del impacto (S_{ij}), tomando en consideración la existencia y, en su caso, eficiencia esperada de las medidas de mitigación (T_{ij}), utilizando la siguiente fórmula:

$$S_{ij} = II_{ij} * (1 - 1/9 (M_{ij}))$$

Donde: II_{ij} = Índice de impacto
 T_{ij} = Existencia y eficiencia de las medidas de mitigación

Con el uso de las ecuaciones mencionadas se obtiene la significancia de cada impacto, cuyo posible rango de variación es de 0 a 1. Un valor final de cero significa la ausencia total del impacto, ya sea por su inexistencia o por su total mitigación. Por el contrario, un valor de 1 corresponde al máximo valor, lo que denota un impacto muy alto.

Los valores de la Significancia del Impacto (Sij) que se obtienen se clasifican de acuerdo con la siguiente escala.

Impacto no significativo	(NS)	0,00 a 0,24
Impacto poco significativo	(PS)	0,25 a 0,49
Impacto moderadamente significativo	(S)	0,50 a 0,74
Impacto significativo	(MS)	0,75 a 1,00

Para apoyar la asignación de valores a los parámetros de los índices básico y complementario se hizo uso de los siguientes criterios calificadores:

Información: Cantidad y calidad de los datos que soportan la predicción

Certeza: Probabilidad de ocurrencia

Confianza: Incertidumbre con respecto a la predicción del impacto

Estándares: Regulaciones ambientales (leyes, reglamentos, normas, etc.)

Estos criterios calificadores no agregan un valor cuantitativo a los citados parámetros, pero proporcionan una base para soportar la predicción de los posibles impactos.

Es importante señalar que para la realización de este Capítulo, la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) implementó un Curso-Taller sobre Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental, el cual fue impartido por personal de la Gerencia de Protección Ambiental de la CFE, e intervinieron como asistentes el personal de las áreas ambientales de los diferentes campos geotérmicos, así como de diferentes departamentos de la GPG, conformándose así un grupo multidisciplinario de 16 personas, entre los cuales se contaron con ingenieros de diversas disciplinas: química, eléctrica, mecánica, petrolera, instrumentista, geología y agronomía, además de profesionistas en biología. Como taller de este evento se realizó la evaluación de este proyecto (Cerro Prieto V) como estudio de caso, aplicando tres diferentes metodologías: Bojórquez-Tapia *et al.* (1998); Coneza Fernández-Vitora (2000); e INECOL-CIBNOR (XXX), las cuales fueron coincidentes en relación a la significancia o importancia de los impactos ambientales identificados.

Algunas de las ventajas de las metodologías referidas son las siguientes:

- No se duplican las actividades del proyecto con respecto a los impactos;
- La información es organizada en un formato simple, no se elaboran matrices complejas;
- Los enjuiciamientos sobre los impactos son rastreables, no queda sujeta a la subjetividad del evaluador;

- d) Es un procedimiento sistemático y objetivo, en el que todos los impactos se evalúan bajo los mismos criterios;
- e) Existe mayor certidumbre en los resultados y se facilita la racionalidad en la toma de decisiones.
- f) Los datos reales, más fácilmente obtenidos para los criterios básicos, pueden ser separados de los valores más subjetivos enjuiciados para los criterios complementarios; y
- g) Los resultados permiten al equipo multidisciplinario estimar la eficiencia de las medidas de mitigación y facilitan explorar las alternativas.

Para la evaluación de los impactos ambientales se aplicaron las siguientes reglas de inferencia:

Se asume que cualquier impacto tiene, al menos, magnitud, extensión y duración, por lo que los criterios básicos son indispensables para valorar un impacto. Por otra parte, los criterios complementarios pueden o no ocurrir, pero si se presentan provocan un incremento en el impacto. Por otro lado, la mitigación tiene el efecto opuesto, es decir, disminuye la significancia del impacto. Los criterios calificadores no modifican el impacto, pero indican la capacidad predictiva de la evaluación. De esta manera, los criterios básicos definen las características directas e inmediatas, los complementarios toman en cuenta las relaciones de orden superior y los calificadores relacionan a los otros dos con el fundamento técnico de la predicción.

Cuando se tiene incertidumbre para determinar el valor de un parámetro, se asigna el mayor. Esta regla es consistente con una racionalidad precautoria para conflictos ambientales; esto es, disminuir la posibilidad de subestimar un impacto y minimizar el riesgo al público. Considerar un impacto negativo como significativo cuando faltan evidencias de lo contrario, mejora las evaluaciones de impacto ambiental.

V.1.1. Actividades y/o aspectos más relevantes del proyecto

En este apartado se identificaron las actividades y aspectos del proyecto que pueden ocasionar impactos en el ambiente con base en lo descrito en el capítulo II, utilizando esta información se elaboró una lista de verificación, ordenándose de acuerdo con las etapas del proyecto: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento (ver Cuadro V.1).

Cuadro V.1

Actividades y/o aspectos principales del proyecto que pueden ocasionar impactos en el ambiente

ETAPA	ACTIVIDAD/ASPECTO	DEFINICIÓN	
PREPARACIÓN DEL SITIO	1	Taponamiento para el abandono de pozos	Se realiza conforme a la NOM-004-CNA-1994, la cual consiste en colocar taponos de cemento a diferentes profundidades del pozo, con equipo de perforación, y tiene como objetivo evitar la contaminación de acuíferos superficiales y riesgos ambientales por flujos.
	2	Retiro de infraestructura superficial para control de pozos y acondicionamiento de vapor	Esta actividad consiste en retirar los equipos existentes en el sitio donde se construirá la central geotermoelectrica (válvulas, separadores, silenciadores, tubería de conducción, soportería y cimentación de equipo superficial).
	3	Trazo, desmonte, despalme, nivelación y compactación	Delimitación del área para la construcción de la central, del camino de acceso y del área para instalación de obras provisionales; remoción de la vegetación existente en el predio; compensación de las elevaciones para la nivelación del terreno; y apisonamiento del terreno mediante maquinaria apropiada para lograr la resistencia adecuada. El desnivel máximo en el área destinada para la construcción de la central es de aproximadamente 1 m; se estima remover un volumen aproximado de 9 000 m ³ . Las áreas niveladas se compactarán posteriormente mediante un rodillo liso vibratorio de 7,5 t de peso estático mínimo.
	4	Uso de maquinaria y equipo	Esta actividad incluye el manejo del equipo y maquinaria requeridos para la ejecución de las obras civiles (retroexcavadoras, trascabos, camiones de volteo, motoconformadora y compactadoras), considerando entre otros aspectos, la generación de ruido.
	5	Generación de residuos	Generación de residuos producto del desmonte, nivelación y compactación del terreno (incluye residuos impregnados con aceites y combustibles derivados de la carga de consumibles de los equipos y material vegetal removido por el desmonte y despalme).
CONSTRUCCIÓN	1	Excavación y cimentación	Extracción del material terrígeno de los sitios para la cimentación donde se instalará la infraestructura de la central (casa de máquinas, torre de enfriamiento, subestación eléctrica, soportes de la tubería de conducción, equipos electromecánicos, entre otro tipo de infraestructura.
	2	Construcción de edificios e instalación de infraestructura	Construcción de obras permanentes (casa de máquinas, torre de enfriamiento, subestación eléctrica, caminos de acceso, líneas eléctricas) en un área aproximada de 75 000 m ² , y colocación e instalación de equipo superficial (tubería de conducción, separadores, secadores y equipo electromecánico, entre otros).
	3	Construcción de obras provisionales	Edificación de oficinas, talleres, almacenes y patio de servicio para carga y descarga de materiales y equipo, en un área de 18 325 m ² .
CONSTRUCCIÓN	4	Generación de residuos	Generación de residuos domésticos, pinturas y solventes, impregnados con aceite y combustibles derivados de la carga de consumibles de los equipos y recipientes, entre otros. Se estima un consumo de 5 300 litros de diesel al mes;
	5	Uso de maquinaria y equipo	Esta actividad incluye el equipo y maquinaria requeridos para la construcción de la obra civil y electromecánica (grúas, camiones de volteo, soldadoras, plantas de energía, etc.), considerando entre otros aspectos, la generación de ruido

Cuadro V.1		
Actividades y/o aspectos principales del proyecto que pueden ocasionar impactos en el ambiente		
ETAPA	ACTIVIDAD/ASPECTO	DEFINICIÓN
	6	Emisiones a la atmósfera (humos y polvos)
		Se incluye en este aspecto, aquellas emisiones producto de la combustión interna de la maquinaria y equipo, así como aquella que por su desplazamiento provoque emisiones de polvos.
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	1	Mantenimiento y/o reparación de instalaciones
		Actividad periódica que consiste en proporcionar mantenimiento a las turbinas y demás equipos e infraestructura asociada (mantenimiento mayor), que mantiene en óptimas condiciones de disponibilidad y confiabilidad su operación y protección. Se incluye en esta actividad la generación de residuos, tanto peligrosos como no peligrosos.
	2	Generación de aguas residuales industriales y domésticas
		Involucra descargas de aguas residuales (salmuera geotérmica y torre de enfriamiento), sanitarias y domésticas, generadas en oficinas, almacenes y talleres.
	3	Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)
		Flujo másico de gases que se descargan a la atmósfera por medio de equipos, cuyas características de diseño favorecen la dispersión de los gases en la atmósfera.
	4	Generación de energía
		Implica la operación de la central y de la subestación eléctrica, considerando entre otros aspectos, la generación de ruido.

V.1.2. Definición de los factores y componentes ambientales

De acuerdo con la metodología propuesta, en el Cuadro V.2 se presentan los factores y componentes ambientales que pueden verse afectados por la ejecución del proyecto. En función de la relevancia del componente ambiental afectado, en el capítulo VII se proponen algunos indicadores ambientales, los cuales serán monitoreados durante la construcción y operación del proyecto.

Los requisitos para la identificación y definición de los factores ambientales susceptibles de recibir impactos fueron los siguientes:

- *Ser representativos del entorno afectado*, y, por lo tanto, del impacto total sobre el medio producido por la ejecución del proyecto;
- *Ser relevantes*, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto;
- *Ser excluyentes*, sin solapamientos ni redundancias
- *De fácil identificación*, tanto en su concepto como en su apreciación al utilizar información estadística, cartográfica o trabajos de campo; y
- *Cuantificables*, dentro de lo posible

Cuadro V.2.			
Factores y componentes ambientales y sociales susceptibles de afectarse por las actividades del proyecto			
FACTOR		COMPONENTE	DEFINICIÓN
AIRE	1	Calidad del aire	Criterios de la calidad atmosférica en el área de influencia del proyecto
	2	Microclima	Condiciones de temperatura (°C), precipitación (mm), evaporación (mm) y humedad relativa (%) en el área de influencia del proyecto
	3	Nivel de ruido	Niveles sonoros (dB) con respecto a la NOM-080-SEMARNAT-1994 y NOM-081-SEMARNAT-1994
SUELO	4	Calidad del suelo	Características fisicoquímicas del suelo (salinización, compactación, contaminación química –agroquímicos-, infiltración, etc.)
	5	Erosión	Pérdida de suelo por la remoción del suelo superficial, modificación de su estructura, reducción de materia orgánica.
HIDROLOGÍA	6	Aprovechamiento de agua	Volumen de agua (m ³) requerido para el proyecto
	7	Calidad del agua superficial	Caracterización fisicoquímica del agua con base en los criterios de la NOM-001-SEMARNAT-1996.
	8	Calidad del agua del manto freático	Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales con base en los criterios de la NOM-001-SEMARNAT-1996.
VEGETACIÓN	9	Cobertura vegetal	Modificación o remoción de la superficie ocupada por vegetación
	10	Especies en riesgo	Afectación de especies florísticas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001. En el área de estudio se tienen registradas dos especies en riesgo: <i>Olneya tesota</i> (palo fierro) y <i>Lophocereus schottii</i> (garambullo).
	11	Modificación de hábitat	Modificación de la estructura y permeabilidad del suelo y remoción de la capa vegetal
FAUNA	12	Abundancia de especies	Riqueza faunística en el área de estudio.
	13	Modificación de hábitat	Remoción de la vegetación en una superficie de aproximadamente 400 m ²
	14	Especies en riesgo	Afectación de especies faunísticas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001. En el área de estudio se tienen registradas 16 especies en riesgo: 13 aves, dos reptiles y un pez.
PAISAJE	15	Calidad visual intrínseca	Atractivo visual derivado de las características propias del paisaje.
	16	Fragilidad visual	Susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla una obra o actividad.
SOCIOECONÓMICO	17	Densidad de población	Incremento temporal de la población en las localidades cercanas al proyecto.
	18	Economía local (generación de empleo)	Generación temporal de empleos directos e indirectos.
	19	Demanda de servicios	Requerimientos de servicios (vivienda, alimentación, transporte, salud, etc.) y derrama económica.
	20	Percepción social del proyecto	Opinión de los habitantes de las localidades cercanas al campo geotérmico.

V.1.3. Categorización de las variables del proyecto y ambientales identificadas

Con base en la metodología DELPHI se determinó el valor de importancia (VI) y el peso de importancia relativa (PIR) para las actividades del proyecto y los componentes ambientales identificados en los subcapítulos anteriores.

En el cuadro V.3, se presenta la jerarquización de las actividades o aspectos del proyecto, en función a su relevancia.

Cuadro V.3. Jerarquización de las actividades o aspectos del proyecto

ETAPA	ACTIVIDADES Y/O ASPECTOS DEL PROYECTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	VI	PIR
Preparación del Sitio	1 Taponamiento para abandono de pozos	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	3.0	0.029
	2 Retiro de infraestructura (válvulas, tubería, equipos)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.024
	3 Trazo, desmonte, despalme, nivelación y compactación	1.0	0.5	1.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.048
	4 Uso de maquinaria y equipo	1.0	0.5	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.038
	5 Generación de residuos	0.5	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.024
Construcción	6 Excavación y cimentación	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.0	0.5	0.5	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.057
	7 Const. de edificios e instalación de infraestructura	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	13.0	0.124
	8 Const. de obras provisionales	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.0	0.5	0.5	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	7.5	0.071
	9 Generación de residuos	0.5	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	0.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.0	0.5	0.0	8.0	0.076
	10 Uso de maquinaria y equipo	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.5	1.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	7.5	0.071
	11 Emisiones a la atmósfera (humos y polvos)	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.5	0.033
Operación y Mantenimiento	12 Mantenimiento y/o reparación de instalaciones	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	10.5	0.100
	13 Generación de aguas residuales industriales y domésticas	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0	1.0	0.0	0.5	0.0	9.5	0.090
	14 Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	13.5	0.129
	15 Generación de energía	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	9.0	0.086
																	105.0	1.000

De acuerdo con el cuadro anterior, las diez actividades del proyecto más relevantes, susceptibles de producir un impacto en el ambiente son los siguientes, referidas en orden de mayor a menor importancia:

1. Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)
2. Construcción de edificios e instalación de infraestructura
3. Mantenimiento y/o reparación de instalaciones (generación de residuos)
4. Generación de aguas industriales y domésticas
5. Generación de energía eléctrica
6. Generación de residuos durante la etapa constructiva
7. Construcción de las obras provisionales
8. Uso de maquinaria y equipo (ruido y generación de residuos)
9. Excavación y cimentación
10. Trazo, desmonte, despalme, nivelación y compactación

En el cuadro V.4, se presenta la jerarquización, en función a su relevancia, de los componentes ambientales identificados.

Cuadro V.4. Jerarquización de los componentes ambientales en el área de estudio del proyecto

FACTOR	COMPONENTES AMBIENTALES/SOCIALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	VI	PIR
Aire	1 Calidad del aire	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	15.5	0.082
	2 Microclima	0.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.018
	3 Nivel de ruido	0.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0	0.5	0.0	1.0	0.0	11.0	0.058
Suelo	4 Calidad del suelo	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	6.0	0.032	
	5 Erosión	0.0	1.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.021	
Hidrología	6 Aprovechamiento de agua	0.0	1.0	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	8.0	0.042	
	7 Calidad del agua superficial	0.5	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	13.0	0.068	
	8 Calidad del agua de manto freático	0.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	10.5	0.055	
Vegetación	9 Cobertura vegetal	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	6.0	0.032	
	10 Especies de riesgo (florísticas)	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	4.5	0.024	
	11 Modificación de hábitat	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	6.5	0.034	
Fauna	12 Abundancia de especies	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.0	0.5	0.0	13.5	0.071
	13 Modificación de hábitat	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	9.0	0.047	
	14 Especies de riesgo (faunísticas)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	13.5	0.071	
Paisaje	15 Calidad visual Intrínseca	0.0	1.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	6.0	0.032	
	16 Fragilidad visual	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.034	
Socio-económico	17 Densidad de población	0.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.042	
	18 Economía local (generación de empleos)	0.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	15.0	0.079	
	19 Demanda de servicios	0.0	1.0	0.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	13.5	0.071	
	20 Percepción social	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	16.5	0.087	
																						190.0	1.000

De acuerdo con el cuadro V.4, los componentes de los factores ambientales más relevantes en el área de estudio, son los siguientes, referidos en orden de mayor a menor importancia:

1. Percepción social del proyecto por los habitantes de localidades cercanas
2. Calidad del aire
3. Economía local (generación de empleos)
4. Abundancia de especies faunísticas
5. Especies faunísticas en riesgo
6. Demanda de servicios
7. Calidad del agua superficial
8. Nivel de ruido
9. Calidad del agua del manto freático
10. Modificación de hábitat de especies faunísticas

V.1.4. Identificación de interacciones de impacto ambiental

Para identificar los impactos, se elaboró una matriz de interacciones entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales (Cuadro V.5), ordenándose sobre las columnas las actividades y/o aspectos del proyecto que se listaron en el Cuadro V.1, y sobre las filas se incluyeron los componentes de los factores ambientales susceptibles de afectación por la ejecución del proyecto, listados en el Cuadro V.2. La existencia de alguna interacción entre las actividades y obras del proyecto con los factores y componentes ambientales, se señalaron sombreando la celda de intercepción.

V.1.5. Definición de las interacciones identificadas

De acuerdo con la matriz (Cuadro V.5) se identificaron 55 interacciones de impacto ambiental, de los cuales, 44 son impactos negativos, cinco impactos positivos y seis impactos que podrían ser positivos o negativos, dependiendo de la percepción de los habitantes vecinos y de su finalidad.

La etapa del proyecto que mayor número de interacciones se identificaron fue la de construcción (con 20 interacciones); seguidas por la etapa de preparación del sitio (con 18) y operación y mantenimiento (con 17 interacciones). Así mismo, el medio que presentó la mayor cantidad de interacciones es el físico o abiótico, con 24 de ellas, de los cuales, 11 pertenecen al factor aire. El medio socioeconómico obtuvo 18 de las 55 interacciones identificadas.

Para evaluar con mayor objetividad las interacciones identificadas en la matriz, en el Cuadro V.6 se presenta la definición de cada una de las ellas.

Cuadro V.5. Matriz de identificación de interacciones ambientales del Proyecto Geotermoelectrico Cerro Prieto V

MEDIO		FACTOR AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	ACTIVIDADES Y/O ASPECTOS DEL PROYECTO																
				PREPARACIÓN DEL SITIO						CONSTRUCCIÓN						OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
				de pozos	Retiro de infraestructura superficial	Trazo, desmonte, nivelación y compactación	Uso de maquinaria y equipo	Generación de residuos	Excavación y cimentación	Construcción de edificios e instalación de infraestructura provisionales	Construcción de caminos	Generación de residuos	Uso de maquinaria y equipo	Emisiones a la atmósfera (humos y polvos)	Mantenimiento y/o reparación de instalaciones	Generación de aguas residuales industriales y domésticas	Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)	Generación de energía		
FÍSICO	AIRE	SUELO	Calidad del aire																5	
			Microclima																2	
			Nivel de ruido																	4
			Calidad del suelo																	9
			Erosión																	0
HIDROLOGÍA	VEGETACIÓN	FAUNA	Aprovechamiento de agua																1	
			Calidad del agua superficial																1	
			Calidad del agua del manto freático																	1
			Cobertura vegetal																	2
			Especies en riesgo																	1
BIÓTICO	PAISAJE	SOCIOECONÓMICO	Modificación del hábitat																1	
			Abundancia de especies																1	
			Modificación del hábitat																	1
			Especies en riesgo																	1
			Calidad visual intrínseca																	4
PERCEPTUAL	SOCI	ECONÓMICO	Fragilidad visual																4	
			Densidad de población																5	
			Economía local (empleo)																	5
			Demanda de servicios																	5
			Percepción social																	3
				5	0	10	2	1	1	1	1	1	2	1	4	5	5	3	55	
				18						20						17				

Impacto negativo
 Impacto positivo
 El impacto puede ser negativo o positivo

Cuadro V.6. Definición de las interacciones identificadas en el Cuadro V.5.

