



PERÚ

**Ministerio
de Agricultura**

**Autoridad
Nacional del Agua**

**Administración Local de Agua
Mantaro**

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
Área de Aguas Superficiales

ESTUDIO

EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RÍO MANTARO



Lima, Diciembre 2010



Ministerio de Agricultura
Autoridad Nacional del Agua
Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
Administración Local de Agua Mantaro

PERSONAL DIRECTIVO

Ing. Carlos Pagador Moya	<i>Jefe de la Autoridad Nacional del Agua</i>
Ing. Oscar Avalos Sanguinetti	<i>Director de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos</i>
Ing. Emilse Benavides Casanova	<i>Jefe del Área de Recursos Hídricos Superficiales</i>
Ing. Giovanni Lenoks Vargas Coca	<i>Administrador Local de Agua Mantaro</i>

PERSONAL EJECUTOR

Ing. Emilio Gutiérrez Roldan	<i>Estudio Hidrológico</i>
Ing. Máximo Janampa Quispe	<i>Sistema de Información Geográfica (SIG)</i>
Bach.. Ronald Rojas Naccha	<i>Asistente en Hidrología</i>
Rodolfo Valentino Figueroa	<i>Técnico de Campo</i>

EQUIPO ASESOR Y SUPERVISOR

Ing. Gastón Pantoja Tapia	<i>Hidrología</i>
Ing. Eduardo Choquepuma Llave	<i>Hidrología</i>
Ing. Máximo Vásquez Calderón	<i>Modelamiento Hidrológico</i>

ALA Mantaro
Lima – Perú
Diciembre 2010



ESTUDIO

EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RÍO MANTARO

TOMO I ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO

I.	ASPECTOS GENERALES	1
1.1	Introducción	1
1.2	Justificación	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1	General	2
1.3.2	Específico	2
1.4	Metodología de Trabajo	2
1.4.1	Actividades Preliminares	2
1.4.2	Trabajo de Campo	3
1.4.3	Trabajo de Gabinete	3
1.4.4	Sistematización de la Información Cartográfica	4
1.5	Información Básica	4
1.5.1	Recopilación de Información Básica	4
1.5.2	Información Hidrometeorológica	5
1.5.3	Información Cartográfica	5
II.	DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA	6
2.1	Diagnóstico del Recurso Hídrico	6
2.2	Ubicación y Demarcación de la Cuenca	6
2.2.1	Ubicación Geográfica	6
2.2.2	Demarcación Hidrográfica	6
2.2.3	Demarcación Política	7
2.2.4	Demarcación Administrativa	7
2.3	Accesibilidad – Vías de Comunicación	7
2.4	Aspectos Socio-Económicos	8
2.4.1	Población – Demografía	8
2.4.2	Caracterización Socio-Económica	9
2.5	Cobertura Vegetal	9
2.6	Ecología	11
2.7	Suelos	13
2.7.1	Clasificación de los Suelos según su Capacidad de Uso Mayor	13
2.8	Geología	21
2.9	Recursos Hídricos Superficiales	23
2.9.1	Reconocimiento de Fuentes de Agua Principales	23

2.9.2	Infraestructura Hidráulica Principal	25
2.10	Características Fisiográficas	25
2.10.1	Generalidades	25
2.11	Hidrografía de la Cuenca del Río Mantaro	26
2.11.1	Descripción General de la Cuenca	26
2.11.2	Unidades Hidrográficas Principales y Subcuencas Priorizadas	27
2.12	Unidad Hidrográfica Río Yauli	28
2.12.1	Reconocimiento del Recurso Hídrico Superficial	28
2.12.2	Ubicación Geográfica	28
2.12.3	Demarcación Hidrográfica	28
2.12.4	Demarcación Política	28
2.12.5	Ecología	28
2.12.6	Características Fisiográficas	29
2.12.7	Recursos Hídricos Superficiales	30
2.12.8	Principales Afluentes del Río Yauli	30
2.12.9	Lagunas Principales	30
2.12.10	Canales Principales	30
2.13	Unidad Hidrográfica Río Shullcas	30
2.13.1	Reconocimiento del Recurso Hídrico Superficial	30
2.13.2	Ubicación Geográfica	31
2.13.3	Demarcación Hidrográfica	31
2.13.4	Demarcación Política	31
2.13.5	Ecología	31
2.13.6	Características Fisiográficas	32
2.13.7	Recursos Hídricos Superficiales	32
2.13.8	Principales Afluentes del Río Shullcas	32
2.13.9	Lagunas Principales y Nevados	32
2.13.10	Canales Principales	33
2.14	Unidad Hidrográfica Río Yacus	36
2.14.1	Reconocimiento del Recurso Hídrico Superficial	36
2.14.2	Ubicación Geográfica	36
2.14.3	Demarcación Hidrográfica	37
2.14.4	Demarcación Política	37
2.14.5	Ecología	37
2.14.6	Características Fisiográficas	37
2.14.7	Recursos Hídricos Superficiales	38
2.14.8	Principales Afluentes del Río Yacus	38
2.14.9	Lagunas Principales	38
2.14.10	Canales Principales	38
2.15	Unidad Hidrográfica Río Achamayo	41
2.15.1	Reconocimiento del Recurso Hídrico Superficial	41
2.15.2	Ubicación Geográfica	41
2.15.3	Demarcación Hidrográfica	41
2.15.4	Demarcación Política	41
2.15.5	Ecología	42
2.15.6	Características Fisiográficas	43
2.15.7	Recursos Hídricos Superficiales	43
2.15.8	Principales Afluentes del Río Achamayo	43