Componente ambiental o social	Actividad o aspecto del proyecto	Definición
Calidad del aire	Trazo, desmonte, despalme, nivelación y compactación	El despalme y nivelación del predio de la central y de las obras provisionales producirán emisiones a la atmósfera (humos y polvos) durante la etapa de preparación del sitio.
	Uso de maquinaria y equipo	El uso de la maquinaria y equipo durante la etapa de preparación del sitio generará humos y polvo.
	Emisiones a la atmósfera (humos y polvos)	Este aspecto del proyecto es consecuencia del uso de la maquinaria y equipo durante la construcción
	Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)	Las emisiones a la atmósfera de H ₂ S y CO ₂ , entre otros gases incondensables, modificarán la calidad del aire en la región.
Microclima	Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)	La emisión de CO ₂ a la atmósfera podría contribuir al cambio microclimático en la región.
	Generación de energía	Con el aprovechamiento del recurso geotérmico y la operación de la central geotermoeléctrica se libera continuamente energía en forma de calor, así como vapor de agua (humedad).
Nivel de ruido	Uso de maquinaria y equipo	El uso de la maquinaria y equipo durante la etapa de preparación del sitio y construcción incrementará los niveles sonoros localmente.
	Mantenimiento y reparación de instalaciones	Durante el mantenimiento mayor de una central hay generación de ruido por diversas actividades, como la limpieza de tubería mediante samblasteo.
	Generación de energía	El funcionamiento de una central produce ruido, aunque muy puntualmente, así como también la subestación eléctrica.
Calidad del suelo	Taponamiento para abandono de pozos	Para el taponamiento de pozos se requiere nuevamente la instalación del equipo de perforación, el cual modificará algunas propiedades físicas del suelo por la compactación del terreno
	Trazo, desmonte, nivelación y compactación	El movimiento y compactación del suelo del predio modificará varias propiedades físicas del suelo, como la estructura, permeabilidad e infiltración.
	Excavación y cimentación	
	Generación de residuos	La inadecuada disposición de los residuos que se generen durante las etapas de preparación del sitio y construcción podrían contaminar el suelo.
	Construcción e instalación de infraestructura	La construcción e instalación de edificios e infraestructura inhabilitarán cualquier otro uso del suelo en el predio.
	Construcción de obras provisionales	
	Construcción de caminos	
Generación de aguas industriales y domésticas	La inadecuada disposición de las aguas residuales industriales o domésticas, o posibles derrames accidentales de las mismas podrían modificar la calidad el suelo.	
Aprovechamiento de agua	Construcción de edificios e instalación de infraestructura	La etapa constructiva del proyecto demandará grandes volúmenes de agua, los cuales serán obtenidos de los canales de riego de la región
Calidad del agua superficial	Generación de aguas industriales y domésticas	La inadecuada disposición de las aguas residuales o posibles derrames accidentales podrían modificar la calidad del agua.
Calidad del agua del manto freático	Taponamiento para abandono de pozos	El inadecuado taponamiento o una falla mecánica del pozo geotérmico, podrían afectar el manto freático.
	Generación de aguas industriales y domésticas	La inadecuada disposición de las aguas residuales o posibles derrames accidentales podrían modificar la calidad del agua.

Cuadro V.6. (continuación).

Componente ambiental o social	Actividad o aspecto del proyecto	Definición
Cobertura vegetal	Trazo, desmonte, nivelación y compactación	En el sitio se presenta un pequeño manchón de vegetación secundaria (alrededor de 200 m ²), el cual será removido, modificando permanentemente las condiciones del sitio
Modificación del hábitat (vegetación)		
Abundancia de especies y especies en riesgo (fauna)	Generación de aguas industriales	En la laguna de evaporación del campo geotérmico se observó una gran abundancia de aves acuáticas (migratorias y residentes), que podrían verse afectadas por un cambio brusco en la calidad de agua por la generación de aguas industriales.
Modificación del hábitat (fauna)	Trazo, desmonte, nivelación y compactación	La remoción del manchón de vegetación en el predio de la central afectará el hábitat de la fauna ahí existente.
Calidad visual intrínseca y fragilidad visual	Trazo, desmonte, nivelación y compactación	La calidad visual del sitio del proyecto, incluyendo en general todo el campo geotérmico, es baja, debido a la gran cantidad de infraestructura instalada. Sin embargo, la construcción y operación del la central geotermoeléctrica contribuirá a modificar aún más dicho escenario.
	Construcción e instalación de infraestructura	
	Construcción de obras provisionales	
	Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)	
Densidad de población	Taponamiento para abandono de pozos	La contratación del personal que se requerirá para la construcción y operación de la central, será en gran parte de la región, sin embargo, habrá otra parte de personal contratado que no sea residente de la región y que llegará a habitar temporalmente en algunas de las localidades cercanas al proyecto, lo que contribuirá, aunque temporalmente y en baja medida, a modificar esta variable social.
	Trazo, desmonte, despalme, nivelación y compactación	
	Construcción de edificios e inst. de infraestructura	
	Construcción de obras provisionales	
	Mantenimiento y reparación de instalaciones	
Economía local (empleo)	Taponamiento para abandono de pozos	La construcción y operación de la central requerirá de la contratación del personal, mucho de cual se espera sea de la región. Por otra parte, este tipo de proyectos, conlleva además de la generación de empleos directos, la producción de empleos indirectos, sobre todo para cubrir la demanda de servicios.
	Trazo, desmonte, despalme, nivelación y compactación	
	Construcción e instalación de infraestructura	
	Construcción de obras provisionales	
	Mantenimiento y reparación de instalaciones	
Demanda de servicios	Taponamiento para abandono de pozos	El personal contratado para la construcción y operación de la central que no sea residente de la región, demandará una serie de servicios para su manutención, como lo es vivienda, alimentación, transporte, etc.
	Trazo, desmonte, nivelación y compactación	
	Construcción e instalación de infraestructura	
	Construcción de obras provisionales	
	Mantenimiento y reparación de instalaciones	

Cuadro V.6. (continuación).

Componente ambiental o social	Actividad o aspecto del proyecto	Definición
Percepción social	Construcción de edificios e instalación de infraestructura	En localidades cercanas al proyecto ha habido quejas por las emisiones del campo geotérmico (olor del H ₂ S); sin embargo, también hay comentarios positivos por la generación de empleos, por el aprovechamiento del recurso y la generación de energía.
	Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)	
	Generación de energía	

V.1.6. Evaluación de las interacciones identificadas

La evaluación consiste en calificar cada interacción mediante la aplicación de un conjunto de once criterios catalogados como básicos, complementarios y calificadores (Bojórquez Tapia, 1989; Duinker y Beanlands, 1986), los cuales son referidos en el Cuadro V.7. Estos criterios se evaluaron bajo la escala ordinal propuesta por el método utilizado, que comprende diez niveles de magnitud (del 0 al 9), dependiendo del efecto que una actividad tiene sobre el componente. Los criterios calificadores información y estándares, se evaluaron como presente o ausente. Mientras que la certeza y la confianza como baja o alta.

Cuadro V.7.			
Clasificación y definición de los criterios utilizados para evaluar la significancia de impactos			
CRITERIOS		DEFINICIÓN	
BÁSICOS			
Magnitud	(M)	Intensidad de la afectación en el área del impacto	
Extensión	(E)	Área de afectación con respecto a la disponible en la zona de estudio	
Duración	(D)	Tiempo del efecto	
COMPLEMENTARIOS			
Sinergia	(S)	Interacciones de orden mayor entre impactos	
Acumulación	(A)	Presencia de efectos aditivos de los impactos	
Controversia	(C)	Oposición de los actores sociales al proyecto por el impacto	
Mitigación	(T)	Existencia y eficiencia de medidas de mitigación	
CALIFICADORES			
Información		Cantidad y calidad de los datos que soportan la predicción	
Certeza		Probabilidad de ocurrencia	
Confianza		Incertidumbre con respecto a la predicción del impacto	
Estándares		Regulaciones ambientales (leyes, reglamentos, normas, etc.)	
Escala ordinal utilizada para evaluar cada uno de los criterios de significancia			
VALOR	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	VALOR	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
0	Nulo	5	Moderado
1	De Nulo a Bajo	6	Moderado a Alto
2	Muy Bajo	7	Alto
3	Bajo	8	Muy Alto
4	Bajo a Moderado	9	Extremadamente Alto

Los parámetros, criterios y escalas utilizados para asignarle valor a cada parámetro de la interacción identificada se definen en el Cuadro V.8.

Cuadro V.8. Parámetros y escala de evaluación utilizada

PARÁMETROS	CRITERIOS y ESCALA		
	0 – 3	4 – 6	7 – 9
Magnitud (M)	Baja , cuando la afectación cubre menos del 10% de los recursos existentes; o cuando los valores de afectación representan menos de la mitad del valor del límite máximo permisible por la normativa o criterio ambiental	Media , cuando la afectación cubre del 10% al 50% de los recursos existentes; o cuando los valores de afectación representan de la mitad del valor límite al límite máximo permisible por la normativa ambiental.	Alta , cuando la afectación es mayor del 50% de los recursos existentes; o ésta rebasa los límites máximos permisibles, establecidos por la normativa ambiental.
Extensión (E)	Puntual , afectación directa en el sitio donde se ejecuta la acción, hasta una distancia de 50 m.	Local , si el efecto ocurre a una distancia entre los 50 m y los límites del campo geotérmico.	Regional , el efecto se manifiesta fuera del campo geotérmico, hasta una distancia aprox. de 15 km.
Duración (D)	Corta , cuando la actividad dura menos de 1 año.	Mediana , la acción dura de 1 a 3 años.	Larga , la actividad dura más de tres años.
Sinergia (S)	Nula a mínima , cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, o éste poco se manifiesta.	Moderada , cuando una acción actuando sobre un factor es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor.	Alta , cuando una acción actuando sobre un factor es altamente sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor.
Acumulación (A)	Nula a Mínima , cuando la acción no produce efectos acumulativos o éstos son de poca magnitud (<10%) con respecto a los existentes.	Moderada , cuando la acción produce efectos acumulativos pero éstos aportan del 10 al 60% con respecto a la magnitud de los existentes.	Alta , cuando la acción produce efectos acumulativos y éstos son superiores al 60% con respecto a la magnitud de los existentes o incluso los rebasan.
Controversia (C)	Nula a Mínima , no hay controversia o ésta ha sido manifiesta de manera informal o en algunas reuniones.	Moderada , existe controversia, las partes interesadas han recurrido a instancias legales para manifestar su inconformidad.	Alta , existe mucha controversia con el proyecto, las partes interesadas han recurrido a instancias legales y medios de información
Mitigación (T)	Nula a baja , no hay medida de mitigación aplicable, o ésta mitiga hasta un 30% del impacto ambiental identificado.	Media , existe(n) medida(s) de mitigación, ésta(s) reduce(n) del 30 al 60% del impacto ambiental identificado.	Alta a Muy alta , las medidas de mitigación aplicadas reducen del 60 al 100% el impacto ambiental identificado.
Información	Se refiere a la cantidad y calidad de datos que soportan la predicción.		
Certeza	Se refiere a la probabilidad de ocurrencia de impacto ambiental.		
Confianza	Se refiere a la certidumbre con respecto a la predicción del impacto.		
Estándares	Se refiere a la diferencia con respecto a una norma o criterio ambiental existente para la acción		

Para realizar la evaluación de las interacciones identificadas y obtener la significancia parcial y final de cada impacto se aplicaron las ecuaciones, referidas en el Cuadro V.9

Cuadro V.9. Ecuaciones aplicadas para la evaluación y significancia de los impactos	
INDICES OBTENIDOS	FÓRMULA APLICADA
Criterios básicos	$MED_{ij} = \frac{1}{27}(M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})$
Criterios complementarios	$SAC_{ij} = \frac{1}{27}(S_{ij} + A_{ij} + C_{ij})$
Significancia parcial	$I_{ij} = (MED_{ij})^{(1-SAC_{ij})}$
Significancia final, considerando las medidas de mitigación	$S_{ij} = I_{ij} * \left[1 - \frac{1}{9}(T_{ij}) \right]$
Donde: M_{ij} = Magnitud; E_{ij} = Extensión espacial; D_{ij} = Duración; S_{ij} = Efectos sinérgicos; A_{ij} = Efectos acumulativos; C_{ij} = Controversia; I_{ij} = Importancia o significancia parcial del impacto; S_{ij} = Significancia final del impacto; y, T_{ij} = Medida de mitigación.	

Posterior a la identificación de las interacciones de impacto entre las actividades y componentes ambientales para las diferentes etapas del proyecto, se procedió a evaluar su impacto considerando dos características principales, la magnitud del impacto y la importancia del factor o componente afectado.

En los Cuadros V.10a, V10b y V10c, se presenta la evaluación realizada a cada una de las interacciones identificadas, separadas éstas por etapa del proyecto. Como se podrá observar, la etapa de construcción de la central geotermoelectrica es donde se concentra la mayor cantidad de impactos, seguida por la etapa operativa.

Para la evaluación de las emisiones a la atmósfera de gases incondensables, se utilizaron los resultados del modelo de simulación de dispersión de contaminantes en el aire (ISC3) utilizado para el estudio de dispersión del H₂S (ácido sulfhídrico) en el campo geotérmico Cerro Prieto (Anexo E).

V.1.7. Descripción de los impactos ambientales significativos y de algunos definidos como poco significativos

En esta fase de la metodología se elaboraron fichas técnicas donde se describen los impactos ambientales significativos indicados en la matriz de interacciones (Cuadro V.11), donde se señala la magnitud de la interacción, la importancia del componente ambiental afectado y la significancia del impacto potencial identificado; así como las medidas de mitigación propuestas para contrarrestar o mitigar el impacto ambiental descrito. En consistencia con los principios de rastreabilidad y racionalidad precautoria en que se basa la metodología empleada, se presentan además las fichas técnicas de los impactos determinados como poco significativos que se encuentran más cercanos (> 0,450) al valor de significancia:

Cuadro V.10a. Evaluación de las interacciones identificadas para la etapa de Preparación del Sitio.
Matriz de valoración de la significancia, importancia o intensidad de los impactos ambientales (Sij)

Etapa del proyecto: **PREPARACIÓN DEL SITIO**

IMPACTO AMBIENTAL (Interacción ij)		Criterios básicos			Criterios complementarios			Criterios calificadores				Índice básico	Índice complementario	Impacto sin mitigación	Significancia		
		M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf	Es	MEDij	SACij	Iij	Sij	Clase de Sij
1	Calidad del aire	1	1	1	0	0	0	0	S	S	S	N	0.111	0.000	0.111	0.111	NS
2	Calidad del aire	5	1	1	0	0	0	0	S	S	S	S	0.259	0.000	0.259	0.259	PS
3	Nivel de ruido	4	4	1	0	0	0	0	S	S	S	S	0.333	0.000	0.333	0.333	PS
4	Calidad del suelo	1	1	1	0	0	0	0	N	N	N	N	0.111	0.000	0.111	0.111	NS
5	Calidad del suelo	1	1	1	0	0	0	0	S	S	S	N	0.111	0.000	0.111	0.111	NS
6	Calidad del suelo	1	1	1	0	0	0	7	N	S	N	N	0.111	0.000	0.111	0.025	NS
7	Calidad del agua del manto freático	2	1	1	0	0	2	7	N	N	S	S	0.148	0.074	0.171	0.038	NS
8	Cobertura vegetal	1	1	1	0	0	0	0	S	S	S	N	0.111	0.000	0.111	0.111	NS
9	Modificación del hábitat (vegetación)	1	1	1	0	0	0	7	S	S	S	N	0.111	0.000	0.111	0.025	NS
10	Modificación del hábitat (fauna)	1	1	1	0	0	0	7	S	S	S	N	0.111	0.000	0.111	0.025	NS
11	Calidad visual intrínseca	1	4	7	0	1	0	3	S	S	S	N	0.444	0.037	0.458	0.305	PS
12	Fragilidad visual	1	4	7	0	1	0	3	S	S	S	N	0.444	0.037	0.458	0.305	PS
13	Densidad de población	1	7	1	0	1	0	0	N	S	S	N	0.333	0.037	0.347	0.347	PS
14	Densidad de población	1	7	1	0	1	0	0	N	S	S	N	0.333	0.037	0.347	0.347	PS
15	Economía local (generación de empleo)	1	7	1	0	0	0	0	N	S	S	N	0.333	0.000	0.333	0.333	PS
16	Economía local (generación de empleo)	1	7	1	0	0	0	0	N	S	S	N	0.333	0.000	0.333	0.333	PS
17	Demanda de servicios	1	7	1	0	0	0	0	N	S	S	N	0.333	0.000	0.333	0.333	PS
18	Demanda de servicios	1	7	1	0	0	0	0	N	S	S	N	0.333	0.000	0.333	0.333	PS

Criterios básicos: M = Magnitud, E = Extensión, D = Duración,
Criterios complementarios: S = Sinergia, A = Acumulación, C = Controversia, T = Medidas de mitigación
Criterios calificadores: In = Información, Cz = Certeza, Cf = Confianza, Es = Estándares

Las clases de significancia de los impactos son las siguientes:

No significativo	(NS)	(0,00 a 0,24)
Poco significativo	(PS)	(0,25 a 0,49)
Significativo	(S)	(0,50 a 0,74)
Muy significativo	(MS)	(0,75 a 1,00)

i = factor ambiental, j = acción del proyecto
S = Si existe (información, certeza, confianza, estándares)
N = No existe (información, certeza, confianza, estándares)

Cuadro V.10b. Evaluación de las interacciones identificadas para la etapa de Construcción.
Matriz de valoración de la significancia, importancia o intensidad de los impactos ambientales (Sij)

Etapa del proyecto: CONSTRUCCIÓN

IMPACTO AMBIENTAL (Interacción ij)		Criterios básicos			Criterios complementarios			Criterios calificadores			Índice básico MEDij	Índice complementario SACij	Impacto sin mitigación Iij	Significancia			
		M	E	D	S	A	C	T	In	Cz				Cf	Es	Sij	Clase de Sij
1	Calidad del aire	5	1	5	0	0	0	0	S	S	S	0.407	0.000	0.407	PS		
2	Calidad del aire	1	4	5	0	0	0	0	N	S	N	0.370	0.000	0.370	PS		
3	Nivel de ruido	5	4	5	0	0	0	0	S	S	S	0.519	0.000	0.519	S		
4	Calidad del suelo	1	1	1	0	0	0	0	S	S	N	0.111	0.000	0.111	NS		
5	Calidad del suelo	1	1	5	0	0	0	0	N	S	N	0.259	0.000	0.259	PS		
6	Calidad del suelo	1	1	5	0	0	0	0	N	S	N	0.259	0.000	0.259	PS		
7	Calidad del suelo	1	1	5	0	0	0	0	S	S	N	0.259	0.000	0.259	PS		
8	Calidad del suelo	1	1	5	0	0	0	7	N	S	N	0.259	0.000	0.259	NS		
9	Aprovechamiento de agua	1	7	5	0	0	0	0	S	S	N	0.481	0.000	0.481	PS		
10	Calidad visual intrínseca	1	5	9	0	0	0	3	S	S	N	0.556	0.000	0.556	PS		
11	Calidad visual intrínseca	1	5	5	0	0	0	3	S	S	N	0.407	0.000	0.407	PS		
12	Fragilidad visual	1	5	9	0	0	0	3	S	S	N	0.556	0.000	0.556	PS		
13	Fragilidad visual	1	5	5	0	0	0	3	S	S	N	0.407	0.000	0.407	PS		
14	Densidad de población	1	7	5	0	0	0	0	N	S	N	0.481	0.000	0.481	PS		
15	Densidad de población	1	7	5	0	0	0	0	N	S	N	0.481	0.000	0.481	PS		
16	Economía local (generación de empleo)	1	7	5	0	0	0	0	N	S	N	0.481	0.000	0.481	PS		
17	Economía local (generación de empleo)	1	7	5	0	0	0	0	N	S	N	0.481	0.000	0.481	PS		
18	Demanda de servicios	1	7	5	0	0	0	0	N	S	N	0.481	0.000	0.481	PS		
19	Demanda de servicios	1	7	5	0	0	0	0	N	S	N	0.481	0.000	0.481	PS		
20	Percepción social	1	7	3	0	0	0	5	S	S	N	0.630	0.000	0.630	PS		

i = factor ambiental, j = acción del proyecto

Criterios básicos: M = Magnitud, E = Extensión, D = Duración,

Criterios complementarios: S = Sinergia, A = Acumulación, C = Controversia, T = Medidas de mitigación

Criterios calificadores: In = Información, Cz = Certeza, Cf = Confianza, Es = Estándares

Las clases de significancia de los impactos son las siguientes:

No significativo (NS) (0,00 a 0,24)

Poco significativo (PS) (0,25 a 0,48)

Significativo (S) (0,50 a 0,74)

Muy significativo (MS) (0,75 a 1,00)

Cuadro V.10c. Evaluación de las interacciones identificadas para la etapa de Operación y Mantenimiento.
Matriz de valoración de la significancia, importancia o intensidad de los impactos ambientales (Sij)

Etapa del proyecto: **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

IMPACTO AMBIENTAL (Interacción ij)		Criterios básicos			Criterios complementarios			Criterios calificadores				Índice básico MEDij	Índice complementario SACij	Impacto sin mitigación Iij	Significancia		
		M	E	D	S	A	C	T	In	Cz	Cf				Es	Sij	Clase de Sij
1	Cantidad del aire	5	7	9	0	0	4	3	S	S	S	0.778	0.148	0.807	0.538	S	
2	Microclima	1	5	9	0	0	0	0	N	S	N	0.556	0.000	0.556	0.556	S	
3	Microclima	1	5	9	0	0	0	0	N	S	N	0.556	0.000	0.556	0.556	S	
4	Nivel de ruido	5	5	1	0	0	0	0	N	S	S	0.407	0.000	0.407	0.407	PS	
5	Nivel de ruido	2	1	9	0	0	0	2	N	S	S	0.444	0.000	0.444	0.346	PS	
6	Cantidad del suelo	1	5	9	0	0	0	8	N	N	S	0.556	0.000	0.556	0.062	NS	
7	Cantidad del agua superficial	2	4	9	0	0	0	7	N	N	S	0.556	0.000	0.556	0.123	NS	
8	Cantidad del agua del manto freático	2	4	9	0	0	1	7	N	N	S	0.556	0.037	0.568	0.126	NS	
9	Abundancia de especies (fauna)	1	4	9	0	0	0	3	N	N	S	0.519	0.000	0.519	0.346	PS	
10	Especies en riesgo (fauna)	1	4	9	0	0	0	3	N	N	S	0.519	0.000	0.519	0.346	PS	
11	Cantidad visual intrínseca	1	7	9	0	0	0	4	N	S	N	0.630	0.000	0.630	0.350	PS	
12	Fragilidad visual	1	7	9	0	0	0	4	N	S	N	0.630	0.000	0.630	0.350	PS	
13	Densidad de población	1	7	1	0	0	0	0	N	N	S	0.333	0.000	0.333	0.333	PS	
14	Economía local (generación de empleo)	1	7	1	0	0	0	0	N	N	S	0.333	0.000	0.333	0.333	PS	
15	Demanda de servicios	1	7	1	0	0	0	0	N	S	N	0.333	0.000	0.333	0.333	PS	
16	Percepción social	2	7	9	0	0	5	3	S	S	S	0.667	0.185	0.719	0.479	PS	
17	Percepción social	1	7	9	0	0	0	3	S	N	S	0.630	0.000	0.630	0.420	PS	

i = factor ambiental, j = acción del proyecto

M = Magnitud, E = Extensión, D = Duración,

S = Sinerгия, A = Acumulación, C = Controversia, T = Medidas de mitigación

Criterios complementarios: In = Información, Cz = Certeza, Cf = Confianza, Es = Estándares

Criterios calificadores: No significativo (NS), Poco significativo (PS), Significativo (S), Muy significativo (MS)

Las clases de significancia de los impactos son las siguientes:

- No significativo (NS) (0,00 a 0,24)
- Poco significativo (PS) (0,25 a 0,49)
- Significativo (S) (0,50 a 0,74)
- Muy significativo (MS) (0,75 a 1,00)

Cuadro V.11. Matriz de significancia de las interacciones identificadas

		ACTIVIDADES Y/O ASPECTOS DEL PROYECTO																							
MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	PREPARACIÓN DEL SITIO					CONSTRUCCIÓN					OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				Σ	%							
			Apoyamiento para abandono de pozos	Retiro de infraestructura superficial	Trazo, demoliciones, nivelación y compactación	Uso de maquinaria y equipo	Generación de residuos	Excavación y cimentación	Construcción de edificios e infraestructura	Construcción de obras provisionales	Construcción de caminos	Generación de residuos	Uso de maquinaria y equipo	Emisiones a la atmósfera (humos y polvos)	Mantenimiento y/o reparación de instalaciones	Generación de aguas residuales industriales y domésticas			Emisiones a la atmósfera (gases incondensables)	Generación de energía					
FÍSICO	AIRE	Calidad del aire			0.111	0.259												0.538						1.885	
		Microclima																0.556	0.556					1.112	
		Nivel de ruido																						1.605	
		Calidad del suelo	0.111			0.333																		1.255	37.9%
BIÓTICO	VEGETACIÓN	Erosión			0.111		0.025																	0.481	
		Aprovechamiento de agua																						0.123	
		Calidad del agua superficial	0.038																					0.164	
PERCEPTUAL	PAISAJE	Calidad del agua del manto freático																						0.111	
		Cobertura vegetal			0.111																			0.0	
		Especies en riesgo																						0.025	5.0%
		Modificación del hábitat			0.025																			0.346	
SOCIOECONÓMICO	PERCEPCIÓN SOCIAL	Modificación del hábitat			0.025																			0.346	
		Especies en riesgo																						0.025	
		Calidad visual intrínseca			0.305																			1.297	15.3%
		Fragilidad visual			0.305																			1.297	
SOCIOECONÓMICO	PERCEPCIÓN SOCIAL	Densidad de población	0.347		0.347																			1.989	
		Economía local (empleo)	0.333		0.333																			1.961	41.8%
		Demanda de servicios	0.333		0.333																			1.961	
		Percepción social																						1.179	
Σ		1.162	0.0	2.006	0.592	0.025	0.111	3.203	2.246	0.259	0.058	0.926	0.370	1.406	1.003	2.273	1.322	16.962					6.004		
%		22.3%		3.78%			42.3%																	35.4%	
		0.481	Significativo	0.481	Poco significativo	0.481	No significativo	0.481	El impacto puede ser negativo o positivo																

FICHA TÉCNICA DE LA VALORACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA		Ficha - 1	
Etapa del proyecto: Operación y Mantenimiento			
Factor o elemento ambiental (i):		Calidad del aire	
Actividad, acción u obra del proyecto (j):		Emisiones a la atmósfera (de H ₂ S)	
Impacto ambiental (interrelación ij):		Las emisiones de H ₂ S a la atmósfera afectarán la calidad del aire	
CRITERIO	VALOR	JUSTIFICACIÓN DEL VALOR ASIGNADO	
MAGNITUD	5	Las mediciones de H ₂ S medidas en las casetas de monitoreo, que ya existen en el Campo Geotérmico Cerro Prieto, presentan valores por debajo del límite sugerido en el criterio ambiental de la OMS (150 µg/m ³), Ver anexo E .	
EXTENSIÓN	7	Las emisiones de gases incondensables (H ₂ S) rebasan los límites del campo geotérmico, de acuerdo con el estudio de dispersión, alcanzan una distancia aproximada de 10 km de las fuentes de emisión (anexo E)	
DURACIÓN	9	Esta acción durará la vida útil del proyecto, estimada en 25-30 años.	
SINERGIA	0	No hay otro tipo de emisiones con las que pueda combinarse y ejercer una acción sinérgica	
ACUMULACIÓN	0	No existen otras fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera en el área de estudio. Los resultados del estudio de dispersión (anexo E) demostraron que la concentración de H ₂ S en los asentamientos urbanos más cercanos al proyecto no rebasará el límite sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS). .	
CONTROVERSIA	4	Existen grupos sociales que se han quejado por la presencia de olores del H ₂ S, pero de acuerdo con el estudio de percepción social, también existe aceptación al proyecto debido a que representa una fuente de trabajo y desarrollo para la región.	
MITIGACIÓN	3	En los condensadores de contacto directo y en la torre de enfriamiento se atrapa y oxida un elevado porcentaje de H ₂ S (alrededor del 50%), dependiendo de sus condiciones de operación y del diseño.	
INFORMACIÓN	SI	Existen informes de las mediciones de H ₂ S realizadas, así como de las opiniones de grupos sociales. Además de bastante literatura al respecto.	
CERTEZA	ALTA	La probabilidad de que este impacto ambiental se presente es elevada.	
CONFIANZA	ALTA	Hay certidumbre respecto a la predicción del impacto.	
ESTÁNDARES	SI	No existen normas de referencia para la calidad del aire con respecto al H ₂ S en México, aunque sí para para este caso particular, se toma en cuenta el criterio ambiental sugerido por la OMS (150 µg/m ³).	
SIGNIFICANCIA RESULTANTE		Impacto negativo Significativo (0,538)	
ESCALA PARA EVALUAR LOS CRITERIOS	0 Nulo	4 Bajo a moderado	8 Muy alto
	1 Nulo a muy bajo	5 Moderado	9 Extremadamente alto
	2 Muy bajo	6 Moderado a alto	
	3 Bajo	7 Alto	

FICHA TÉCNICA DE LA VALORACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA		Fichas - 2-3
Etapa del proyecto: Operación y Mantenimiento		
Factor o elemento ambiental (i): Microclima		
Actividad, acción u obra del proyecto (j): Emisiones a la atmósfera y generación de energía		
Impacto ambiental (interrelación ij): La humedad y el calor extraído del subsuelo para el aprovechamiento geotérmico en la región contribuyen a la formación de un microclima dentro el campo geotérmico.		
CRITERIO	VALOR	JUSTIFICACIÓN DEL VALOR ASIGNADO
MAGNITUD	1	La afectación por este aspecto cubre menos del 10% de los recursos existentes en la región.
EXTENSIÓN	5	Se considera que esta acción es local y se presenta en el campo geotérmico y laguna de evaporación.
DURACIÓN	9	Esta acción se presenta desde los inicios del desarrollo del campo geotérmico.
SINERGIA	0	La modificación microclimática no ejerce ninguna acción sinérgica en la región
ACUMULACIÓN	0	Esta acción no es acumulativa.
CONTROVERSIA	0	A la fecha no se ha manifestado ninguna inconformidad al respecto.
MITIGACIÓN	0	No hay medida de mitigación al respecto.
INFORMACIÓN	NO	No existen informes de medición al respecto, aunque se cuentan con estaciones climatológicas cercanas al campo geotérmico, con las cuales se le podría dar seguimiento y monitoreo a parámetros de temperatura, humedad relativa y evaporación, entre otros.
CERTEZA	ALTA	La probabilidad de que este impacto ambiental se presente es elevada.
CONFIANZA	ALTA	Hay certidumbre respecto a la predicción del impacto.
ESTÁNDARES	NO	No existen normas de referencia al respecto.
SIGNIFICANCIA RESULTANTE		Impacto negativo Significativo (0,556)

FICHA TÉCNICA DE LA VALORACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA		Ficha - 4
Etapa del proyecto: Construcción		
Factor o elemento ambiental (i): Nivel de ruido		
Actividad, acción u obra del proyecto (j): Uso de maquinaria y equipo.		
Impacto ambiental (interrelación ij): La actividad constructiva de la central geotermoelectrica durará dos años, en los cuales se estará generando ruido por el uso de maquinaria pesada, vehículos automotores y equipos propios de la construcción. No obstante, el ruido que se genere no repercutirá en las localidades vecinas al campo geotérmico (Ejido Nuevo León y Ejido Hidalgo).		
CRITERIO	VALOR	JUSTIFICACIÓN DEL VALOR ASIGNADO
MAGNITUD	5	La afectación por este aspecto es menor a la establecida por las NOM-080-SEMARNAT-1994.
EXTENSIÓN	4	Se considera que esta acción es local, ya que el ruido por estas actividades no se percibe fuera del campo geotérmico.
DURACIÓN	5	La etapa constructiva del proyecto está programada para terminar en dos años.
SINERGIA	0	La generación de ruido en el sitio no ejerce ninguna acción sinérgica.
ACUMULACIÓN	0	Esta acción no es acumulativa y el impacto se presentará de manera temporal
CONTROVERSIA	0	A la fecha no se ha manifestado ninguna inconformidad al respecto.
MITIGACIÓN	0	No hay medida de mitigación al respecto.
INFORMACIÓN	SI	No existen informes de medición de ruido para la etapa constructiva de un proyecto similar, sin embargo, existen mediciones puntuales del ruido que genera algunos equipos y maquinaria que se utilizarán
CERTEZA	ALTA	La probabilidad de que este impacto ambiental se presente es elevada.
CONFIANZA	ALTA	Hay certidumbre respecto a la predicción del impacto.
ESTÁNDARES	SI	Existe la NOM-080-SEMARNAT-1994, la cual establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente de los vehículos automotores, motocicletas, triciclos motorizados en circulación y su método de medición.
SIGNIFICANCIA RESULTANTE		Impacto negativo Significativo (0,519)

FICHA TÉCNICA DE LA VALORACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA		Ficha - 5
Etapa del proyecto: Construcción		
Factor o elemento ambiental (i):	Aprovechamiento de agua	
Actividad, acción u obra del proyecto (j):	Construcción de edificios e instalación de infraestructura	
Impacto ambiental (interrelación ij):	La etapa constructiva del proyecto demandará grandes volúmenes de agua, los cuales serán obtenidos de los canales de riego de la región	
CRITERIO	VALOR	JUSTIFICACIÓN DEL VALOR ASIGNADO
MAGNITUD	1	La afectación por este aspecto cubre menos del 10% de los recursos existentes en la región.
EXTENSIÓN	7	Se considera que esta acción es regional, ya que el agua que se utilizará se obtendrá fuera de los límites del campo geotérmico.
DURACIÓN	5	La etapa constructiva del proyecto está programada para terminar en dos años.
SINERGIA	0	Aunque se trata de un valle agrícola que ejerce una presión sobre el acuífero, no se esperan efectos sinérgicos debido a que la cantidad de agua que demandará el proyecto en esta actividad es poca y la duración es corta.
ACUMULACIÓN	0	Esta acción no es acumulativa dada su escasa duración
CONTROVERSIA	0	A la fecha no se ha manifestado ninguna inconformidad al respecto.
MITIGACIÓN	0	No hay medida de mitigación al respecto.
INFORMACIÓN	SI	Se tienen estimaciones de los volúmenes de agua que se requieren para las actividades de etapa constructiva.
CERTEZA	ALTA	La probabilidad de que este impacto ambiental se presente es alta.
CONFIANZA	ALTA	Hay certidumbre respecto a la predicción del impacto.
ESTÁNDARES	NO	No existe normativa ambiental que regule el aprovechamiento de agua en la región.
SIGNIFICANCIA RESULTANTE	Negativo Poco significativo (0,481)	

FICHA TÉCNICA DE LA VALORACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA		Ficha - 6
Etapa del proyecto: Construcción		
Factor o elemento ambiental (i):	Densidad de población / Economía local (empleo) / Demanda de servicios	
Actividad, acción u obra del proyecto (j):	Construcción de la central geotermoeléctrica.	
Impacto ambiental (interrelación ij):	La construcción y operación de la central geotermoeléctrica requerirá la contratación de 361 trabajadores, de los cuales alrededor de 326 serán utilizados durante la etapa constructiva, alrededor de unos 300 trabajadores serán de origen local.	
CRITERIO	VALOR	JUSTIFICACIÓN DEL VALOR ASIGNADO
MAGNITUD	1	La afectación por este aspecto cubre menos del 10% de los recursos existentes en la región.
EXTENSIÓN	7	Se considera que esta acción es regional, ya que se contratarán trabajadores residentes de las localidades cercanas, así mismo, los trabajadores foráneos de la región demandarán servicios (hospedaje, alimentación, transporte, etc.) en las localidades donde residan.
DURACIÓN	5	La etapa constructiva es la que empleará el mayor número de empleados para el proyecto, y está programada para que dure dos años.
SINERGIA	0	La contratación de personal y la demanda de servicios no presenta efectos sinérgicos. .
ACUMULACIÓN	0	Esta acción no se considera acumulativa .
CONTROVERSIA	0	No hay controversia para estos aspectos del proyecto, por el contrario, las localidades se manifiestan positivamente por la generación de empleos, tanto directos como indirectos..
MITIGACIÓN	0	No es necesario implementar una medida de mitigación al respecto.
INFORMACIÓN	NO	No hay informes que documenten estos aspectos, aunque se espera y se sabe que estos impactos son positivos para la región, al menos para las localidades cercanas al campo geotérmico.
CERTEZA	ALTA	La probabilidad de que este impacto ambiental se presente es elevada.
CONFIANZA	ALTA	Hay certidumbre respecto a la predicción del impacto.
ESTÁNDARES	NO	No existen normas de referencia al respecto.
SIGNIFICANCIA RESULTANTE	Puede ser positivo o negativo. Poco significativo (0,481)	

FICHA TÉCNICA DE LA VALORACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SIGNIFICANCIA		Ficha - 7
Etapa del proyecto: Operación y Mantenimiento		
Factor o elemento ambiental o social (i):	Percepción social.	
Actividad, acción u obra del proyecto (j):	Generación de emisiones a la atmósfera (gases incondensables, H ₂ S)	
Impacto ambiental (interrelación ij):	La emisión de gases incondensables, principalmente del H ₂ S, han provocado reacción en algunos grupos sociales de las localidades vecinas al campo geotérmico, debido al olor molesto de dicho gas (olor a huevos podridos).	
CRITERIO	VALOR	JUSTIFICACIÓN DEL VALOR ASIGNADO
MAGNITUD	2	La afectación por este aspecto (población) cubre menos del 10% de los recursos existentes en la región
EXTENSIÓN	7	La emisiones de gases incondensables (H ₂ S) rebasan los límites del campo geotérmico; un estudio de dispersión de este gas para el campo geotérmico indica que se presentan concentraciones de 60 µg/m ³ de H ₂ S alcanza una distancia aproximada de 10 km. Este valor representa la tercera parte del límite sugerido por la OMS.
DURACIÓN	9	Las emisiones de estos gases incondensables se presentarán durante la vida útil de la central geotermoeléctrica.
SINERGIA	0	No hay otros elementos en la atmósfera en la región con los que pueda ejercer alguna sinergia.
ACUMULACIÓN	0	Estas acciones no se consideran acumulativas.
CONTROVERSIA	5	Existen quejas de algunos grupos sociales, principalmente del Ejido Nuevo León, quienes se quejan del olor del ácido sulfhídrico.
MITIGACIÓN	3	Las centrales geotérmicas de Cerro Prieto cuentan con condensadores de contacto directo y torres de enfriamiento, en los cuales se oxida el H ₂ S a sulfatos o sulfitos, reduciendo en un alto porcentaje las emisiones de este gas a la atmósfera, alrededor del 50%, dependiendo de sus condiciones de operación.
INFORMACIÓN	SI	Hay informes de diagnóstico de la percepción social de las localidades cercanas con respecto a la generación de energía en el campo geotérmico Cerro Prieto. Así mismo, hay informes que documentan los resultados del programa de monitoreo de H ₂ S en la periferia del campo geotérmico, para lo cual se tienen establecidas cinco estaciones de monitoreo del H ₂ S, de cuyos resultados se ha notificado periódicamente a la autoridad ambiental (PROFEPA-BC).
CERTEZA	ALTA	La probabilidad de que este impacto ambiental se presente es elevada.
CONFIANZA	ALTA	Hay certidumbre respecto a la predicción del impacto.
ESTÁNDARES	SI	Existen normas internacionales respecto a los límites máximos permisibles de H ₂ S, en México sólo existe la norma laboral (NOM-010-STPS-1999). Para referencia de la calidad del aire, se ha tomado el criterio ambiental propuesto por la Organización Mundial de la Salud, la cual establece como máximo permisible 150 µg/m ³ .
SIGNIFICANCIA RESULTANTE	Este impacto puede ser negativo o positivo. Poco significativo (0,479)	

Es importante señalar los impactos positivos que ha tenido la laguna de evaporación para la fauna, principalmente para las aves migratorias y el pez perrito del desierto (*Cyprinodon macularius*), que aunque el resultado de la evaluación de esta interacción fue poco significativos, la presencia de estos organismos en el área no existía. Así mismo, es conveniente mencionar que el perrito del desierto es una especie invasora de este ecosistema, ya que la laguna no es su hábitat natural, sin embargo ha encontrado en él mantener una población para una especie considerada protegida por la legislación ambiental y que la ampliación del proyecto no representa ninguna amenaza.