2.15.9	Lagunas Principales	43
2.15.10	Canales Principales	43
III.	CLIMATOLOGÍA EN LA CUENCA MANTARO	45
3.1	VARIABLES CLIMÁTICAS	45
3.1.1	Temperatura	45
3.1.2	Humedad Relativa	53
3.1.3	Velocidad de Viento	55
3.1.4	Precipitación	57
IV.	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN	59
4.1	Análisis de Consistencia	59
4.1.1	Análisis Gráfico	60
4.1.2	Análisis de Doble Masa	60
4.2	Completación y Extensión de Información	62
4.3	Variabilidad Espacial y Temporal	62
4.4	Análisis de Años Secos y Húmedos	64
4.5	Gradiente de Precipitación – Altitud	64
4.6	Diagnóstico de la Red Hidrométrica	66
V.	ANÁLISIS DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y MODELAMIENTO HIDROLÓGICO	69
5.1	Caudales en el Río Mantaro	69
5.2	Análisis de las Descargas Medias Mensuales en la Subcuenca del Río Yauli	76
5.2.1	Series de Caudales Medios Mensuales Registrados	76
5.2.2	Descargas Medias Mensuales Naturalizadas	79
5.2.3	Persistencias de Caudales	83
5.2.4	Demanda Hídrica	84
5.2.5	Balance Hídrico	84
5.2.6	Máximas Avenidas en el Río Yauli	84
5.3	Descargas Medias Mensuales en la Subcuenca del Río Shullcas	86
5.3.1	Series de Caudales Medios Mensuales Registrados	86
5.3.2	Consistencia y Confiabilidad de la Información	89
5.3.3	Caudales Medios Mensuales	89
5.3.4	Persistencia de Caudales	93
5.3.5	Demanda Hídrica	94
5.3.6	Balance Hídrico	96
5.3.7	Potencial Hidrológico de los Recursos Hídricos Río Shullcas	96
5.3.8	Máximas Avenidas	97
5.4	Descargas Medias Mensuales en la Subcuenca del Río Yacus	100
5.4.1	Series de Caudales Medios Mensuales Registrados	100
5.4.2	Simulación de Caudales	100
5.4.3	Persistencia de Caudales	107
5.4.4	Demanda Hídrica	109
5.4.5	Balance Hídrico	109
5.4.6	Máximas Avenidas	110

5.5	Descargas Medias Mensuales en la Subcuenca del Río Achamayo	103
5.5.1	Series de Caudales Medios Mensuales Registrados	103
5.5.2	Simulación de Caudales Medios Mensuales Cuenca río Ingenio y río Achamayo	114
5.5.3	Persistencia de Caudales	122
5.5.4	Demanda Hídrica	124
5.5.5	Balance Hídrico	125
5.5.6	Máximas Avenidas	125
VI.	Conclusiones y Recomendaciones	127
6.1	Conclusiones	127
6.2.	Recomendaciones	133

RESUMEN EJECUTIVO

El agua representa un recurso estratégico para el desarrollo de las poblaciones, la agricultura, la minería, sector energético, ecológico y otros, por lo que es primordial evaluar su disponibilidad, características y uso actual para proponer un manejo eficiente del recurso hídrico y elevar el nivel de gestión de la cuenca para evitar conflictos futuros por un recurso vital como es el agua.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) tiene, las funciones de formular y dirigir la política y estrategia nacional de recursos hídricos, entre ellas la de dictar normas y establecer los procedimientos para asegurar la gestión integrada, multisectorial y sostenible de los recursos hídricos, su conservación, incremento, así como su aprovechamiento eficiente, asimismo tiene la función de promover y apoyar la estructuración de proyectos y la ejecución de actividades que incorporen los principios de gestión integrada y multisectorial de recursos hídricos, su conservación, calidad e incremento, mediante la investigación, adaptación, o ambas, de nuevas tecnologías aplicables al aprovechamiento de los recursos hídricos.

En ese sentido, la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con la Administración Local de Agua Mantaro (ALA Mantaro), ejecuto el Estudio Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Mantaro, específicamente en la jurisdicción del ámbito de la Administración Local de Agua Mantaro, para ello se ha seleccionado las cuencas Yauli, Yacus, Achamayo y Shullcas.

El objetivo del estudio, es proporcionar los elementos de juicio hidrológicos necesarios, para la toma de decisiones y el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Mantaro, específicamente en las cuencas de los ríos Yauli, Yacus, Achamayo y Shullcas, dentro del marco del desarrollo sustentable de los recursos hídricos, y considero evaluar, cuantificar en cantidad y oportunidad, establecer el balance hídrico, y de esta manera, sirva como medio para ejecutar y controlar la política de desarrollo en todos los sectores que estén directa o indirectamente relacionados con el uso y aprovechamiento del recurso hídrico.

Como objetivos específicos contemplo:

- Determinar las características físicas y ecológicas de la cuenca.
- Evaluación de las variables meteorológicas.
- Diagnóstico de la red hidrometeorológica de la cuenca.
- Evaluación del comportamiento de la precipitación en la cuenca y las subcuencas seleccionadas.
- Determinar la disponibilidad hídrica en las subcuencas: Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo-Ingenio.
- Estimación de la demanda de agua.
- Balance Hídrico.
- Evaluar eventos hidrológicos extremos en las subcuencas Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo-Ingenio.

- Sistematizar la información cartográfica (cobertura temáticas) generadas en un sistema de información geográfica (SIG).

El documento se ha estructurado en 6 capítulos: (I) Aspectos Generales, (II) Descripción General y Diagnóstico de la Cuenca, (III) Climatología, (IV) Análisis y Tratamiento de la Precipitación, (V) Análisis y Tratamiento de la Escorrentía Superficial y Modelamiento Hidrológico, (VI) Conclusiones y Recomendaciones.

La cuenca del río Mantaro está localizada en la zona centro del Perú, pertenece al sistema hidrográfico de la vertiente del océano atlántico, se encuentra ubicada entre los 10° 30' a 13° 30' de Latitud Sur y entre los 74° 00' a 76° 30' de Longitud Oeste, presenta un área de drenaje total, hasta su desembocadura en el río Apurímac para conformar el río Ene de 34 400 km², una longitud máxima de recorrido de aproximadamente 724 km; Las unidades hidrográficas priorizadas en el ALA Mantaro, y que corresponden a las sub-cuencas de los ríos Achamayo, Yacus, Yauli y Shullcas.

El Capítulo I comprende los Aspectos Generales como son la introducción, justificación, objetivos, metodología de trabajo e información básica.

El Capítulo II, Descripción General y Diagnóstico de la Cuenca, presenta el diagnóstico del recurso hídrico, ubicación y demarcación de la cuenca, accesibilidad – vías de comunicación, aspectos socio-económicos, cobertura vegetal, ecología, suelos, geología, recursos hídricos superficiales, características fisiográficas, hidrografía del río Mantaro, unidades hidrográficas de los ríos Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo.

El Capítulo III, Climatología, presenta la descripción de las principales variables climáticas; como son la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento y precipitación.

El Capítulo IV, Análisis y Tratamiento de la Precipitación, presentan el análisis de consistencia, completación y extensión; se evaluó el comportamiento de la precipitación su variabilidad espacial y temporal, análisis de años secos y húmedos, gradiente de precipitación – altitud y diagnóstico de la red hidrométrica.

El Capítulo V, Análisis de la Escorrentía y Modelamiento Hidrológico, hace un énfasis en los caudales del río Mantaro, y a nivel de cada subcuenca de los ríos Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo, desarrolla lo correspondiente a descargas medias mensuales, persistencia de caudales, demanda hídrica, balance hídrico y máximas avenidas.

En el Capítulo VI, Conclusiones y Recomendaciones, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se han llegado con el desarrollo del estudio realizado.

En el Anexo, se presenta la base de datos, cuadros, gráficos, figuras, esquemas, láminas y fotografías que se desarrollaron en el estudio.

En general las cuencas priorizadas presentan fuertes déficit estacionales de agua, especialmente en el período julio-octubre cuyas disponibilidades no cubren requerimientos de uso poblacional y agrícola, sin embargo existe un alto potencial de regulación que debe ser analizada en cada cuenca.

En la cuenca del río Yauli, el promedio multianual se encuentra en el orden de los 7,47 m³/s variando entre 15,32 m³/s en el mes de marzo y de 3,76 m³/s en el mes de julio; las demandas hídricas corresponden mayormente a uso energético y minero, los sistemas regulados como son Pomacocha y Huallacocha son derivados por un canal de 15 km y de aproximadamente de 5 m³/s hacia a Central Hidroeléctrica de Pachachaca, en cuanto a las máximas avenidas de río Yauli, no se esperan grandes avenidas, debido a que la cuenca tiene importantes subcuencas reguladas, y mediante el método de las envolventes de Creager, se ha determinado un caudal máximo para un periodo de retorno de T=100 años de 377 m³/s. Finalmente los mayores problemas para el uso de agua para fines agrícolas es la contaminación del río Yauli, y la contaminación atmosférica que se presenta en la ciudad de La Oroya y se expande a las zonas rurales.