V.1.8. Análisis de los impactos ambientales identificados sobre los factores físicos y bióticos por etapa del proyecto

A continuación se presenta el análisis de los impactos ambientales y su significancia del Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V.

Preparación del sitio

Durante esta etapa, la cual durará unos tres meses, los factores **aire, paisaje y socioeconómico** serán los más afectados, aunque este último factor será de manera positiva debido a la generación de empleos directos e indirectos en la región. El desmonte, despalme y nivelación para la construcción de las plataformas donde serán instaladas la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V y las obras provisionales, con el consecuente uso de maquinaria y equipo, afectarán de manera puntual en algunos casos y local para otros, la calidad del aire por las emisiones a la atmósfera de humos y polvo, además de la emisión de ruido por la maquinaria que se utilice y los vehículos automotores que circulen. Este tipo de emisiones resulta ser poco significativo y de corta duración.

Respecto al paisaje, el sitio donde se construirá la central geotermoeléctrica presenta una calidad visual intrínseca baja, debido a que en su entorno y en el sitio mismo, existe una gran cantidad de infraestructura geotérmica (tuberías de conducción de vapor, silenciadores, separadores, válvula de los pozos, incluso la central geotermoeléctrica Cerro Prieto IV), así como una intensa actividad agrícola y desarrollos suburbanos; no obstante, el despalme y nivelación del terreno, así como el retiro de la infraestructura existente, impactará de alguna manera el paisaje actual. La significancia de este impacto fue evaluado como poco significativo, y para el cual existe una medida de mitigación, que es la de continuar con la reforestación en la periferia del campo geotérmico, a fin de que las localidades vecinas al campo (Ejido Nuevo León y Ejido Hidalgo) no se vean afectadas por este impacto.

Los impactos a los componentes ambientales de vegetación y fauna resultaron ser no significativos, debido a la escasez del primero en el área de estudio y a la ausencia del segundo. En el sitio donde se instalará la central existe un pequeño manchón de vegetación secundaria, el cual será desmontado. Así mismo, no se observó en este sitio ningún vertebrado terrestre que pueda ser afectado durante esta etapa.

En lo concerniente al factor socioeconómico, se espera que los impactos identificados tengan un carácter positivo, debido a la contratación de trabajadores de la región y a los empleos indirectos que éstos generen; sin embargo, es importante acotar que este impacto sólo será temporal, motivo por el cual fue calificado como poco significativo.

En lo referente a los demás factores, hidrología y suelo, poco o nada se verá afectados con las actividades de esta etapa, con excepción del suelo, el cual se verá nuevamente afectado en sus propiedades físicas (estructura, compactación, permeabilidad) debido al despalme y compactación del sitio. Hay que recordar que el sitio ya fue intervenido en años anteriores para la perforación de tres pozos geotérmicos, mismos que serán taponados de acuerdo con la NOM-004-CNA-1994.

Construcción

Las actividades constructivas del proyecto (obra civil, mecánica y eléctrica) durarán aproximadamente dos años y consistirán, en términos generales, en: construcción de la casa de

máquinas, torre de enfriamiento, instalación de infraestructura geotérmica (tubería, secadores, separadores, etc.), subestación eléctrica, pequeños tramos de líneas de subtransmisión y distribución, acondicionamiento del camino de acceso, obras provisionales y canal de descarga, entre otras menos relevantes. De acuerdo con la evaluación realizada, los factores ambientales más afectados serán nuevamente el **aire**, el **paisaje** y el **socioeconómico**, y en menor relevancia el suelo.

Los motivos de los impactos identificados para esta etapa son los mismos que los descritos para la etapa de preparación del sitio, con la única excepción, de que éstos tendrían mayor duración en la etapa constructiva; en todos los aspectos, mayor tiempo de emisiones de humos y polvo a la atmósfera, mayor duración de las emisiones de ruido por el uso de la maquinaria y equipo, mayor cantidad de personal será contratado para esta etapa y por más tiempo. Con respecto al paisaje, la construcción de una nueva central a un costado de la ya existente (Cerro Prieto IV) aumentará en cierta medida la ya afectada calidad visual.

Con relación a los demás factores ambientales, fauna, vegetación, suelo e hidrología, éstos no se verán afectados por las actividades de esta etapa del proyecto, o tendrán poca significancia.

Operación y Mantenimiento

Para esta etapa del proyecto, la cual durará de 25 a 30 años, los factores ambientales que se identificaron como los más afectados son los siguientes: **aire**, **fauna**, **hidrología**, **paisaje** y **socioeconómico**; visto este último factor desde la perspectiva de la percepción social de proyecto, y no como de generación de empleo, ya que ésta es poca en esta etapa y por lo general es requerida como mano de obra calificada en la operación de este tipo de centrales.

En esta etapa, el componente calidad del aire será el más afectado por las emisiones constantes, adicionales a las ya existentes, del ácido sulfhídrico (H_2S) a la atmósfera. Aunque las mediciones de esta gas en la periferia del campo están por debajo de los límites máximos permisibles sugeridos por la Organización Mundial de la Salud ($150 \mu g/m^3$), no dejan de ser preocupantes las quejas por el olor de los habitantes vecinos al campo geotérmico. Con respecto a los niveles de ruido, producido por la generación de la energía y la subestación eléctrica, se prevé que éstos estarán por debajo de la norma laboral vigente. Así mismo, la extracción permanente del fluido geotérmico a elevadas temperaturas, con la consecuente liberación de calor y de humedad en la atmósfera, es probable que produzcan algún cambio microclimático en la región, particularmente dentro del campo geotérmico con el incremento en la temperatura, y en sentido inverso, en el entorno de la laguna de evaporación.

En este último aspecto, la fauna, particularmente las aves, se han visto favorecidas a través del tiempo, ya que inicialmente en el sitio de la laguna de evaporación, no existía este recurso acuático, y a partir de su construcción, la abundancia y diversidad de las aves, ha ido incrementando con el paso del tiempo. Es el caso también del pez *Cyprinodon macularius* (perrito del desierto), especie en peligro de extinción de acuerdo con los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2001, cuya distribución natural es en algunos canales y efluentes del Río Colorado, y actualmente es una especie presente en la laguna de evaporación.

Con respecto al factor hidrológico, el impacto ambiental resultó ser poco significativo, por el hecho del control que existe por parte de CFE en el manejo de las aguas residuales industriales y domésticas en el campo geotérmico Cerro Prieto, lo cual impide que éstas tengan contacto con las aguas superficiales y subterráneas (manto freático) de la región. No obstante, con la finalidad de tener la certeza de que así ocurre, CFE tiene implementado un programa de monitoreo permanente del agua en varios pozos piezométricos en la periferia del campo geotérmico, cuyos resultados son manifestados anualmente a la PROFEPA-BC.

Por otra parte, las emisiones a la atmósfera producto de la operación de esta nueva central geotermoeléctrica (Cerro prieto V), se adicionarán a las ya existentes, incrementando con ello el impacto visual existente en la región. No obstante, éste fue calificado como poco significativo en función del impacto ya existente, tanto por las emisiones de todo el campo geotérmico, como por las demás actividades productivas desarrolladas en su entorno, las cuales distan de ser ecosistemas conservados con alto valor paisajístico.

Por último, es importante señalar que actualmente en el campo geotérmico se llevan a cabo varios programas tendientes a vigilar y monitorear algunos de los impactos ambientales señalados en este capítulo, y otros más para mitigar los mismos, los cuales se detallan con mayor precisión en el capítulo siguiente.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES PARA EL PROYECTO GEOTERMOELÉCTRICO CERRO PRIETO V

Con base en la identificación y evaluación de los impactos ambientales que se prevén por la construcción y operación del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V (Capítulo V), en este Capítulo se presentan las medidas, acciones y políticas a seguir para prevenir o mitigar los efectos negativos que, sobre los diversos factores ambientales, generará el proyecto durante sus diferentes etapas.

VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

Las medidas que en el presente capítulo se proponen se sustentan del análisis ambiental realizado en el capítulo IV y en la evaluación de impactos realizada en el capítulo V. Se consideran también las disposiciones establecidas en la normatividad ambiental mexicana aplicable a las acciones del proyecto. De esta manera, cada una de las medidas vertidas en el presente apartado tiene como propósito prevenir, mitigar y/o compensar las alteraciones ambientales manifestadas en el ambiente por el Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V.

Clasificación de las medidas preventivas o de mitigación

A fin de puntualizar en qué consisten cada una de las diferentes medidas adoptadas, a continuación se presenta la definición de las mismas.

Medidas de prevención. Es un conjunto de disposiciones que tienen como finalidad anticiparse a las posibles modificaciones que pudieran registrarse por la realización de una o varias actividades del proyecto, a fin de evitar el deterioro del ambiente. Entre los programas que cumplen este fin se encuentran el monitoreo de ácido sulfhídrico, monitoreo de agua y monitoreo de ruido.

Medidas de mitigación. Conjunto de acciones tendientes a reducir o disminuir los impactos ambientales adversos manifestados, aún y con la aplicación de las medidas preventivas. Por ejemplo, el impacto visual ocasionado por las emisiones a la atmósfera o por la construcción de la central geotermoeléctrica, para lo cual se propone el programa de reforestación de la periferia del campo geotérmico y programa de conservación de la fauna silvestre.

Medidas de compensación. Son aquellas actividades que pretenden retribuir o resarcir el impacto ambiental que el proyecto ocasionará y que no podrán ser ni prevenidos ni mitigados, un ejemplo de este tipo de medida es la reforestación.

Para mitigar los impactos potenciales que pueden presentarse por la construcción y operación del Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V, se formulan una serie de medidas preventivas, de mitigación y compensación, que se presentan agrupadas de acuerdo con la etapa en que se llevarán a cabo, así como de acuerdo con los factores ambientales que corresponden, según lo considerado en la caracterización del sistema ambiental (Capítulo IV).

VI.1.1. Agrupación de impactos y descripción de las medidas de mitigación

• Etapas de preparación del sitio y construcción

Calidad del aire. Se considera que en estas etapas se generarán impactos poco significativos en la calidad del aire de manera temporal, debido a la emisión de humos y polvos producto de la combustión de la maquinaria, equipo, camiones y otros vehículos automotores que operan con diesel y/o gasolina. Aunque este impacto es negativo, se puede calificar de intensidad, extensión y magnitud limitadas, de efectos reversibles, y de duración corta a media, por lo que las medidas de mitigación propuestas sólo son preventivas y de reducción.

Como medida preventiva sobre el impacto a la calidad del aire durante estas etapas, se señala que la maquinaria, equipo, camiones y otros vehículos empleados deberán observar los programas de mantenimiento vehicular, ajustándose al cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de emisiones atmosféricas:

- **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.
- **NOM-045-SEMARNAT-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.

El transporte de materiales de construcción en zonas habitadas se realizará en camiones cubiertos con lonas. La dispersión de partículas de polvo se puede reducir mojando los caminos de terracería por medio de pipas. La maquinaria y equipo deberán someterse al programa de mantenimiento recomendado por los fabricantes.

Ruido. En términos generales, el ruido durante la etapa de preparación del sitio resultará poco significativo, no obstante, en la etapa constructiva este aspecto fue calificado como significativo, particularmente por el número de vehículos, maquinaria y equipo que se requerirán, y en segundo término, por la duración de esta etapa (24 meses). Sin embargo, es conveniente señalar que el impacto no tendrá influencia en las localidades vecinas, las cuales se localizan a una distancia aproximada de 1 600 m (Ejido Hidalgo) y 1 800 m (Ejido Nuevo León) con respecto al sitio donde se construirá la central geotermoeléctrica.

Como medida preventiva sobre este impacto se propone darle mantenimiento a la maquinaria, equipo, camiones y otros vehículos, ajustándose al cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana en materia de ruido en vehículos automotores:

- **NOM-080-SEMARNAT-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.

Es importante señalar que en Mexicali no existen centros de verificación de ruido vehicular, por lo cual, CFE propone cumplir con las especificaciones de esta Norma a través del mantenimiento periódico del parque vehicular de la empresa contratista y de CFE.

Suelo. Este factor ambiental será afectado por las actividades de despalme, nivelación, compactación y excavación, modificando su estructura y permeabilidad. No obstante, es importante mencionar que el sitio donde se realizarán dichas actividades fue también modificado para la perforación de tres pozos geotérmicos, los cuales serán clausurados (taponados), por lo anterior, el impacto fue calificado como poco significativo. Así mismo, la construcción de edificios e instalación de la infraestructura, inhabilitarán cualquier otro uso del suelo en el predio. Al respecto, no se proponen medidas de mitigación sobre este impacto.

Por otra parte, y con la finalidad de evitar cualquier afectación del suelo por la generación de residuos durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se llevará a cabo un programa de control de los residuos, tanto peligrosos como no peligrosos. Con relación a los residuos peligrosos, éstos serán manejados conforme a las Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos peligrosos:

- **NOM-052-SEMARNAT-2005**, que 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**, que 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**, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052- SEMARNAT-1993.

Fauna. En el sitio del proyecto este factor es de poca relevancia, debido a que en él sólo existe un pequeño manchón de vegetación secundaria el cual puede ser utilizado como hábitat o refugio de la fauna terrestre. Por lo anterior, este impacto se calificó como no significativo; aún así, se propone llevar a cabo un programa de protección de la fauna terrestre, particularmente de las especies catalogadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2001**, específicamente de la víbora de cascabel (*Crotalus atrox*) la cual fue observada dentro del campo geotérmico.

Paisaje. El sitio donde se construirá la central geotermoeléctrica presenta una calidad visual intrínseca baja, debido a que en su entorno y en el sitio mismo, existe una gran cantidad de infraestructura geotérmica (tuberías de conducción de vapor, silenciadores, separadores, válvulas de los pozos, incluso la central geotermoeléctrica Cerro Prieto IV). Además, el área ha sido transformada por asentamientos humanos y actividades agrícolas. No obstante, como medida de mitigación se propone continuar con el programa de reforestación en la periferia del campo geotérmico.

- **Etapa de Operación y Mantenimiento**

Calidad del aire. Durante esta etapa este componente ambiental será afectado por las emisiones constantes de gases incondensables a la atmósfera, particularmente por las emisiones de ácido sulfhídrico, su olor característico a muy bajas concentraciones, así como por sus efectos tóxicos a elevadas concentraciones, modifica la calidad del aire ambiente. Aunque las mediciones de esta gas en la periferia del campo están por debajo de los límites máximos permisibles sugeridos por la Organización Mundial de la Salud ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), si se modifica la calidad del aire en el ambiente con respecto al límite del umbral del olor. Al respecto, y con la finalidad de reducir las emisiones de este gas a la atmósfera, los gases incondensables del vapor geotérmico, durante el proceso, son llevados a condensadores de contacto directo y liberados a través de la torre de enfriamiento, que al contacto con el agua y de las características químicas del condensado, parte del H_2S es atrapado y oxidado a sulfato en un elevado porcentaje (alrededor del 50% del H_2S es transformado a sulfato), dependiendo de sus condiciones de operación y del diseño. Por otra parte, y como una medida preventiva y de vigilancia, se propone continuar con el programa de medición de H_2S , el cual es descrito en el Apartado VI.3.

Microclima. Un aspecto ambiental que a menudo pasa desapercibido, es el cambio microclimático que ocurre cuando se libera energía en forma de calor por el aprovechamiento del recurso geotérmico. La extracción de vapor del subsuelo para la generación de energía, con la consiguiente liberación de emisiones a la atmósfera de vapor y gases, modificará en cierta medida las condiciones microclimáticas en el campo geotérmico. Al respecto, no se proponen (no hay) medidas de mitigación para subsanar este efecto. No obstante, se plantea dar seguimiento a las mediciones climatológicas de las estaciones cercanas al proyecto para evaluar el cambio de este aspecto ambiental, e inferir posibles consecuencias.

Ruido. Este componente ambiental, poco será impactado con las actividades de la etapa operativa. Durante el mantenimiento y/o reparación de las instalaciones, así como con la generación de energía podrá verse afectado, no obstante, por la corta duración de la primera actividad, así como por la baja intensidad de ruido durante la operación de la central, este impacto fue calificado como poco significativo. Como se mencionó anteriormente, este impacto no tendrá influencia en las localidades vecinas, Ejido Hidalgo y Ejido Nuevo León, debido a la distancia en que ellas se ubican con respecto al sitio donde se instalará la central. Al respecto, se propone continuar con el programa de monitoreo de ruido en la periferia del campo geotérmico, el cual se lleva a cabo anualmente. Adicionalmente, el programa de reforestación sobre la periferia del campo geotérmico ayudará aún más a mitigar este impacto.

Al respecto, CFE deberá observar y cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la siguiente Norma Oficial Mexicana:

- **NOM-081-SEMARNAT-1994**, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

Hidrología. En términos generales, existen riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas relacionados con la operación de la central ante un potencial derrame accidental de salmuera geotérmica (proveniente de los acuíferos profundos), así como el riesgo potencial de derrame de sustancias (aceites) hacia el suelo, que podría alcanzar las aguas subterráneas. Debido a la baja posibilidad de su ocurrencia, este impacto fue calificado como no significativo; no obstante lo anterior, y con la finalidad de tener la certeza de que las aguas residuales del campo geotérmico (salmuera) no tiene contactos con el manto freático, CFE ha llevado a cabo desde hace algunos años, y propone continuar, el programa de monitoreo de aguas de origen no geotérmico dentro y en la periferia del campo.

Paisaje. Como se señaló anteriormente, el sitio donde se construirá la central geotermoeléctrica presenta una calidad visual intrínseca baja, debido a que en su entorno y en el sitio mismo, existe una gran cantidad de infraestructura geotérmica (tuberías de conducción de vapor, silenciadores, separadores, válvulas de los pozos, incluso la central geotermoeléctrica Cerro Prieto IV) y actividades humanas. Aunado a lo anterior, las emisiones a la atmósfera contribuirán aún más a deteriorar la baja calidad visual del sitio donde se instalará la nueva central. Como medida de mitigación se propone continuar con el programa de reforestación en la periferia del campo geotérmico, a fin de evitar o disminuir el impacto visual a los habitantes de las localidades vecinas.