En la cuenca del río Shullcas, el promedio multianual se encuentra en el orden de los 3,16 m³/s variando entre 8,03 m³/s en el mes de febrero y de 1,21 m³/s en el mes de agosto; las demandas hídricas corresponden principalmente al uso poblacional y agropecuario, los sistemas regulados como son Huacracocha, Chuspicocha y Lazo Huntay aportan en el periodo de estiaje al sistema, las dos últimas lagunas que se originan en el nevado Huaytapallana, se encuentran en proceso de extinción por sobreexplotación y manejo inadecuado. El balance hídrico muestra importantes déficit entre los meses de junio-octubre, en cuanto a las máximas avenidas del río Shullcas, mediante el método de las envolventes de Creager se ha determinado un caudal máximo para un periodo de retorno de T=100 años de 113,63 m³/s. En cuanto a incrementar la disponibilidad de agua, sería conveniente evaluar dos pequeños embalses que se localizan a la salida de las lagunas Lazo Huntay y Chuspicocha, en donde existe un vaso natural de aproximadamente 15 km², otra alternativa el tratamiento de la cuenca mediante acciones de conservación de suelos que involucren reforestación, zanjas de infiltración y pequeños embalses de retención.

En la cuenca del río Yacus, al no contarse con registros de descargas medias mensuales, estas generaron mediante un proceso de simulación lluvia – escorrentía, siendo el promedio multianual de 3,11 m³/s variando entre 7,82 m³/s en el mes de marzo y de 0,54 m³/s en el mes de agosto; de acuerdo a la evaluación no existe regulación significativa en la cuenca, las demandas hídricas corresponden principalmente al uso poblacional y agropecuario, en donde se prioriza el uso poblacional para la ciudad de Jauja. El balance hídrico muestra importantes déficit entre los meses de junio-setiembre, en cuanto a las máximas avenidas de río Yacus, se ha determinado un caudal máximo para un periodo de retorno del T=100 años de 287,5 m³/s, estos caudales extraordinarios que se presentan en las épocas de avenidas provocan inundaciones en la ciudad de Jauja, lo que hace necesarios realizar obras de encauzamiento y defensas ribereñas. Finalmente existe un alto potencial hídrico de regulación producto de los excedentes que se presentan entre los meses de diciembre – abril, existiendo un vaso de regulación denominado Oquero en la microcuenca adyacente que podría regular aproximadamente 6 Hm³.

En la cuenca del río Achamayo, al no contarse con registros de descargas medias mensuales, estas generaron mediante un proceso de simulación lluvia – escorrentía, para el río Achamayo-sector Ingenio, siendo el promedio multianual de $3,86 \text{ m}^3/\text{s}$ variando entre $6,61 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de marzo y de $0,76 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de agosto; de acuerdo a la evaluación no existe regulación significativa en la cuenca, las demandas hídricas corresponden principalmente al uso poblacional y agropecuario. El balance hídrico muestra importantes déficit entre los meses de julio-setiembre, en cuanto a las máximas avenidas del río Yacus, se ha determinado un caudal máximo para un periodo de retorno de $T=100$ años de $243 \text{ m}^3/\text{s}$, estos caudales extraordinarios que se presentan en las épocas de avenidas provocan inundaciones en la parte baja de la cuenca, lo que hace necesarios realizar obras de encauzamiento y defensas ribereñas.

El estudio llega una serie de recomendaciones, entre las que se mencionan remodelar e implementar las estaciones hidrométricas de Chamisería Shullcas, Chía, Ranra en la cuenca del río Achamayo e instalar una estación hidrométrica en Molinos y Masma correspondiente a la cuenca del río Yacus.

Se realice por parte de la Junta de Usuarios el inventario de la infraestructura de riego con énfasis en la parte media y alta de la cuenca, seguimiento al plan de cultivo y riego.

Se efectuó un programa de monitoreo de descargas en las cuencas de los ríos Yacus y Achamayo principalmente en los meses de avenidas con fines de regulación.

Es necesario realizar en el corto plazo, la estimación de la oferta hídrica para los próximos 25 años considerando los efectos del cambio climático sobre todo en las variables temperatura y precipitación y su incidencia, sobre todo en la cuenca media del río Mantaro.

Se efectuó en el corto plazo la determinación del caudal ecológico en las cuencas evaluadas, en razón que en los meses de estiajes los cauces se encuentran secos.

Efectuar estudios de afianzamiento hídrico en las cuencas de los ríos Yacus, Achamayo y Shullcas y obras de conservación de suelos, así como también iniciar diagnósticos y evaluación de la contaminación de aguas superficiales y aire atmosférico en la cuenca del río Yauli.

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

La planificación del uso de los recursos hídricos es un tema que está tomando cada vez más importancia y relevancia, y su escasez en cantidad, calidad y oportunidad es más notoria, incluso esto se refleja en el stress hídrico que presentan algunos ríos de la costa peruana; en la cuencas altoandinas se aprecia claramente una acentuación del cambio climático, cambios en los patrones atmosféricos, procesos más acentuados en la desglaciación y contaminación por efectos de actividades industriales; científicos sociales hablan de posibles guerras futuras por el acceso al agua; la cuenca del río Mantaro no escapa a ello, frente a la oferta hídrica y las diversas demandas de agua existentes en la zona, obras de transvase, así como de las áreas de ampliación, surge la necesidad de efectuar una Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales del río Mantaro, específicamente en la jurisdicción del ámbito de la Administración Local de Agua Mantaro, para ello se ha seleccionado las cuencas Yauli, Yacus, Achamayo y Shullcas, el cual ha permitido evaluar, cuantificar, su uso y aprovechamiento racional en cantidad y oportunidad del recurso hídrico y servirá como base para la planificación hidrológica, es decir, como un medio necesario para formular, ejecutar y controlar la política de desarrollo en todos los sectores que estén directa o indirectamente relacionados con el uso y aprovechamiento del recurso agua y que se enmarque dentro la Ley N°29338 – Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento.

El presente constituye el documento técnico del “Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Mantaro”, y que comprenden el diagnóstico del recurso hídrico, ubicación, demarcación de la cuenca, accesibilidad, vías de comunicación, aspectos socioeconómicos, ecología, cobertura vegetal, suelos, geología, climatología, evaluación de la precipitación y disponibilidad de agua superficiales, demanda, balance hídrico y máximas avenidas.

1.2 Justificación

La planificación del uso de los recursos hídricos es un tema que está tomando cada vez mayor importancia y relevancia, y su escasez en cantidad y oportunidad es cada vez más notoria, incluso esto se refleja en el stress hídrico que presentan algunos ríos de la sierra central peruana, científicos sociales hablan de posibles guerras futuras por el acceso al agua; la disponibilidad hídrica en la mayoría de las cuencas del país va disminuyendo por el incremento de usos de agua, cambio climático y sequías, lo cual genera la disminución de la producción agrícola, pecuaria, industrias y otros tipos de producción generadora de la economía del país. La cuenca del río Mantaro no escapa a ello, frente a la oferta hídrica y las diversas demandas de agua existentes en la zona, obras de transvase, así como de las áreas de ampliación, surge la necesidad de efectuar una Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en las subcuencas Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo, que permita evaluar, cuantificar su uso y aprovechamiento racional en cantidad y oportunidad del recurso hídrico, y que sirva como base para la planificación hidrológica, es decir, como un medio necesario para formular, ejecutar y controlar la política de desarrollo en todos los sectores que estén directa o indirectamente relacionados con el uso y aprovechamiento del recurso agua y que se enmarque dentro de la Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Evaluar, cuantificar y simular el comportamiento de los recursos hídricos en cantidad y oportunidad de la cuenca del río Mantaro – sector ALA Mantaro, estableciéndose el balance hídrico en las subcuencas Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo, y que sirva como base para la planificación hidrológica, y de esta manera, ejecutar y controlar la política de desarrollo en todos los sectores que estén directa o indirectamente relacionados con el uso y aprovechamiento del recurso hídrico, y a su vez mejorar la gestión de la Autoridades Locales de Agua.

1.3.2 Específico

- Determinar las características físicas y ecológicas de la cuenca.
- Evaluación de las variables meteorológicas.
- Diagnóstico de la red hidrometeorológica de la cuenca.
- Evaluación del comportamiento de la precipitación en la cuenca y las subcuencas.
- Realizar la modelación hidrológica en las subcuencas Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo-Ingenio, y generación de descargas medias mensuales.
- Determinar la disponibilidad hídrica en las subcuencas priorizadas Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo-Ingenio.
- Estimación de la demanda de agua.
- Balance hidrológico.
- Evaluar eventos hidrológicos extremos en las subcuencas Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo-Ingenio.
- Sistematizar la información cartográfica (cobertura temáticas) generadas en un sistema de información geográfica (SIG).

1.4 Metodología de Trabajo

1.4.1 Actividades Preliminares

Para la realización del estudio se efectuaron una serie de actividades preliminares previas a los trabajos de campo, que se mencionan a continuación:

- Coordinaciones de trabajo con el Administrador Local de Agua Mantaro y su equipo técnico, con la finalidad de establecer los cronogramas de trabajo de campo, asesoramiento en cuanto a la problemática existente, apoyo en cuanto a la información disponible.
- Coordinaciones con las organizaciones de usuarios de agua que se ubican en el ámbito de la cuenca jurisdicción de la Administración Local de Agua Mantaro.
- Coordinaciones con la Comunidades Campesinas que se ubican en el ámbito de la cuenca, jurisdicción de la Administración Local de Agua Mantaro.
- Coordinaciones con la Junta de Usuarios, comités de riego, instituciones públicas y privadas que hacen uso del recurso hídrico.