Aspectos socioeconómicos. Uno de los componentes de este factor social identificado como poco significativo, es la percepción social del proyecto por parte de los habitantes de algunas localidades vecinas. Se han presentado algunas quejas por un grupo de ejidatarios del Ejido Nuevo León por el mal olor del ácido sulfhídrico (H_2S) en sus comunidades, e incluso algunos atribuyen a la geotermia los problemas de salinidad en sus tierras. Al respecto, CFE ha atendido estas denuncias y con base en mediciones de este gas y estudios ha resuelto las inquietudes de los habitantes, no obstante a lo anterior, se ha detectado que en ellos existe poco conocimiento sobre el funcionamiento del campo geotérmico. Como medida preventiva para atender este aspecto, se propone realizar campañas de difusión en las localidades cercanas sobre el funcionamiento de una central geotermoeléctrica, sus residuos y sus ventajas, así como pláticas de educación ambiental, a fin de contribuir a disminuir la problemática ambiental existente en el área de estudio, descrita en el Subcapítulo IV.2.5 (Diagnóstico ambiental del Valle de Mexicali).

En el Cuadro VI.1 se agrupan los impactos identificados y se resumen las medidas preventivas y de mitigación para las diferentes etapas del proyecto.

Cuadro VI.1. Descripción de las medidas preventivas y de mitigación propuestas.

	Impacto identificado	Medida de prevención y/o mitigación
Preparación del Sitio	Factor ambiental: Atmósfera <ul style="list-style-type: none"> • Generación de humos por la combustión de vehículos y maquinaria 	Programa de mantenimiento periódico del parque vehicular y de maquinaria, a fin de dar cumplimiento a las normas NOM-041-SEMARNAT-1999, y NOM-045-SEMARNAT-1996.
	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de ruido por la operación de maquinaria y equipo 	Se mantendrán en buen estado el parque vehicular para cumplir con los límites de ruido establecidos en la NOM-080-SEMARNAT-1994. No hay centros de verificación del ruido vehicular en Mexicali.
Construcción	Factor ambiental: Atmósfera <ul style="list-style-type: none"> • Generación de humos por la combustión de vehículos y maquinaria • Emisión de ruido por la operación de maquinaria y equipo 	Programa de mantenimiento periódico del parque vehicular y de maquinaria, a fin de dar cumplimiento a las normas NOM-041-SEMARNAT-1999, y NOM-045-SEMARNAT-1996. Se mantendrá en buen estado el parque vehicular para cumplir con la NOM-080-SEMARNAT-1994.
	Factor ambiental: Suelo <ul style="list-style-type: none"> • Generación de residuos (peligrosos y no peligrosos) • Generación temporal de residuos sanitarios 	Programa de control de residuos, conforme a la normativa ambiental para el caso de los residuos peligrosos, y en sitios avalados por las autoridades locales, para los residuos no peligrosos. Instalación de letrinas portátiles; recolección y disposición conforme con la normativa ambiental aplicable.
	Factor ambiental: Paisaje <ul style="list-style-type: none"> • Calidad visual intrínseca y Capacidad de absorción visual 	Programa de reforestación. Implantar una barrera arbolada en la periferia del campo geotérmico, descrito en el Apartado VI.3.
Operación y Mantenimiento	Factor ambiental: Atmósfera <ul style="list-style-type: none"> • Emisiones a la atmósfera (gases incondensables) • Cambio microclimático • Emisión de ruido por la generación de la central y subestación eléctrica 	Programa de medición del ácido sulfhídrico (H ₂ S). Uso de condensadores de contacto directo, que permiten reducir en un 50 % aprox. la cantidad total emitida de ácido sulfhídrico. Medición de parámetros climatológicos para evaluar el cambio. Programa de monitoreo de ruido en la periferia del campo geotérmico, descrito en el Apartado VI.3.
	Factor ambiental: Suelo <ul style="list-style-type: none"> • Generación de residuos (peligrosos y no peligrosos) 	Programa de control de residuos, conforme a la normativa ambiental para el caso de los residuos peligrosos, y en sitios avalados por las autoridades locales, para la disposición de los residuos no peligrosos.
	Factor ambiental: Hidrología <ul style="list-style-type: none"> • Calidad del agua de mantos freáticos 	Programa de monitoreo de aguas naturales de origen no geotérmico, descrito en el Apartado VI.3.
	Factor ambiental: Vegetación <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura vegetal y modificación de hábitat 	Programa de reforestación. Implantar una barrera arbolada en la periferia del campo geotérmico, descrito en el Apartado VI.3.
	Factor ambiental: Fauna <ul style="list-style-type: none"> • Abundancia de especies y modificación de hábitat 	Programa de conservación de la fauna silvestre, descrito en el Apartado VI.3.
	Factor ambiental: Paisaje <ul style="list-style-type: none"> • Calidad visual intrínseca y capacidad de absorción visual 	Programa de reforestación. Implantar una barrera arbolada en la periferia del campo geotérmico.
	Factor ambiental: Socioeconómico <ul style="list-style-type: none"> • Percepción social 	Promover campañas de educación ambiental y difusión de funcionamiento del campo geotérmico en comunidades aledañas.

VI.2. NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES AL PROYECTO

Para la ejecución de este proyecto serán de observancia y aplicación obligatorias las especificaciones que se establecen en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas (Cuadro VI.2), aplicables en las diferentes etapas.

Cuadro VI.2. Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto	
Norma	Regulación
NOM-001-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (DOF-06-01-1996).
NOM-041-SEMARNAT-1999	Establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible (DOF-16-08-99).
NOM-045-SEMARNAT-1996	Establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible (DOF-22-04-1997).
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que 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 (DOF-23-06-2006).
NOM-053-SEMARNAT-1993	Que 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 (DOF-22-10-1993).
NOM-054-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993 (DOF-22-10-1993).
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 (DOF-06-03-2002).
NOM-080-SEMARNAT-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 (DOF-13-01-1995).
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición (DOF-13-01-1995).
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 (DOF-23-11-1998).
NOM-138-SEMARNAT-SS-2003	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y especificaciones para su caracterización y remediación (DOF-29-03-2005).
NOM-003-CNA-1996	Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos (DOF-03-02-1997).
NOM-004-CNA-1996	Requisitos para lo protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general (DOF-08-08-1997).

* DOF: Diario Oficial de la Federación

VI.3. PROGRAMAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

Conforme a lo establecido en el Apartado VI.1, la Residencia General de Cerro Prieto continuará con la ejecución de los siguientes programas, a fin de atender las medidas preventivas, de mitigación y/o compensación para continuar con la sustentabilidad ambiental del proyecto:

Programa de medición del ácido sulfhídrico (H₂S)

Actualmente el campo geotermoeléctrico Cerro Prieto tiene una capacidad instalada de generación de 720 MW, contando cuatro centrales: Cerro Prieto I (con 4 unidades turbogeneradores de 37,5 MW, y una más de 30 MW); Cerro Prieto II (dos unidades de 110 MW cada una), Cerro Prieto III (dos unidades de 110 MW cada una); y Cerro Prieto IV (con 4 unidades turbogeneradores, de 25 MW cada una), las cuales son accionadas mediante el suministro de vapor geotérmico.

La composición química de los gases que se extraen del subsuelo junto con el vapor geotérmico (alrededor del 3% del vapor geotérmico extraído), es alrededor del 96% de bióxido de carbono, 3,5 % de ácido sulfhídrico y 0,5 % de amoníaco y otros gases inertes; una vez que el flujo másico cede su energía al ser transformado en electricidad, pasan al condensador y mediante turbocompresores son enviados a las chimeneas instaladas en cada una de las unidades y los gases son descargados a la atmósfera.

De los gases desprendidos a la atmósfera, solamente el H₂S, tanto por su olor característico a muy bajas concentraciones como por sus efectos tóxicos a altas concentraciones, modifica la calidad del aire ambiente, razón por la cual se ha implementado un monitoreo continuo de este gas, siendo este el objetivo principal de este programa.

Tomando en cuenta el análisis estadístico de la dirección dominante del viento en las diferentes épocas del año y considerando la cercanía de los poblados aledaños a este campo geotérmico Cerro Prieto, se ubicaron las casetas de monitoreo (ver Figura VI.1), las cuales han registrado mediciones continuas a partir del año de 1998.

La ubicación de las casetas de monitoreo es la siguiente:

Ejido Nuevo León. Caseta ubicada en el lote de la Casa Ejidal.

Ejido Oaxaca. Caseta ubicada en la Escuela Secundaria Estatal No. 13 Emiliano Zapata.

Ejido Miguel Hidalgo. Caseta ubicada en el Jardín de Niños Estatal "José María Morelos y Pavón".

Ejido Delta. Caseta ubicada en el lote que pertenece a la Clínica del ISSSTE.

Ejido Michoacán de Ocampo. Caseta ubicada en el lote de la Escuela Secundaria Estatal # 58 "Hipólito Rentería".

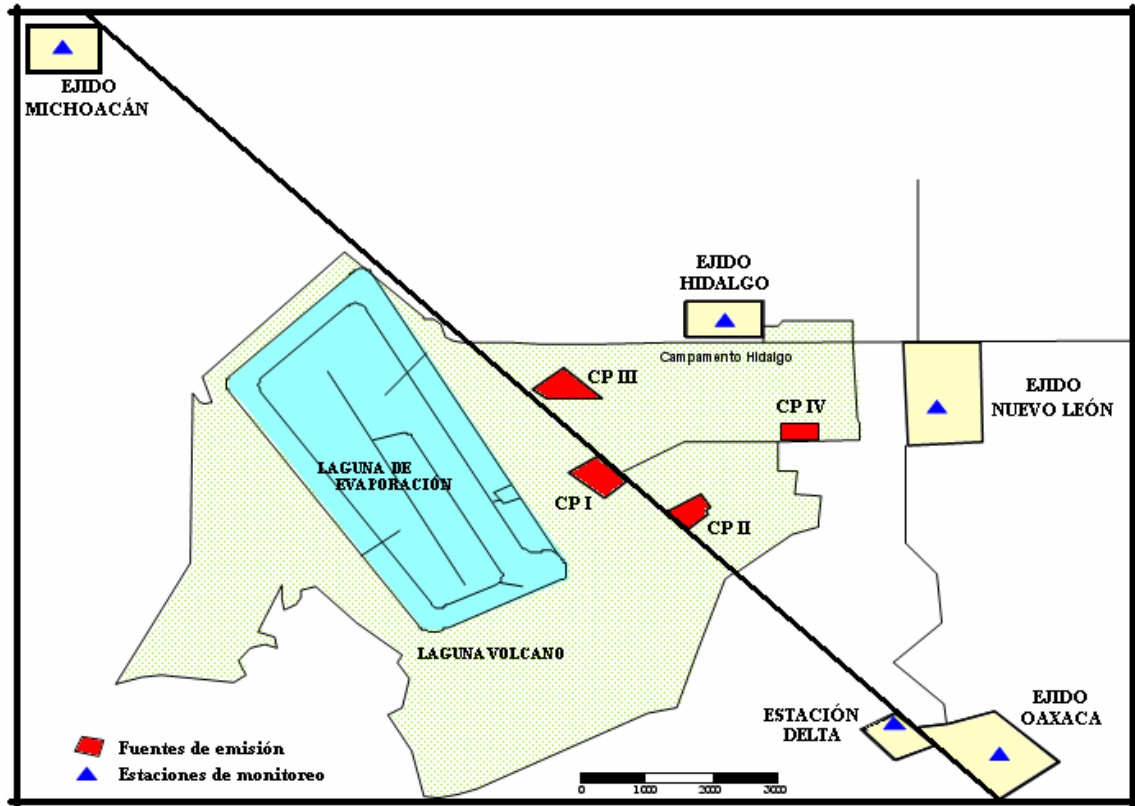


Figura VI.1. Localización de las casetas de monitoreo del H₂S.

La medición continua de la concentración de H₂S en el aire se realiza con un medidor analítico marca Arizona Instrument, modelo Jerome 631-X, con microprocesador para asegurar una respuesta lineal a través de todo el rango (de 0,001 – 50 ppm), la medición de los parámetros meteorológicos se registran en una estación electrónica, modelo Weather Monitor II, marca Davis Instrument. Estos equipos y sus accesorios integran una estación de medición. El principio de operación, las características principales de funcionamiento y las especificaciones para instalación de los equipos, así como la metodología de medición se presentaron ante la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental mediante oficio No. K5000/VAB/98/001503 de fecha Septiembre de 1998.

Programa de monitoreo de aguas naturales de origen no geotérmico

El objetivo de este programa consiste en realizar el monitoreo continuo de la calidad del agua de pozos piezométricos ubicados dentro y en la periferia cercana a la zona de explotación del campo geotérmico Cerro Prieto, a fin de prevenir y/o tener la certeza de que la salmuera extraída del yacimiento sea devuelta mediante su inyección al yacimiento geotérmico y que ésta no tenga contacto con el manto freático; su análisis contempla la determinación química de varios elementos característicos del agua residual geotérmica; los muestreos se realizan semestralmente.

El programa contempla el muestreo de 10 pozos piezométricos, dos de los cuales se ubican dentro del campo geotérmico, y los otros ocho en la periferia del campo geotérmico, como se muestra en la Figura VI.2. La periodicidad de los muestreos es semestral.

En cada muestra de agua, obtenida de los pozos piezométricos, se analizan los parámetros listados en el Cuadro VI.3; estas determinaciones analíticas fisicoquímicas de las muestras de agua se realizan en laboratorios acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), utilizando los métodos analíticos normalizados.

La metodología que se utiliza para el muestreo de los puntos seleccionados es la que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-014-1980 “Cuerpos receptores.- muestreo”.

Cuadro VI.3 Parámetros fisicoquímicos y técnicas analíticas utilizadas para el análisis fisicoquímico de pozos piezométricos alrededor del campo geotérmico Cerro Prieto, BC.			
Parámetro	Unidad	Técnica de análisis	Normativa
Temperatura	°C	Medición directa (termómetro)	NMX-AA-007-SCFI-2000
pH	-	Análisis potenciométrico	NMX-AA-008-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	Medición directa (conductímetro)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sodio (Na)	mg/l	Espectrofotométrico (Absorción atómica)	EPA 6010B
Potasio (K)	mg/l		EPA 6010B
Calcio (Ca)	mg/l		EPA 6010B
Magnesio (Mg)	mg/l		EPA 6010B
Boro (B)	mg/l		EPA 6010B
Litio (Li)	mg/l		EPA 6010B
Cloruros (Cl)	mg/l		Método argentométrico
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	Gravimétrico y turbidimétrico	NMX-AA-074-1981
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	Gravimétrico	NMX-AA-034-SCFI-2001

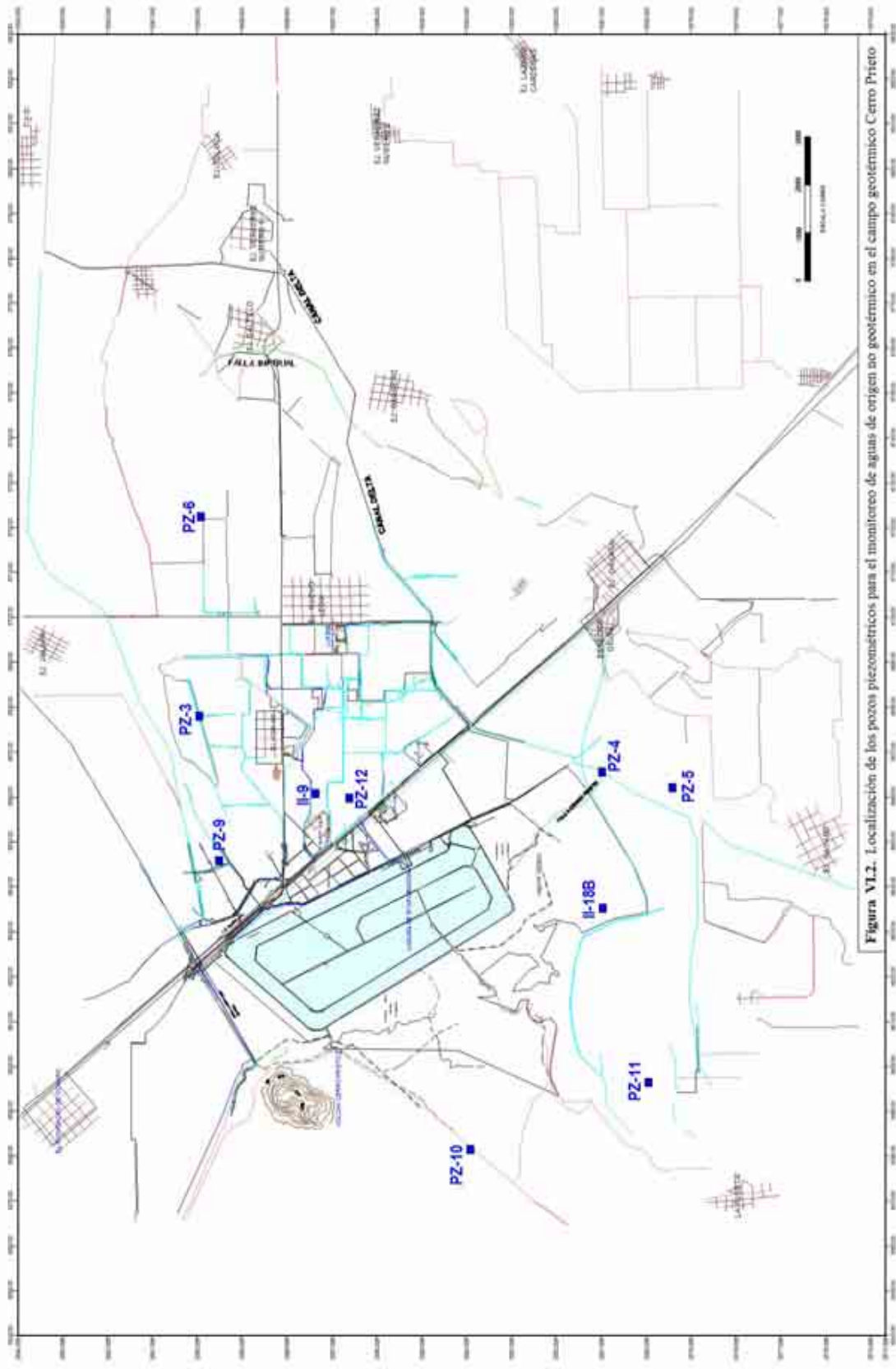


Figura VI.2. Localización de los pozos piezométricos para el monitoreo de aguas de origen no geotérmico en el campo geotérmico Cerro Prieto

Programa de reforestación

El objetivo de este programa consiste en implantar una barrera arbolada en la periferia del campo geotérmico con las siguientes finalidades:

- 1) Evitar o mitigar en lo posible el impacto visual que ocasionan las instalaciones y emisiones a la atmósfera del campo geotérmico en los habitantes de las localidades vecinas.
- 2) Reducir los niveles de ruido en las zonas críticas de la periferia del campo geotérmico.
- 3) Mejorar la calidad visual intrínseca del campo geotérmico Cerro Prieto; y
- 4) Contribuir en lo posible a la formación de cubierta vegetal para la mayor captación de bióxido de carbono y generación de oxígeno.

Para resarcir y compensar los impactos generados por las actividades del proyecto, se han venido realizando acciones de reforestación, empleando plantas de árboles proporcionadas por la CONAFOR. Así mismo, debido a las altas concentraciones de sales solubles prevaleciente en algunas áreas del campo geotérmico, principalmente en la zona suroeste del campo, donde el tipo de suelo es Solonchak, además de la gran escasez de agua pluvial en la región, se han venido realizando continuamente actividades de mantenimiento, consistente en riegos permanentes por goteo mediante un sistema de mangueras y en la restitución de las plantas reforestadas que no se adaptaron a las condiciones del suelo donde fueron transplantadas. En las Figuras VI.3 y VI.4 se pueden observar algunas actividades de mantenimiento y condiciones de la reforestación.



Figura VI.3. Reforestación realizada a un lado de la carretera que comunica el Ejido Michoacán con el Ejido Oaxaca. Obsérvese las mangueras de riego.



Figura IV.4. Aspecto de la reforestación perimetral del campo geotérmico, colindante con el Ejido Hidalgo.