- Coordinaciones con las diferentes entidades relacionadas con el tema, como SENAMHI, instituciones públicas y privadas, gobierno regional y local, organizaciones de usuarios de agua, para lograr un trabajo participativo, con el objeto de optimizar las actividades.
- Recopilación de información básica, referida a:
 - Datos hidrometeorológicos históricos del ámbito de la cuenca del río Mantaro o cuencas vecinas, obtenidos de entidades, como SENAMHI, Electroperu, Instituto Geofísico de Huancayo, Junta de Usuarios, y otros.
 - Estudios anteriores, inventarios existentes de fuentes hídricas, obras hidráulicas entre otros.
 - Cartografía general y detallada (impresa y digital), obtenida del Instituto Geográfico Nacional, y la ex-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
 - Uso actual del agua en la cuenca; tipos y derechos de uso, reservas de agua y aguas de transvase y otros.

1.4.2 Trabajos de Campo

Los trabajos de campo realizados durante la ejecución del estudio correspondieron a:

- Reconocimiento in situ de las principales características geomorfológicas de la cuenca, cobertura vegetal, recursos hídricos y otros.
- Reconocimiento del sistema hidrográfico de la cuenca, en cuanto a la red de drenaje, características principales de las fuentes hídricas superficiales, disponibilidad hídrica superficial (ríos, quebradas, manantiales), y otros.
- Reconocimiento de la infraestructura hidráulica mayor existente en las subcuencas Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo-Ingenio, áreas bajo riego, irrigaciones, poblacional, otros.
- Reconocimiento de las estaciones hidrometeorológicas de la cuenca.
- Aforos en las principales fuentes tributarias, en los puntos de interés en las subcuencas seleccionadas.

1.4.3 Trabajos de Gabinete

Los trabajos de gabinete durante la ejecución del estudio correspondieron a:

- Revisión de estudios hidrológicos realizados, teniendo en cuenta su relevancia y su cronología.
- Diagnóstico general de la situación actual de la cuenca desde el punto de vista de recursos hídricos.
- Delimitación de las subcuencas más importantes priorizadas y la ubicación de los puntos de aforo.
- Desarrollo del aspecto climatológico de la cuenca, describiendo las diferentes variables climáticas como son la precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

- Caracterización y zonificación de la cuenca desde el punto de vista ecológico (L. Holdridge), cobertura vegetal y geología principalmente y su procesamiento en un Sistema de Información Geográfica.
- Descripción de las características fisiográficas de la cuenca, como son los parámetros de forma, relieve y drenaje, de la cuenca y subcuencas más representativas.
- Descripción de los registros históricos hidrometeorológicos disponibles para el estudio, en cuadros y gráficos.
- Análisis de la información hidrometeorológica que incluye: el análisis de consistencia (análisis gráfico de hidrogramas, doble masa, análisis estadístico de saltos y tendencias); completación y extensión de las series.
- Determinación de la disponibilidad u oferta de agua mensualizada a nivel de cada unidad hidrográfica seleccionada.
- Realizar la modelación y calibración del modelo hidrológico de precipitación-escorrentía en las subcuencas priorizadas con información hidrológica histórica y generación de las descargas medias en las subcuencas de interés.
- Disponibilidad del recurso hídrico a distintos niveles de persistencia o probabilidad (50%, 75% y 95%).
- Demanda de agua presentes en la cuenca.
- Balance hídrico de la cuenca.
- Evaluar eventos hidrológicos extremos, determinación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno, con fines de diseño y que servirían con fines de prevención y planificación hidrológica.
- Balance hídrico y/o simulación hidrológica a nivel de subcuencas priorizadas teniendo en consideración las ofertas y demandas de agua.

1.4.4 Sistematización de la Información Cartográfica

- La información cartográfica en formato SIG será presentada en coordenadas UTM, en el Datum WGS-84, Zona 18 Sur.
- Integración de las coberturas temáticas de la cuenca, tales como: curvas topográficas de nivel, red de drenaje, ecología y cobertura vegetal, entre otras.
- Integración de las coberturas temáticas generadas, tales como: delimitación de las unidades hidrográficas, isoyetas, isotermas, mapas de humedad, y otras de importancia.

1.5 Información Básica

1.5.1 Recopilación de Información Básica

- Propuesta de Asignación de Agua Superficial en Bloques (volúmenes anuales y mensuales) para la formalización de los derechos de uso de agua en la cuenca de río Shullcas y Cunas, desarrollado por la Intendencia de Recursos Hídricos, Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua, 2008.
- Perfil del “Proyecto de Irrigación Molinos” – desarrollado por la Intendencia de Recursos Hídricos, 2008, en donde se plantea proyectos puntuales en microcuencas y se establece la necesidad de mediciones de caudales al no contarse con estaciones hidrométricas.
- Perfil del Proyecto “Afianzamiento Hídrico en el Valle del río Shullcas con Fines Agrícolas”, desarrollado por la Intendencia de Recursos Hídricos, 2008, en el cual se formula acciones de afianzamiento hídrico ante los usos múltiples del agua en esta cuenca.

- Perfil del “Proyecto de Irrigación Sapallanga”- desarrollado por el la Intendencia de Recursos Hídricos, 2006, y comprende un perfil para desarrollar la Irrigación Sapallanga.
- Proyecto Mejoramiento y Regulación del Sistema de Riego de la Cuenca Media y Baja del río Cunas” - Intendencia de Recursos Hídricos, 2007, en donde se formula planes de desarrollo de recursos hídricos a corto plazo.
- Diagnóstico de la Cuenca del Mantaro bajo la visión de cambio climático, desarrollado por el IGP – Instituto Geofísico del Perú y CONAM, Primera edición: noviembre de 2005.

1.5.2 Información Hidrometeorológica

Para la ejecución del estudio se ha tomado en cuenta la siguiente información:

- Información Meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI.
- Las estaciones utilizadas pertenecen en su mayoría al SENAMHI (29 estaciones climatológicas ordinarias), a ELECTROPERÚ (21 estaciones pluviométricas), a ELECTROANDES (5 estaciones pluviométricas), al INIA-SENAMHI (1 estación agrometeorológica principal) y al IGP (1 estación climatológica principal). Adicionalmente, se utilizaron datos de precipitación de estaciones del archivo existente de la ANA.
- Series anuales de modelos climáticos mundiales desarrollados por el Climatic Research Unit (CRU).

1.5.3 Información Cartográfica

La información cartográfica utilizada para la ejecución del estudio fue la siguiente:

- Mapa Físico Político del Perú, escala 1/100000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Mapa Ecológico del Perú a escala 1/200000 de la Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN), 1972.
- Carta Nacional, a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA

2.1 Diagnóstico del Recursos Hídrico

Siendo el agua un recurso finito y vulnerable, esencial para el sostenimiento de la vida, el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente; su aprovechamiento debe estar enmarcado en una gestión integrada, con la participación de los usuarios y de la sociedad en su conjunto.

El Estado tiene el propósito de mejorar la oferta de agua a través del mejoramiento de la eficiencia del uso y de la gestión integrada en las cuencas hidrológicas para lo cual es necesario realizar el diagnóstico de los problemas existentes en la actualidad.

Los recursos hídricos de la cuenca del río Mantaro, a diferencia de otros ríos de la costa del Perú, tienen uso mayoritariamente energético, agrícola, poblacional y minero y no es deficitario; sin embargo no se utilizan adecuadamente por falta de infraestructura de regulación y de riego en general, y por la contaminación de las aguas del río Mantaro.

Un problema especial que afronta los recursos hídricos del río Mantaro es su contaminación por actividades mineras, que hasta la fecha no tiene solución y causa conflictos permanentes.

Otro aspecto relevante también es la contaminación del aire especialmente en la ciudad de La Oroya y que también tiene sus efectos en la población y actividad agropecuaria.

La problemática de la gestión de los recursos hídricos de la cuenca, se caracteriza por la actuación de instituciones públicas privadas sobre los recursos hídricos de la cuenca en forma descoordinada sin obedecer a planes de desarrollo y que generan conflictos por el uso del agua, así como contaminación de todo tipo, cada vez mayor debido a la falta de instrumentos administrativos y legales y una autoridad fuerte y bien implementada para coordinar y proponer las soluciones y hacer cumplir como mínimo la normatividad vigente.

2.2 Ubicación y Demarcación de la Cuenca

2.2.1 Ubicación Geográfica

Geográficamente se ubica entre los 10° 30' a 13° 30' de Latitud Sur y entre los 74° 00' a 76° 30' de Longitud Oeste, abarcando los departamentos de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho, ocupando las provincias de Pasco, Junín, Yauli, Jauja, Concepción, Huancayo, Tayacaja, Huancavelica, Acobamba, Angaraes, Huanta y Huamanga.

El río Mantaro se origina en el Lago Junín, a una altitud de 4080 msnm, recorriendo 735 kilómetros hasta su confluencia con el río Apurímac, a 480 msnm, dando origen en este punto al río Ene. En la Lámina N°01 se muestra el Mapa Base de la Cuenca del río Mantaro.

2.2.2 Demarcación Hidrográfica

El río Mantaro se localiza en los andes centrales peruanos, se ubica dentro de la región húmeda y drena una hoya hidrográfica de 34 400 km² hasta su confluencia con el río Apurímac para conformar el río Ene. En la Lámina N°02 se presenta el Mapa de Unidades Hidrográficas de la Cuenca del Río Mantaro.