Adicionalmente, la CFE cuenta con un vivero instalado en la Residencia General de Cerro Prieto, el cual tiene la finalidad de mantener en buen estado las plántulas proporcionadas por la CONAFOR previo a su plantación. Las instalaciones del vivero disponen de agua e infraestructura suficiente para el riego de las mismas, están cubiertas con malla de sombra para evitar la insolación de la plántula, además cuenta con todos los insumos necesarios y con el personal técnico capacitado. En la Figuras VI.5 y VI.6 se puede observar las instalaciones del vivero, sus características y condiciones del mismo.

Para llevar a cabo la plantación se toman en cuenta los aspectos, métodos y técnicas descritos en el manual de reforestación con especies nativas (Arriaga *et al.*, 1994).



Figura VI.5. Instalaciones del vivero en Cerro Prieto.



Figura VI.6. Aspecto interior de las instalaciones del vivero.

Programa de monitoreo de ruido en la periferia del campo geotérmico Cerro Prieto

En cumplimiento con lo establecido en el artículo 8 del Reglamento para la Protección del Ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruido y con la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, la cual establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, la Residencia General de Cerro Prieto realiza anualmente una campaña de medición de ruido en la periferia del campo geotérmico.

El objetivo de este programa es medir y determinar la energía acústica emitida por la maquinaria y equipo que se utiliza para los procesos del complejo geotermoeléctrico Cerro Prieto.

Las mediciones de este programa anual lo han realizado laboratorios acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Las evaluaciones se realizan en apego a la norma NOM-081-SEMARNAT-1994 y las mediciones de ruido se realizan en dos turnos, de las 6:00 a las 22:00 h, y de las 22:00 a las 6:00 h. A la fecha, los resultados de este programa concluyen que con respecto a los niveles de ruido registrados en las zonas críticas detectadas en la periferia del campo geotérmico, cumplen con los límites permisibles de la Norma Oficial Mexicana citada.

Programa de control de los residuos (peligrosos y no peligrosos)

Todos los residuos sólidos no peligrosos que se generen durante la obra se deberán enviar a los tiraderos o sitios de disposición final con que cuente el municipio de Mexicali, previa autorización del H. Ayuntamiento para ahí disponerlos.

Algunas de las medidas que contemplará este programa son las siguientes:

- Todos los frentes de trabajo contarán con sistemas de recolección y confinamiento de desechos sólidos y líquidos domésticos.
- La basura de tipo doméstico generada por los trabajadores deberá ser colectada al final de la jornada en bolsas de plástico para su posterior traslado a los sitios autorizados para su depósito.
- El contratista deberá clasificar e identificar los residuos que se generen durante el proceso de construcción. En caso de que se generen residuos considerados peligrosos, éstos deberán ser manejados conforme a la normativa aplicable en la materia.
- Los residuos propios de la obra como pedacería metálica, cable, madera de embalaje, cartones, etc., susceptibles de reutilizarse se enviarán al almacén de la contratista o de CFE según proceda.
- Para los residuos sanitarios, se instalarán letrinas portátiles.
- En caso de una situación de emergencia que requiera la reparación de un vehículo o maquinaria en el área de trabajo, se tomarán las medidas necesarias para evitar contaminar el suelo con aceites y grasas lubricantes. Todos los residuos que se generen en una situación de este tipo deben ser recogidos y llevados a un sitio autorizado para su depósito.

Programa de conservación y protección a la fauna silvestre

Este programa se propone como una medida preventiva y de mitigación al impacto que podría ocurrir sobre las especies faunísticas, en especial con aquellas que presentan alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001; es importante mencionar que no se propone llevar a cabo un programa de rescate de estas especies, debido a lo impráctico que éste puede resultar, dadas las características de movilidad y/o desplazamiento, así como conductuales, por lo cual sólo está enfocado a la protección de dichas especies, en especial para las especies señaladas en el Cuadro VI.4.

Algunas de las medidas a realizar previo al desmonte del pequeño manchón de vegetación secundaria se buscará nidos o guaridas de la fauna silvestre, en cuyo caso se reubicarán o ahuyentará a los animales que los ocupen. Así mismo, se supervisará que el personal de construcción no cometa actos que deterioren el ambiente de la zona, tales como la caza o captura de fauna silvestre, sobre todo de aquellas que estén catalogadas en riesgo. Al respecto, se responsabilizará al contratista de cualquier ilícito en el que incurran sus trabajadores.

Cuadro VI.4. Especies y subespecies de fauna en riesgo registradas para el área del estudio del proyecto Cerro Prieto V.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	ESTADO DE CONSERVACIÓN
AVES		
<i>Anas platyrhynchos diaza</i> (1)	Pato mexicano	A*
<i>Buteo regalis</i>	Aguililla real	Pr
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión mexicano	P
<i>Egretta rufescens</i> (2)	Garza rojiza, garza piquirrota	Pr
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Pr
<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Águila calva, águila cabeza blanca	P
<i>Larus heermanni</i>	Gaviota ploma	Pr
<i>Larus livens</i>	Gaviota patas amarillas	Pr
<i>Phaethon aethereus</i>	Rabijunco de pico rojo	A
<i>Rallus longirostris levipes</i> (2)	Palmoteador	P*
<i>Rallus longirostris yumanensis</i> (2)	Palmoteador de Yuma	A
<i>Sterna antillarum</i>	Charran mínimo	Pr
<i>Sterna elegans</i>	Golondrina marina elegante	Pr
REPTILES		
<i>Crotalus atrox</i>	Víbora de cascabel	Pr
PECES		
<i>Cyprinodon macularius</i>	Pez perrito del desierto	P

(P) Peligro de extinción; (A) Amenazadas; (Pr) Protección especial; (*) Endémicas para la República Mexicana.
(1) el estado de conservación es para la subespecie; (2) no fueron observadas en el área de estudio.

Programa de limpieza del sitio

Este programa se llevará a cabo conforme al desarrollo constructivo del proyecto geotermoeléctrico Cerro Prieto V, en los diferentes frentes y etapas de trabajo, y consistirá en recoger todos los residuos que se generen durante la etapa constructiva, como lo son: madera, plásticos, pedacería metálica, cartones, residuos de mezcla de concreto, etc. Este programa se realizará inmediatamente después de que se concluyan las etapas constructivas de las unidades y demás obras provisionales del proyecto.

VI.4 IMPACTOS RESIDUALES

Con la aplicación de las medidas propuestas, será posible evitar y reducir algunos de los impactos ambientales que ocasionarán las obras motivo de esta manifestación de impacto ambiental, sin embargo, a pesar de su instrumentación, se esperan algunos impactos residuales, los cuales consistirán básicamente en las emisiones a la atmósfera de gases incondensables, derivadas de la actividad de generación, que aunque tienen medidas de mitigación, éstas no son del todo 100% suficientes.

Considerando la experiencia de más de cuarenta años de la CFE en el área, se espera que estos impactos residuales sean de muy baja intensidad y que el ambiente en general de la zona tenga una alta capacidad de amortiguamiento de dichos impactos. De cualquier manera, tanto las labores de monitoreo del ambiente (mediciones de H₂S, monitoreo del agua y ruido, entre otras) permitirán la detección y aplicación efectiva de las medidas correctivas y compensatorias que sean necesario aplicar por parte del personal especializado de protección ambiental con que se cuenta en el campo geotérmico y bajo la supervisión de las autoridades ambientales correspondientes.

VII PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El delta del río Colorado, incluyendo el Valle de Mexicali, consistía en más de 781 060 ha cubiertas por vastos humedales riparios de agua dulce, agua salobre y de mareas, que sustentaban una riqueza de plantas, aves y vida marina; como parte de sus ecosistemas originales presentaba vegetación muy densa, compuesta por sauces, álamos, mezquites y plantas anuales, y en el río, los Cucapá capturaban diversas especies como charales del desierto, lisas y matalotes jorobados que venían río arriba con la marea (Minckley, 1973). Hoy en día, las condiciones han cambiado, la construcción de la presa Morelos en la parte alta del delta y la desviación de los afluentes de agua del río Colorado, han reducido el delta a un sistema remanente de pequeños humedales y planicies lodosas; según Carriquiry y Sánchez (1999) en 1935 el flujo era de casi 500 m³ por segundo.

Con la sequía progresiva del delta, los Cucapá están sufriendo no sólo la desaparición de su antigua forma de vida, sino la desaparición de todo ecosistema con el cual estuvieron en armonía por casi 2000 años (SEMARNAP-INE, 1995). Actualmente, este grupo indígena ha abandonado la agricultura, los peces que capturaban están casi extintos, así como los animales que cazaban con trampas, arcos y flechas (Ferman-Almada *et al.*, 2005).

No obstante lo anterior, el Valle de Mexicali con alrededor de 207 000 ha de riego es actualmente una importante zona agrícola productora a nivel nacional, no sólo por el tamaño de sus cosechas sino también por la variedad y calidad de sus productos agrícolas. Si bien el futuro de la agricultura en esta zona no puede ser visto como incierto, si puede verse modificado en función de la problemática ambiental que actualmente está enfrentando; como lo es el constante ensalitramiento de los terrenos por la concentración de sales en el agua de la presa Morelos, así como del agua extraída por bombeo a través de una gran batería de pozos distribuidos en el valle; al margen de lo anterior, otro problema grave en el Valle de Mexicali es la contaminación originada por la aplicación de agroquímicos, los cuales son utilizados en grandes volúmenes. Estos dos aspectos y otros más se describen con mayor detalle en el subcapítulo IV.2.5, correspondiente al diagnóstico ambiental del área de estudio.

Partiendo de lo anterior, y tomando en cuenta los impactos ambientales adversos identificados y evaluados en el capítulo V, las medidas de mitigación propuestas en el capítulo VI, así como el escenario actual del campo geotérmico, en el que se tienen 166 pozos geotérmicos productores con una capacidad de 6 070 t/h de vapor, y cuatro centrales geotermoeléctricas, construidas algunas de ellas desde la década de los años setentas, se realizó el análisis del posible escenario ambiental previsto por la construcción y operación de la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V.

Al respecto, es importante señalar que en el área de estudio del proyecto se pueden definir, en términos generales, cinco unidades ambientales: la primera, definida por las actividades agrícolas y pecuarias en el Valle de Mexicali; la segunda, conformada por los límites del campo geotérmico Cerro Prieto; la tercera, integrada por los manchones de vegetación constituida por matorral desértico micrófilo sobre suelos aluviales, que en algunos se encuentra muy perturbado por vegetación secundaria, constituyendo ramblas; la cuarta, definida por áreas de vegetación halófila desarrollada sobre saladares; la quinta, constituida por una pequeña área con sustrato basáltico, el volcán Cerro Prieto; y la última, integrada por un sistema lagunar, constituido por la laguna de evaporación, en donde se encuentra una gran variedad de especies de aves y en sus alrededores se desarrolla una vegetación monoespecífica, con *Allenrolfea occidentalis*.

Con excepción de la cuarta unidad ambiental, todas las demás unidades presentan un grado de perturbación importante, tomando en cuenta las diversas actividades antropogénicas que en ellas se desarrollan, como son la agricultura, la ganadería, el aprovechamiento del vapor en la zona geotérmica y la explotación de bancos de rocas basálticas, entre otras, las cuales ejercen presión sobre los componentes ambientales existentes.

El presente proyecto se encuentra inserto dentro de la segunda unidad ambiental aquí definida y sus obras y actividades no tendrán incidencia ambiental sobre las demás, con excepción tal vez, de la influencia de las emisiones de ácido sulfhídrico (H_2S) sobre la atmósfera, que si bien no representan un impacto ambiental significativo, es importante evaluar permanentemente la calidad del aire en el área de influencia del proyecto

VII.1 PRONÓSTICO DEL ESCENARIO

Con base en las premisas anteriores, las obras principales y asociadas con la construcción, operación y mantenimiento de la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V se desarrollarán sobre un área actualmente alterada, desprovista de vegetación, con excepción de un pequeño manchón conformado básicamente por algunos ejemplares dispersos de pino salado (*Tamarix ramosissima*), huizapol (*Ambrosia dumosa*), cachanilla (*Pluchea sericea*) y tule (*Typha latifolia*), como se podrá observar en el Anexo B (Anexo fotográfico) del Capítulo VIII, superficie que ha sido utilizada como plataformas para la perforación de tres pozos geotérmicos, actualmente con baja producción de vapor geotérmico.

En este sentido, la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V, que constituye una ampliación de la capacidad actualmente instalada en el campo geotérmico, de 720 a 820 MW, se inserta en un entorno ambiental bastante modificado y tomando en consideración la problemática ambiental descrita en capítulos anteriores para el Valle de Mexicali, se puede inferir que con o sin el proyecto de ampliación, las tendencias actuales no se modificarán.

En otras palabras, con la ejecución o sin el desarrollo del proyecto, muchas de las actividades que contribuyen a la problemática ambiental del Valle de Mexicali, seguirán presentándose. Por ejemplo, la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos (plaguicidas, insecticidas) en los cultivos que se encuentran en la región, utilizados para contrarrestar las plagas en el valle agrícola, y que algunos de los cuales ya han sido prohibidos o severamente restringidos en Estados Unidos y otros países, son importantes fuentes de contaminación del agua por descargas agrícolas en drenes, canales y el Río Colorado, sobre el suelo, la vegetación y la salud humana. Además, el problema de la salinización o ensalitramiento de algunas áreas en el valle por exceso de sales solubles en el agua de riego continuará presentándose.

Los impactos más relevantes identificados por la operación de esta central geotermoeléctrica son los relacionados con la emisión a la atmósfera de una serie de gases incondensables, que aunque constituyen una fracción muy pequeña de vapor que se emite a la atmósfera (alrededor del 3% del vapor geotérmico emitido corresponden a estos gases), constituidos en mayor proporción por bióxido de carbono (alrededor del 96%) por ácido sulfhídrico (3,5%), y el porcentaje restante amoníaco (NH_3), metano (CH_4) y algunos gases inertes. De hecho, este tipo de gases escapan naturalmente a la atmósfera en el área de estudio, aunque en cantidades mínimas a través de fumarolas.

No se prevé que las concentraciones de estos gases impliquen riesgos para la salud humana o para los ecosistemas, en función de que en el área existen las condiciones favorables para permitir una adecuada dispersión atmosférica. Desde mediados de la década de los ochentas, la CFE ha llevado a cabo un programa de monitoreo permanente del ácido sulfhídrico (H_2S), cuyos resultados han sido reportados semestralmente a la Delegación de la PROFEPA en el estado de Baja California, y han registrado mediciones dentro de los límites establecidos para este gas en la normativa internacional. Es importante señalar que en México no existe una normativa que regule o establezca los límites máximos permisibles del H_2S , en consecuencia, se ha tomado como referencia la establecida por la Organización Mundial de Salud (2003)¹, y cuyo valor máximo es de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio en 24 horas.

Así mismo, la experiencia adquirida por CFE en éste y en otros campos geotérmicos, con respecto a la afectación sobre los ecosistemas por las emisiones de H_2S a la atmósfera, señala que este proyecto no ocasionará impacto sobre las áreas agrícolas o pecuarias circundantes; de hecho, en más de 40 años de aprovechamiento geotérmico en Cerro Prieto no se han manifestado sus posibles efectos en el entorno, lo que refuerza la afirmación de que hay buenas condiciones para la dispersión atmosférica; de cualquier manera, CFE continuará realizando el monitoreo del H_2S .

Por otra parte, CFE ha mantenido un programa de reforestación con el objetivo primordial de contrarrestar el impacto visual en las localidades cercanas al campo geotérmico. Las medidas de

¹ Documento 53 de la Evaluación Concisa de Química Ambiental.

Sulfuro de Hidrógeno: Aspectos en la salud humana. Organización Mundial de la salud. Geneva, 2003.

mitigación, prevención y compensación señaladas en el Capítulo VI, pretenden mantener la funcionalidad de las unidades ambientales existentes en el área, por lo tanto, se espera que con la incorporación de estas medidas se conserven las pocas áreas de vegetación existentes, que a la vez sirven como refugio y alimentación para la fauna, reduciendo el riesgo de eliminación o migración de estas especies a otros sitios.

La implementación adecuada de las medidas propuestas permitirá que el proyecto no se sume a las múltiples afectaciones existentes en la zona. Estas medidas también buscan evitar que se presente una contingencia ambiental, como la que representaría, por ejemplo, la contaminación del suelo o del agua superficial por el fluido separado del vapor geotérmico o salmuera.

En general, desde el punto de vista de económico y de desarrollo, el proyecto contribuirá a satisfacer la demanda de energía en el sector noroeste del país, de un sistema eléctrico que no está interconectado con el sistema eléctrico nacional, lo que hace imperante su desarrollo para garantizar el abastecimiento de energía eléctrica en el corto y mediano plazo, incentivando con ello la generación de energía con una fuente alternativa, no convencional, para el desarrollo económico regional y la creación de nuevas fuentes de trabajo.

Socialmente, la ejecución del proyecto beneficiará de manera temporal a las poblaciones cercanas al proyecto, ya que se considera que durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se requerirá de un porcentaje importante de mano de obra no calificada que se podrá contratar en la región del Valle de Mexicali.

VII.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Puesto que este proyecto se plantea como una fase de ampliación del campo geotérmico Cerro Prieto, actualmente en operación, y que además existe la posibilidad de que a mediano y largo plazo se continúe con el desarrollo del campo geotérmico con nueva infraestructura, se recomienda implementar un programa de vigilancia ambiental.

En términos generales, un programa de vigilancia ambiental debe incluir elementos relacionados con el medio físico (aire, agua, suelo y ruido), rasgos biológicos (flora, fauna y hábitat), recursos visuales, aspectos sociales y la salud humana. Los elementos clave se seleccionarán en función del tipo de proyecto, situación ambiental, impactos posibles identificados y objetivo de la vigilancia (Canter, 1998).

Para el caso específico de las emisiones a la atmósfera por generación de energía geotérmica en México, no se encuentran reguladas por normas oficiales o de otro tipo, pero sí representan volúmenes importantes de bióxido de carbono (CO₂), ácido sulfhídrico (H₂S) y metano (CH₄), por lo que se recomienda continuar con el monitoreo de calidad del aire que se ha llevado a cabo hasta ahora en el campo geotérmico Cerro Prieto.

Para el proyecto geotermoeléctrico, se mencionan los lineamientos generales que deberá contener el Programa de Vigilancia, con el cual se asegurará que las medidas de mitigación, preventivas y correctivas sean llevadas a cabo de acuerdo con las medidas propuestas en el capítulo VI de este documento, con el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable al proyecto (NOMs, Leyes, Reglamentos, Acuerdos), así como con las especificaciones ambientales establecidas en las bases de la licitación del proyecto y con los términos y condicionantes que se establezcan en la resolución en materia de impacto ambiental que se emita para el presenta proyecto.

Dentro de los objetivos particulares que deben incluirse en el programa se tienen los siguientes:

- Verificar el cumplimiento de las medidas de mitigación establecidas en la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto, el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable en las diferentes etapas del mismo y las medidas condicionadas por la resolución ambiental que se emitan al respecto.
- Minimizar las afectaciones al ambiente.
- Proporcionar información y aviso inmediato cuando un impacto determinado se acerca a un nivel crítico para la aplicación de las medidas correctivas que apliquen.

Este programa de vigilancia deberá poner en práctica, alcanzar, revisar y mantener actualizada la información ambiental en la etapa de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto; con el fin de asegurar el cumplimiento de las condicionantes establecidas, de ser procedente el proyecto, en el Resolutivo Ambiental correspondiente y en la legislación y normatividad aplicable al proyecto y que éste sea considerado ambientalmente satisfactorio.

Un punto importante para el funcionamiento adecuado del Programa de Vigilancia, es tener mecanismos de control que permitan verificar el cumplimiento de las condicionantes, medidas de mitigación y normatividad ambiental. En este sentido, el Programa de Vigilancia debe contemplar la elaboración de una tabla de cumplimiento y control ambiental, a partir de la información de la MIA y, de ser el caso, del Resolutivo de la DGIRA para la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V, así como las acciones a realizar para cumplir con cada una de las medidas propuestas; ésta se elabora en función de las actividades que se realizarán, la etapa del proyecto en que se debe llevar a cabo la actividad, la frecuencia de realización de la actividad, la normatividad aplicable y la evidencia que deberá presentarse. Para lo anterior, en el Cuadro VII.1 se resumen los programas propuestos en el Capítulo VI, así como la periodicidad de los mismos, los cuales deberán ser supervisados por personal calificado de la CFE durante las diferentes etapas del proyecto

Cuadro VII.1
Programa de vigilancia ambiental para la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V, B.C.

Actividad	Periodicidad
1) Programa de medición del ácido sulfhídrico (H₂S) <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo del H₂S en las localidades cercanas al campo geotérmico 	Actividad permanente (informes semestrales).
2) Programa de monitoreo de aguas naturales de origen no geotérmico <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de pozos piezométricos dentro y en la periferia del campo geotérmico 	Actividad permanente (informes semestrales).
3) Programa de reforestación <ul style="list-style-type: none"> • Reforestación de áreas perimetrales del campo geotérmico • Mantenimiento de la reforestación (riego, etc.) 	Actividad permanente (informes anuales).
4) Programa de monitoreo de ruido en la periferia del campo geotérmico Cerro Prieto <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de ruido en los límites del campo geotérmico 	Actividad permanente (informes anuales).
5) Programa de control de los residuos (peligrosos y no peligrosos) <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de residuos no peligrosos • Manejo de residuos peligrosos 	Actividad permanente durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento (informes anuales a través de la Cédula de Operación Anual –COA–).
6) Programa de conservación y protección a la fauna silvestre <ul style="list-style-type: none"> • Acciones previo al desmonte del manchón de vegetación en el sitio 	Actividad temporal (durante la etapa de preparación del sitio)
7) Programa de limpieza del sitio	Actividad que se realizará cuando terminen las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto.
8) Cumplimiento de la normativa ambiental aplicable al proyecto (Leyes, Reglamentos y NOMs)	Actividad permanente durante la vida útil del proyecto.
9) Medidas de mitigación específicas para los impactos adversos identificados en cada una de las etapas del proyecto (descritas en Capítulo VI).	Actividades con duración diversa, dependiendo de las medidas de mitigación propuestas y de las etapas del proyecto.
10) Cumplimiento de términos y condicionantes del resolutivo ambiental	Actividad permanente (la periodicidad de los informes estará sujeta a los plazos que se establezcan en el resolutivo ambiental).

VII.2.1 Indicadores ambientales

La medición de variables de los parámetros o componentes ambientales de un ecosistema tienen como característica presentar un rango de comportamiento en función de sus propiedades intrínsecas, o en función de las presiones ejercidas por las actividades humanas.

Estos factores y parámetros ambientales medibles son conocidos con el nombre de indicadores ambientales. Los indicadores ambientales son parámetros que proporcionan información sobre el estado actual de los ecosistemas, así como patrones de tendencias (cambios) en el estado ambiente, en las actividades humanas que afectan o están afectadas por el ambiente, o sobre las relaciones entre tales variables. En este sentido, los indicadores se pueden utilizar para varios propósitos: para evaluar el seguimiento y monitoreo ambiental; analizar e interpretar el impacto ambiental inicialmente identificado en el estudio ambiental; realizar diagnósticos de un componente o factor ambiental; entre otros más.

Existen varios tipos de indicadores ambientales, algunos de ellos son:

- a) **Indicadores climáticos**, son variables de las condiciones atmosféricas en cuanto a composición y presencia de ciertos elementos contaminantes, o modificaciones meteorológicas. Ejemplos: calidad del aire, variación de niveles de ruido, emisiones de H_2S , temperatura, humedad relativa, etc.
- b) **Indicadores hídricos**, los cuales caracterizan el ecosistema afectado a través de variables físico-químicas y sus variaciones temporales. Ejemplos: calidad del agua, medición de algún parámetro específico (pH, conductividad, salinidad, B, etc.).
- c) **Bioindicadores** o **indicadores bióticos**, los cuales tipifican la biota del ecosistema afectado mediante la observación de cambios estructurales en tiempo y en el espacio, y evalúan la vulnerabilidad del sistema mediante la tolerancia de las especies a las fluctuaciones naturales u ocasionadas por el proyecto (resistencia), y su capacidad de recolonización (elasticidad). Ejemplos: riqueza de especies, abundancia relativa; especies en riesgo, biodiversidad, etc.
- d) **Indicadores sociales**, son variables que evalúan los cambios en una localidad, desde el punto de vista demográfico, económico, perceptivo y/o cultural. Ejemplos: población, crecimiento económico, marginación, valores culturales, salud, etc.
- e) Entre otros más (indicadores geológicos, edafológicos, paisajísticos, etc.).

De igual manera, con los indicadores ambientales se pueden formular índices ambientales, los cuales son una categorización numérica o descriptiva de una gran cantidad de información ambiental, con el propósito de simplificar una serie de datos y evaluar una condición ambiental. En este sentido, un índice ambiental es un número simple, derivado de la manipulación matemática de un grupo de valores de indicadores definidos con relación a un estándar o valor deseable, y que frecuentemente se utiliza como herramienta de apoyo en la evaluación y seguimiento de algún impacto ambiental. Ejemplos de ellos son varios, entre ellos: índices de calidad de aire, del agua, de erosión, de diversidad, etc.

Para el caso específico del proyecto geotermoelectrico Cerro Prieto Prieto V se proponen algunos indicadores e índices ambientales (Cuadro VII.2), derivados de los programas propuestos en el Cuadro VII.1.

Cuadro VII.2. Indicadores e índices ambientales propuestos para el programa de vigilancia ambiental	
Programa	Indicador / Índice ambiental
Programa de medición del H ₂ S	Indicador ambiental: Medición del H ₂ S Índice ambiental: Calidad del aire (ICAire-H ₂ S)* Estándar: Criterio de la OMS(150 µg/m ³) <ul style="list-style-type: none"> • ICAire-H₂S = Medición del H₂S/Criterio de la OMS Escala: < 1 Buena calidad del aire = 1 Límite de concentración aceptable (umbral de olor) > 1 Mala calidad del aire * únicamente con respecto al ácido sulfhídrico.
Programa de monitoreo de ruido	Indicador ambiental: Niveles de ruido (dB) Índice ambiental: Calidad del ruido (ICRuido) Estándar: NOM-081-SEMARNAT-1994 <ul style="list-style-type: none"> • ICRuido = Nivel ruido medido/Límite ruido normado Escala: < 1 Cumplimiento de la NOM-081 = 1 Límite de ruido aceptable > 1 Incumplimiento de la NOM-081
Programa de control de los residuos	Indicador ambiental: Volumen de residuos peligrosos generados <ul style="list-style-type: none"> a) Sólidos b) Líquidos 100 % de disposición adecuada (bitácoras, actas de entrega recepción)
Programa de reforestación	Indicador ambiental: número de individuos plantados. Índice ambiental: % de sobrevivencia (%S) $\%S = (\text{No. Ind. vivos} / \text{No. Ind. Plantados}) * 100$ Escala: < 40% Baja eficiencia de la medida de mitigación (bajo porcentaje de sobrevivencia) 40-60% Aceptable eficiencia de la medida de mitigación (aceptable porcentaje de supervivencia) > 60% Buena medida de mitigación (% de supervivencia ideal o deseable)
Programa de protección a la fauna silvestre	Indicadores ambientales: Riqueza de especies, abundancia relativa (aves)* * medible anualmente.

En general, los indicadores e índices ambientales propuestos nos ayudarán a contestar las siguientes cuatro preguntas básicas, concatenadas entre sí:

1. ¿Qué está pasando en el medio ambiente? (condiciones y tendencias)

2. ¿Por qué está pasando? (causas o eslabones entre las influencias del proyecto y los procesos naturales medidos)
3. ¿Por qué es importante? (efectos ecológicos, económicos, sobre la salud)
4. ¿Qué se está haciendo para contrarrestar el cambio? (medidas de prevención o mitigación)

CONCLUSIONES

La experiencia adquirida por la CFE en la exploración de los yacimientos geotérmicos nacionales, para su posterior explotación comercial mediante la instalación de centrales geotermoeléctricas, empleando el recurso energético del subsuelo, ha demostrado que este tipo de generación eléctrica es factible y confiable, pudiéndose obtener en promedio altos factores de planta (FP 0,90)² con un bajo impacto ambiental, por lo cual, este proyecto presenta una gran relevancia, dado el impulso que se le dará a la explotación de los recursos naturales del subsuelo, que implica la sustitución de energía generada con base en combustibles fósiles por energía geotérmica, con la consiguiente reducción de grandes volúmenes de gases de combustión como CO₂, NO_x, SO_x y partículas suspendidas emitidas a la atmósfera, así como reducciones en volúmenes de agua de repuesto a los ciclos de vapor y de enfriamiento, descarga superficial de aguas residuales y en la generación de residuos peligrosos, inherentes a las centrales termoeléctricas convencionales que utilizan hidrocarburos.

A través de varios años de medición de la concentración de ácido sulfhídrico (H₂S) en el aire ambiente, dentro y en las inmediaciones del campo geotérmico Cerro Prieto, se ha observado que los valores promedio diario más altos para la zona de influencia han sido del orden de centésimas de partes por millón (decenas de partes por billón). Ahora bien, para determinar qué impactos traen asociados estas concentraciones, es conveniente señalar que la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece en 150 µg/m³ (107 ppb), el límite máximo permisible de la concentración de H₂S en el aire por un período de 24 horas. De acuerdo con este límite, la consecuencia en la salud humana por la exposición a concentraciones superiores a este valor es la irritación de ojos.

Así mismo, la OMS indica que para evitar el olor característico del H₂S (olor a huevos podridos) se requiere que la concentración de este gas en el aire no exceda a 7 µg/m³ (5 ppb) en periodos de 30 minutos. En relación con los valores referidos, se determina que la concentración de H₂S en el aire dentro del área de influencia del campo geotérmico Cerro Prieto se encuentra dentro del rango del umbral del olor y por debajo del límite permisible para que no haya efectos fisiológicos en el humano.

De acuerdo con las estimaciones de la CFE, se considera que el margen de reserva operativo para la generación y suministro de energía eléctrica del país, se encuentra en un valor inferior al mínimo establecido para garantizar la seguridad del sistema eléctrico. Sin embargo, el crecimiento medio anual en la demanda de energía eléctrica es cercano al 5,5%, y la CFE estima que deberá proporcionar el servicio a más de 850 mil nuevos clientes anualmente. En el

² **Factor de planta**, mide el grado de utilización de la capacidad de una central eléctrica. Es el resultado de dividir la energía producida entre la máxima teórica posible en un lapso de tiempo.

Programa de Obras e inversiones del Sector Eléctrico (POISE) 2002-2011, se establece que para cubrir dichos requerimientos en el año 2011 deberán construirse 61 nuevos proyectos eléctricos, que representarán una capacidad de generación de aproximadamente 28 860 MW.

La central geotermoeléctrica Cerro Prieto V, contribuirá a la generación de energía eléctrica en la región norte de Baja California, en el corto y mediano plazo. El proyecto es relevante por tratarse de una generación de carga base, con alta confiabilidad por los factores de planta que se manejan en estas unidades (FP 0,9) lo que ayudará a este propósito.

Se estima que con la instalación de 100 MW adicionales en este campo geotérmico se generarán del orden de los 800 GWh anuales, lo que equivale a evitar el consumo de aproximadamente 1,54 millones de barriles de combustible nacional al año.

Como se mencionó en capítulos anteriores, el campo geotérmico cuenta con una importante infraestructura que será aprovechada en su totalidad para continuar con este proyecto de ampliación. Se cuenta con caminos de acceso, una red de vaporductos, canales para la descarga de las aguas geotérmicas residuales para su evaporación y/o inyección y de conducción de energía, 166 pozos geotérmicos, líneas de transmisión (161 kV), además de las cuatro centrales en operación y demás obras (almacenes, oficinas, talleres), permitirá reducir en gran medida la incidencia de impactos ambientales significativos, que generalmente se ocasionan durante la exploración de un nuevo campo geotérmico, por la apertura de caminos de acceso y construcción de nueva infraestructura. Para la central geotermoeléctrica Cerro Prieto V, no se requiere mejorar o ampliar los caminos de acceso existentes, ya que éstos se encuentran en buenas condiciones para su circulación; de igual manera, las áreas ocupadas por las plataforma de los pozos, no requerirán de obras complementarias ni de ocupar o afectar superficies adicionales.

De acuerdo con el listado florístico (Anexo C del capítulo VIII), dentro del campo geotérmico Cerro Prieto no se encuentra ninguna especie incluida en Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Sin embargo, dentro del área de estudio definida para el proyecto (el Valle de Mexicali), al este del campo geotérmico se observó *Olneya tesota* (palo fierro), especie sujeta a protección especial, de acuerdo con el listado florístico de la Norma referida; así mismo, dentro del valle se encuentra reportada *Lophocereus schottii* (garambuyo o senita), especie también sujeta a protección especial, aunque no fue observada durante los recorridos y muestreos realizados. Con respecto a la fauna de la región, se registraron un total de 109 especies de vertebrados, considerando los muestreos realizados durante los trabajos de campo en noviembre de 2006 y del estudio de la fauna acuática realizado en febrero-marzo de 1994 (Gutiérrez *et al.* 1994); así como los trabajos realizados por De León (2007) y Molina y Garret (2001) en el campo geotérmico Cerro Prieto; del total de estas especies, 91 correspondieron a las aves, siete a mamíferos, siete a reptiles y cuatro peces; asimismo, de dicho total, 15 especies (13 especies de aves, una especie de reptil y un pez) se encuentran en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Es conveniente mencionar que el Valle de Mexicali es una zona alterada desde hace mucho tiempo, y que la alta incidencia de fauna en el sitio se debe principalmente a la presencia de la

laguna de evaporación, que ha actuado desde entonces como un refugio para las aves, principalmente migratorias.

Desde una perspectiva socioeconómica el proyecto presentará beneficios directos a corto plazo en las comunidades cercanas provocadas por la derrama económica local. Ambientalmente, se considera que las afectaciones más importantes por la inserción del proyecto, no generaran cambios importantes en las relaciones de los componentes del sistema ambiental.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas, se considera que la central geotermoeléctrica Cerro Prieto no ocasionará impactos ambientales relevantes, que pudieran modificar más allá de lo permisible la calidad ambiental en el área de influencia, lo que se debe en parte a las características propias del proyecto, a la experiencia de CFE en la mitigación de impactos propios de la generación geotermoeléctrica y a la naturaleza del sitio en que será construido.

La mayor parte de las medidas de mitigación que se plantean como necesarias para el desarrollo del proyecto, son de carácter general (manejo de residuos, control de las actividades constructivas, control de las actividades del personal), ya que no se esperan efectos relevantes asociados a una actividad en particular. Aunque el presente trabajo no ha detectado impactos que puedan catalogarse como altamente significativos, es importante que se vigile el cumplimiento de las medidas de control, prevención y mitigación que se describen en el capítulo VI de este documento, para evitar daños innecesarios al entorno.

La construcción y operación del proyecto es ambientalmente viable, siempre y cuando se desarrolle bajo las condiciones descritas en este documento y se observen las medidas de mitigación correspondientes. Para verificar los resultados de las evaluaciones realizadas, se recomienda la implementación del programa de vigilancia ambiental anteriormente señalado. También se recomienda continuar con el monitoreo de la calidad del aire que hasta ahora ha realizado la CFE.

IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y VIII ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

En el presente capítulo se presenta la relación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información contenida en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para el Proyecto Geotermoeléctrico Cerro Prieto V. De manera general, se describen los puntos especificados en la guía, la información solicitada en cada uno de los puntos se incluye de manera detallada en la sección de los capítulos y anexos del documento.

Las técnicas fueron diversas acordes y aplicables con el tema, se indican a continuación:

Medio físico. Para describir este apartado se realizó la revisión de la información bibliográfica y cartográfica existente para la región, la cual se presenta en el apartado VIII.4, parte de ella de los estudios elaborados por la propia CFE (geológicos, climatológicos, hidrológicos y otros), de bibliografía de algunas instituciones de investigación, así como de varias publicaciones de la Universidad Autónoma de Baja California.

Clima. Se utilizó la clasificación climática de Köppen, modificada por García (2004), así como, la información de los registros climatológicos de las varias estaciones localizadas en el Valle de Mexicali, cercanas al campo geotérmico Cerro Prieto.

Geología y la geomorfología. Se hizo la descripción con base en algunos estudios de exploración regional realizados por el Departamento de Exploración de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos desde 1970, así como de algunos artículos y publicaciones de instituciones académicas y de investigación nacionales e internacionales.

Edafología. Se utilizó la clasificación propuesta por la FAO/UNESCO, tomando como base la información cartográfica publicada por el INEGI; así mismo, se revisó la información referida al respecto en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali.

Hidrología superficial y la subterránea. La información de este tema se obtuvo de publicaciones del INEGI y de CNA,.

Medio biótico. De la misma manera que para el medio abiótico, como primer paso se revisó la información bibliográfica existente para la región en lo que respecta a la flora y vegetación y fauna; durante el trabajo de campo realizado no se realizaron muestreos, sólo se establecieron recorridos en rutas y sitios de observación previamente definidos.

Flora y vegetación. Para describir la vegetación se realizó una recopilación y revisión exhaustiva de la literatura existente para el área del proyecto, así mismo se revisó la cartografía

existente, específicamente el correspondiente a uso de suelo y vegetación de INEGI (1980). Para complementar y ratificar lo anterior, se hicieron recorridos en diversos sitios del área de estudio, con la colecta de algunos ejemplares botánico para su posterior identificación . Debido a lo alterado de los ecosistemas en el área de estudio por las diferentes actividades productivas, y a la abundante presencia de vegetación secundaria e introducida, no se realizaron muestreos para la obtención de los índices de valor de importancia o de diversidad, y sólo se procedió a describir los diferentes tipos de vegetación con su respectiva flora. Los tipos de vegetación fueron reconocidos de acuerdo con la clasificaciones propuestas por Delgadillo (1998) y Rzedowski (1978). Para la verificación de las especies con estatus de riesgo se consultaron los listados de la Norma Oficial Mexicana, NOM-059-SEMARNAT-2001.

Fauna. Para obtener la información respectiva se utilizó como primera fase (de gabinete), la obtención de listados potenciales de los diferentes grupos de la fauna vertebrada, con base en la información bibliográfica existente para el área de estudio y para la región; y como segunda fase, se realizaron recorridos y puntos de observación específicos en el campo geotérmico y sus alrededores.

Para obtener información de la fauna de la región se establecieron varios puntos de observación realizaron visitas al sitio del proyecto, a fin de verificar su presencia en el área de estudio de las especies de la lista potencial. Las observaciones (puntos de avistamiento) se realizaron principalmente desde el amanecer hasta las 10:00 h, y desde las 17:00 a las 19:00 h. Para la identificación de las especies se utilizaron las siguientes guías de campo: Howell y Webb (1995); National Geographic Society (1989); Peterson y Chalif (1989); Robbins *et al.* (1983); Hall (1991) y Flores Villela *et al.* (1995). Para el caso del grupo de herpetofauna, se realizaron recorridos de campo para el reconocimiento de las especies de anfibios y reptiles presentes en el área, en los diferentes sitios de vegetación identificados para el área de estudio del proyecto. Es importante señalar que no se observaron anfibios en los recorridos y en los sitios de observación o avistamiento. Para los grupos de fauna silvestre, se elaboraron listados indicando en éstos el estado de conservación de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Paisaje. Para la evaluación del paisaje se analizaron dos atributos: la calidad visual intrínseca y la fragilidad visual del área donde se instalará la central geotermoeléctrica y sus obras asociadas, considerando para ello la metodología propuesta por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1974) y L. Canter (1998).

Medio socioeconómico. El análisis del medio socioeconómico en este estudio se hizo con base en la información estadística de las localidades más cercanas al campo geotérmico, dentro de un radio aproximado de 10 km, además de incluir también los datos a nivel del municipio de Mexicali y del estado de Baja California. Como fuentes de información se consultaron varias publicaciones del INEGI, principalmente: el XII Censo de Población y Vivienda realizado en el 2005, además de información de la CONAPO (2005); además de diversas publicaciones de la Universidad Autónoma de Baja California.

VIII.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

VIII.1.1 Mapas

Los mapas referidos en la Manifestación de Impacto Ambiental se agruparon en el **Anexo A** de este capítulo.

VIII.1.2 Fotografías

El registro fotográfico con la descripción de los aspectos que se consideró importante resaltar de este estudio, se localiza en el **Anexo B** (Fotografías) de este capítulo.

VIII.1.3 Videos

Para el presente proyecto no se consideró necesaria la realización de videos.

VIII.1.4 Listas de flora y fauna

Los listados florístico y faunísticos se localizan en el **Anexo C** (Listados) de este capítulo.

VIII.2 OTROS ANEXOS

Se incluyen en este apartado varios Anexos:

- ✓ **Anexo D** (Copia de los decretos expropiatorios del sitio del proyecto)
- ✓ **Anexo E** (Estudio de dispersión del ácido sulfhídrico en el campo geotermoeléctrico Cerro Prieto)
- ✓ **Anexo F** (Oficios)

VIII.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aluvial. Acarreado por el agua.

Basalto. Roca volcánica muy dura, generalmente de color oscuro.

CITES. Su nombre proviene de sus siglas en inglés que significan Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Es un organismo internacional que se encarga de legislar el comercio de especies de fauna y flora silvestre, incluyendo a especies que se encuentran en peligro de extinción.

Distribución potencial. Es la extensión de terreno que las especies tienen la capacidad de habitar, con base en su capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas. La distribución real o verificada generalmente es menor que la potencial.

Endémica. Especie que se presenta en una zona restringida de distribución natural.

Especie amenazada. Aquellas especies, o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones. (Esta categoría coincide parcialmente con la categoría vulnerable de la clasificación IUCN) (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Especie en peligro de extinción. Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros. (Esta categoría coincide parcialmente con las categorías en peligro crítico y en peligro de extinción de la clasificación IUCN) (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Especie endémica. Es aquella que tiene distribución restringida a nivel de región, estado o país.

Especie migratoria. Son aquellas especies que realizan grandes desplazamientos, generalmente los hacen en búsqueda de sitios con mejores condiciones para el apareamiento y la reproducción.

Especie potencial. Aquella que puede vivir en un área determinada de acuerdo con sus requerimientos de hábitat y a las condiciones del sitio, y puede o no estar restringida en dicho sitio.

Especie probablemente extinta en el medio silvestre. Aquella especie nativa cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Especie residente. Aquella que realiza movimientos cortos y se mantiene toda su vida en un área determinada.

Especie sujeta a protección especial. Aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. (Esta categoría puede incluir a las categorías de menor riesgo de la clasificación de la IUCN) (NOM-059-SEMARNAT-2001).

Factor ambiental. Cada uno de los elementos físicos y bióticos que integran el medio en que vive un organismo o comunidad.

- Flora.** Conjunto de plantas que habitan en una región, analizado desde el punto de vista de la diversidad de los organismos.
- Freático.** Referente al subsuelo. Con frecuencia se alude a las aguas freáticas, que son mantos poco profundos provenientes por lo común de la infiltración directa del agua de lluvia.
- Gneis.** Roca metamórfica de composición análoga a la del granito.
- Hábitat.** Es un área que tiene una combinación de recursos como el alimento y el agua, así como de factores ambientales como la temperatura y la precipitación pluvial, que favorecen la presencia de individuos de una especie.
- Halófilo.** Calificativo que se aplica a las plantas o comunidades adaptadas a vivir en los medios salinos.
- 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 sinérgico.** Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone la incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
- Intrusivo(a).** Roca o estructura geológica de origen magmático, consolidada en las profundidades y que no llegó a la superficie en estado de fusión.
- Matorral.** Comunidad vegetal en el que predominan los arbustos.
- Microclima.** Clima local afectado por la condición de relieve, exposición, pendiente u otro agente en el medio.
- Nativa.** Planta propia del sitio, que crece espontáneamente y que se reproduce sin intervención humana por encontrarse ecológicamente bien adaptada. Sinónimos: autóctona, indígena.
- Nicho ecológico.** Ubicación de la especie dentro del conjunto del ecosistema.
- Ombrotérmico.** Relativo a la precipitación y a la temperatura. Término útil para definir los meses secos y húmedos de un sitio determinado cuando los datos de ambos parámetros se grafican.
- Parvifolio.** De hoja pequeña.
- Vegetación secundaria.** Calificativo de la vegetación o de procesos geocológicos influidos directa o indirectamente por el hombre.
- Xerófilo.** Calificativo ecológico de las plantas y comunidades vegetales adaptadas a vivir en los medios secos

VIII.4. BIBLIOGRAFÍA CITADA Y/O CONSULTADA

Capítulo III

- Gallegos-Ortega, R., M. Quintero-Nuñez y O.R. García-Cueto. 2000.** *H₂S dispersión model at Cerro Prieto geothermoelectric power plant.* Proceedings World Geothermal Congress 2000. Pp. 579-584.
- Mercado, S., F.J. Bermejo y H. Fernández. 1987.** *Developments in geothermal energy in Mexico – Part fourteen. Environmental aspects of geothermal systems.* Heat Recovery Systems & CHP. Vol. 7, No. 4. Pp. 365-374.
- Puente, H.G. y L. Hernández G. 2005.** *H₂S monitoring and emission control at Cerro Prieto geothermal field, Mexico.* Proceedings World Geothermal Congress 2005. 4 pp.
- Quintero-Nuñez, M. 1989.** *Geothermal Development in Mexico.* Geothermal Resources Council Bulletin. Pp. 5- 11.
- XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998.** Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C. 2010.

Capítulo IV

Medio abiótico

- CFE. 1989.** Antecedentes generales de la exploración en el campo geotérmico de Cerro Prieto. Reporte DEX 06/89. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos – Subgerencia de Estudios Geotérmicos. 45 pp.
- Frez, J. y V.M. Frías-Camacho.** Mapas anuales de sismicidad para la región fronteriza de ambas Californias. GEOS, Vol. 18, No. 2, Pp. 112-130.
- Fuentes, O., M. T. Vázquez. 1997.** Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México. Cuadernos de Investigación 42, CENAPRED. 37 pp.
- García, E. (+). 2004.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros No. 6. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Quinta edición. 90 pp.
- Gastil, G., R.P. Phillips y E.G. Allison. 1975.** *Reconnaissance geology of the State of Baja California.* Geol. Soc. Am. Mem. United Status of America.
- González-García, J.J. 1986.** Sismotectónica del valle de Mexicali 1977-1980. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C. 164 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980.** Carta topográfica. Mexicali I11-12. Escala 1:250 000.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1981.** Carta hidrológica de aguas subterráneas. Mexicali I11-12. Escala 1:250 000.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980.** Carta hidrológica de aguas superficiales. Mexicali I11-12. Escala 1:250 000.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1983.** Carta geológica. Mexicali I11-12. Escala 1:250 000. S.P.P.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1984.** Carta edafológica. Mexicali I11-12. Escala 1:250 000.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2001.** Síntesis de Información Geográfica del Estado de Baja California. México. 98 pp.
- Puente, C. y A. de la Peña L. 1978.** Geología del campo geotérmico Cerro Prieto, Baja California, México. Proceedings/Actas. Lawrence Berkeley Laboratory-Comisión Federal de Electricidad. Pp. 17-34.
- Rockwell, T.K. y F. Suárez. 1995.** Holocene slip rates and timing of past earthquakes for Northern Baja California faults based on trenching studies. Tercera Reunión Internacional sobre geología de la Península de Baja California. Libro de resúmenes. La Paz, BCS. Pp. 174-175.
- XVI Ayuntamiento de Mexicali. 1999.** Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali. Dirección de Catastro, Control Urbano y Ecología. 178 pp.

Vegetación

- COTECOCA. 1974.** Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: Estado de Baja California. Comisión Técnico Consultiva para la determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero, Secretaría de Agricultura y Ganadería. 80 pp.
- Delgadillo R., J., M. Peinado, M. de la Cruz, J. Martínez-Parras, F. Alcaraz y A. de la Torre. 1992.** Análisis de los saladares y manglares de Baja California, México. Acta Botánica Mexicana. No. 19. Pp. 1-35.
- Delgadillo Rodriguez, J. 1998.** Florística y ecología del norte de Baja California. Universidad Autónoma de Baja California, B.C. 412 pp.
- Flores Mata, G., J. Jiménez López, X. Madrigal Sanchez, F. Moncayo Ruiz y F. Takaki Takaki. 1971.** Memorias del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México. 59 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1997.** Carta de Uso de Suelo y Vegetación. Mexicali I11-12, Escala 1:250 000.
- López S, E. 1991.** Estudio florístico-ecológico a través de un gradiente altitudinal en el desierto micrófilo de San Felipe, BC. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, BC. 69 pp.
- Norma Oficial Mexicana 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. Publicada el 6 de marzo del 2002 en el Diario Oficial (Segunda Sección) SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Rzedowski, J. 1978.** La vegetación de México. Editorial Limusa, S.A. 1ra. Edición. 432 pp.
- Shevre, F. 1951.** Vegetation of the Sonoran desert. Carn. Inst. Washington. Publ. 591: 1-192
- Shevre, F. y I.L. Wiggins. 1964.** Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Stanford University Press. Stanford, California, EUA.

Fauna

- Alsop, F. 2001.** Birds of North America Western Region. Smithsonian Handbooks. United States

- Comisión Federal de Electricidad. 1997.** Adendum al Informe Preventivo para la Instalación de Cuatro Unidades de 25 MW en el Campo Geotermoeléctrico Cerro Prieto IV. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos.
- CIB 1991.** Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Específica perforación en la zona geotérmica Tres Vírgenes, B.C.S. Centro de Investigaciones Biológicas de B.C.S., A.C.
- CITES (Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 2005.** Lista de las especies CITES. Secretaría de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres, Comisión Europe & Join Nature Conservation. Comité. Ginebra, Suiza. 312 pp.
(http://cites.org/eng/append/latest_appendices.shtml)
- De León G. 2007.** Determinación de la dinámica temporal de la comunidad aviar en la laguna de evaporación del campo geotérmico Cerro Prieto, Mexicali, Baja California, México, y su evaluación ecológica para la especies migratorias y residentes. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Flores-Villela, O.; F. Mendoza Q.; P. G. González. 1995.** “Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México”. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología, No. 10.
- Escalante, P., A. M. Sada, J. R. Gil. 1996.** Listado de nombres comunes de las aves de México. Conabio. Sierra Madre. 32 pp.
- Gutiérrez M.C., J.F. Villaseñor Gómez y N. Sosa Gutiérrez. 1995.** Evaporation pond as a refuge for aquatic birds in “Cerro Prieto” Geothermal field, Baja California, Mexico. In: Proceedings of the world geothermal congress, 1995. Florence, Italy, Vol. 5, 2803-2806 pp.
- Hall, E. R. 1981.** The Mammals of North America. 2nd Ed. Vol. 1 y 2. New York: John Wiley and Sons.
- Howell, S.N.G. and S. Webb. 1995.** A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press. New York.
- INE-CONABIO. 1997.** Guías de aves canoras y de ornato. Instituto Nacional de Ecología-Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México. 177 pp.
- Kaufman K., 2005.** Guía de campo a las aves de Norteamérica. Hillstar Editions L.C., New York. 391 pp.
- Miller, D. 2002.** "Antrozous pallidus" (On-line), Animal Diversity Web. Accessed January 31, 2007 at:
http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Antrozous_pallidus.html.
- Molina K. y K. Garret .2001.** The Breeding Birds of the Cerro Prieto Geothermal Ponds, Mexicali Valley, Baja California. Monographs in Field Ornithology 3:23-28, 2001.
- National Geographic Society. 1999.** Field guide to the birds of North America. National Geographic Society. Washington. 464 pp.
- Norma Oficial Mexicana 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. Publicada el 6 de marzo del 2002 en el Diario Oficial (Segunda Sección) SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Página del Instituto Nacional de Ecología.**
<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/artnopubli/368/asilvestres.html>.

- Peterson, R.T. y E.L. Chalif. 1989.** Aves de México. Guía de campo. Ed. Diana. México. 473 pp.
- Portal ciudadano de Baja California. 2007.** (En línea). Consultado 30 de enero de 2007. http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/recursos/fauna.jsp.
- Robbins, C.S., B. Bruun, y H.S. Zim. 1983.** A guide to field identification. Birds of North America. Golden Press. New York. 360 pp.
- Secretaría de Protección al Ambiente. Nuestro Territorio. 2007.** (En-línea) Consultado 23 de enero de 2007. <http://www.bajacalifornia.gob.mx/ecologia/nuestrot/fauna.htm>.
- Stebbins, R. C. 1985.** A Field Guide to Western Reptiles and Amphibians. The Peterson Field Guide Series. EUA. 336 p.
- Tapia, A. 2006.** Un río y sus pescadores nativos en peligro de extinción. <http://ims.sysmotion.com/43/upload/shared/attach/PescadorCucap%C3%A1.pdf> consultado 8 de febrero de 2007.
- Zamora-Arroyo, F., J. Pitt, S. Cornelius, E. Glenn, O. Hinojosa-Huerta, M. Moreno, J. García, P. Nagler, M. de la Garza e I. Parra. 2005.** Prioridades de Conservación en el Delta del Río Colorado, México y Estados Unidos. Eds. Sonoran Institute, Environmental Defense, University of Arizona, Centro de Investigación en Alimentación, y Desarrollo, Probatara, World Wildlife Fund e INE-SEMARNAT. México.

Paisaje

- Claver Farías, I. et al. 1982.** Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología. Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Monografías 3. M.O.P.U., Madrid, Esp. 591 pp.
- Gómez Orea, D. 1978.** El medio físico y la planificación. Vols. I y II. Cuadernos C.I.F.C.A.
- Villarino, M.T. 1985.** El paisaje. En: Curso sobre evaluaciones de impacto ambiental. Dirección General de Medio Ambiente. M.O.P.U., Madrid, Esp.
- Canter, L.W. 1998.** Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Mc Graw-Hill/Interamericana de España. 1ª. Edición, pp 568-588.
- Martínez Vega, J., Martín Isabel M.P. y R. Calcerrada. 2003.** Valoración del paisaje en la zona de especial protección de aves carrizales y sotos Aranjuez (Comunidad de Madrid), GeoFocus (artículos), n° 3, p. 1-21.
- U.S. Forest Service. 1974.** National Forest Landscape Management. Vol. 2, Chap. 1. The visual management system. Handbook 462, US Department of Agricultura, Washington, DC.

Socioeconómico

- Alegría-Olazábal, T. 1992.** Desarrollo Urbano en la frontera México-Estados Unidos: una interpretación y algunos resultados. México, D.F. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Collins, k., R. Harmon, R. González, J. Lagunas y M. Oliff. 2005.** Los Valles de Imperial y Mexicali: una introducción a la región y su gente. En: Desarrollo y Medio ambiente de la región fronteriza México-Estados Unidos: valles de Imperial y Mexicali. (Quintero-Nuñez, M. et al., Coordinadores). Universidad Autónoma de Baja California- 509 pp.

- CONAPO 2005.** II Censo de Población y Vivienda 2005, y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) IV Trimestre.
- Gómez-Estrada, J.A. 1992.** Realidad y ensueños. Historia de Baja California a través de las leyendas. Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2001.** XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Baja California. Tabulados Básicos, Aguascalientes, Ags. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2004.** Anuario Estadístico: Baja California. 485 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005.** II Censo de Población y Vivienda.
- Nelly, W. H. 1977.** Cocopa ethnography. Tucson, University of Arizona Press.
- Kerig, D.P. 2001.** EL valle de Mexicali y la Colorado River Land Company, 1902-1946. Mexicali, B.C. Universidad Autónoma de Baja California. 383 pp.
- Noriega-Verdugo, S. 2005.** Panorama económico: patrones de empleo en el municipio de Mexicali. En: Desarrollo y Medio ambiente de la región fronteriza México-Estados Unidos: valles de Imperial y Mexicali. (Quintero-Nuñez, M. *et al.*, Coordinadores). Universidad Autónoma de Baja California- 509 pp.
- Sánchez-López, E. 2005.** Políticas en materia agrícola en Mexicali y San Luis Río Colorado. En: Desarrollo y medio ambiente de la región fronteriza México-Estados Unidos: Valles de Imperial y Mexicali. (Quintero-Nuñez *et al.*, coordinadores). México. Pp. 83-98.
- XVI Ayuntamiento de Mexicali. 1999.** Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali. Dirección de Catastro, Control Urbano y Ecología. 178 pp.

Diagnóstico ambiental

- El Colef-Universidad Estatal de Michigan. 2002.** Riesgo ambiental en la salud por el uso de plaguicidas en el valle de Mexicali (proyecto).
- Moreno-Mena, J. A. 1994.** Contaminación por plaguicidas en la frontera norte. Semillero de Ideas, UABC. Año 2; No. 5.
- XVI Ayuntamiento de Mexicali. 1999.** Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali. Dirección de Catastro, Control Urbano y Ecología. 178 pp.

Capítulo V

- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000.** Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 609 p.
- Bojórquez-Tapia, L.A. 1989.** Methodology for prediction of ecological impacts under real conditions in Mexico. Environmental Management. 13:545-551.
- Bojórquez-Tapia, L. A., E. Ezcurra y O. García, 1998.** Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. Journal of environmental management 53, 91-99.
- Canter, L.W. 1998.** Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. Ed. McGraw Hill. 841 pp.

- CFE. 1999.** Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad General, del Proyecto CT Tuxpan II, PEE. Elaborada por el Instituto de Ecología, A. C. para la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos de CFE.
- CFE. 2000.** Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad General, del Proyecto CT Tuxpan III y IV. Elaborada por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y la Universidad Autónoma de Tamaulipas, para la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos de CFE.
- Coneza Fernández, V. 2000.** Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª. Edición. Madrid, Esp. 412 pp.
- Duinker, P.N. y G.E. Beanlands. 1986.** The significance of environmental impacts and exploration of the concept. *Environmental Management*, 10 :1-10.
- Gómez-Orea, D. 1999.** Evaluación del impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Ediciones Mundi-Prensa, Editorial Agrícola Española, SA. España. 701 pp.

Capítulo VII

- Arriaga, V., V. Cervantes y A. Vargas MENA. 1994.** Manual de reforestación con especies nativas. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Desarrollo Social – Universidad Autónoma de México. México. 219 pp.

Capítulo VII

- Canter, L.W. 1998.** Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. Ed. McGraw Hill. 841 pp.
- Carriquiry, J.D. y A. Sánchez. 1999.** Sedimentation in the Colorado River delta and upper Gula of California alter nearly a century of discharge loss. *Marine Geology*. Vol. 158; Pp. 125-145.
- Fermán Almada, J.L., D.W. Fisher y A. García Gastelum. 2005.** Delta del río Colorado: un ecosistema importante para la región del valle de Imperial-Mexicali. En: Desarrollo y medio ambiente de la región fronteriza México-Estados Unidos: Valles de Imperial y Mexicali. Quintero-Nuñez et al, Coordinadores. Eds. Universidad Autónoma de Baja California y M.A. Porrúa. México. Pp. 483-496.
- Minckley, W.L. 1973.** Fishes of Arizona. Arizona Game and Fish Department, Phoenix, Arizona.
- Palacios-Prieto, J.J. et al. 2004.** Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT – Instituto de Geografía, UNAM – Secretaría de Desarrollo Social. México. 161 pp.
- SEMARNAP-INE. 1995.** Programa de Manejo Áreas Naturales Protegidas I: Reserva de la Biosfera del Alto Golfo y Delta del Río Colorado. SEMARNAP, México. 104 pp.

Anexo A

Anexo B

Anexo C

Anexo D

Anexo E

Anexo F