La cuenca del río Mantaro forma parte de la vertiente del Océano Atlántico y limita con las siguientes cuencas:

- Por el Norte : Río Huaura y Intercuenca Alto Huallaga
- Por el Este : Perené, Anapatí, Intercuenca Bajo Pampas
- Por el Sur : San Juan, Pisco y Pampas
- Por el Oeste : Chancay-Huaral, Chillón, Rímac, Mala y Cañete

2.2.3 Demarcación Política

Políticamente, la cuenca se encuentra ubicada en las regiones Huancavelica, Ayacucho y Apurímac; comprende los distritos de Pilpichaca ubicado en la provincia de Castrovirreyna, en la región Huancavelica; los distritos Paras, Huanca Sancos, Aucará, Cabana Sur, Querobamba, Soras, San Pedro de Larcay, Huacaña, Vilcas Huamán, Pampa Cangallo, Cangallo, Huancapi, Cayara, Canaria, Hualla, Hauncaralla, Carapo, Totos, Vischongo, Vilcanchos, Chushi, en la región Ayacucho; Chincheros, Talavera, Huaccana, Pampachiri, Uripa y Andahuaylas en la región Apurímac.

2.2.4 Demarcación Administrativa

La Administración Local de Aguas (ALA), Mantaro, se encarga de administrar las aguas de uso agrario y no agrario en el ámbito de su jurisdicción, dependen jerárquicamente de la Autoridad Nacional del Agua; sus límites se presentan en el Cuadro N°2.1 (Anexo I – Cuadros)

Cuadro N° 2.1
DEMARCACIÓN ADMINISTRATIVA

LIMITE	ADMINISTRACIÓN LOCAL DE AGUA
NORTE	ALA Huaura y Pasco
SUR	ALA Chincha-Pisco y Ayacucho
ESTE	ALA Tarma y Perené
OESTE	ALA Chancay-Huaral, Chillón-Rímac-Lurín y Mala Omas-Cañete

Fuente: Elaboración propia

2.3 Accesibilidad – Vías de Comunicación

La cuenca del río Mantaro se interconecta a través de la carretera central, esta vía es utilizada para transportar la mayoría de los alimentos que se consumen en Lima y también para conectar a los departamentos de Huánuco, Pasco y Junín con el resto del país. La línea férrea Lima-Huancayo, que pasa por Ticlio, también se desarrolla paralelo al río Rímac, convirtiéndose en uno de los principales medios de transporte de minerales en el país.

La otra importante vía de comunicación es la vía Los Libertadores, que conecta la Panamericana Sur, a la altura de Pisco – Ica, con Ayacucho y este a su vez interconecta con la red vial secundaria a lo largo y ancho de la cuenca.

2.4 Aspectos Socio-Económicos

2.4.1 Población - Demografía

La población de la cuenca del río Mantaro integrada por los departamentos de Junín (1'091 619 hab.), Ayacucho (619 338 hab.), Huancavelica (447 054 hab.) y Pasco (533 528 hab.), según el CPV 2005, tienen una población de 2' 424 775 habitantes. En Cuadro N°2.2 (Anexo I – Cuadros), se muestra la población de la cuenca por departamentos.

Cuadro N°2.2

POBLACIÓN DEL ÁREA DE LA CUENCA DEL MANTARO

DEPARTAMENTO	HOMBRE	MUJER	TOTAL
AYACUCHO	308770	310568	619338
HUANCAVELICA	221244	225810	447054
JUNÍN	543090	548529	1091619
PASCO	136281	130483	266764
TOTAL	1209385	1215390	2424775

Fuente: INEI, CPV-2005

Los cambios demográficos entre los años de 1972 y 2003, en el ámbito de la cuenca del río Mantaro fueron rápidos y drásticos: en casi 30 años la población se duplicó (INEI), con una tasa de crecimiento de 2,4%. La población urbana se incrementó de 59,5 % a 72,3%, mientras que la rural decreció de 40,5% a 27,7%, la emigración de la población rural a las ciudades promovió la urbanización en la cuenca, generando problemas sociales y económicos visibles en el acceso a servicios, el cambio de los patrones de actividad productiva.

Por otro lado, al comparar la estructura poblacional de 1940 y 2003, notamos que la población envejeció. En 1940, el 40,9% tenía menos de 15 años. En el 2000 sólo el 33,3%. Los datos de la población proyectada al 2003 para los cuatro departamentos indican que sólo el 31% son menores de 15 años. El segmento entre 15 y 64 años constituye la mayor potencialidad de trabajo y representa el 63%, mientras que el 6% corresponde a la tercera edad.

Lo contrario ocurrió con la población mayor de 65 años que era sólo del 3,5% en 1940. En el 2000 ascendió a 4,6% y para el 2003, en la cuenca del río Mantaro, subió al 6%. La pirámide de edades tiende a alargarse (INEI, 2003). La población masculina menor de 15 años es el 51%, la femenina 49%, mientras que en las edades de 15 a 64 años es de 50% para ambos sexos, repitiéndose la proporción en la población de tercera edad.

Densidad poblacional

En el Perú, la distribución poblacional ha cambiado notablemente en las últimas décadas, como respuesta a los procesos de crecimiento de la población y oleadas migratorias internas. Hasta 1940, el 65% de peruanos vivían en la sierra y 29% en la costa. La búsqueda de mejores oportunidades de vida incrementó el flujo migratorio del campo a la ciudad, sobre todo la posibilidad de acceder a una mejor educación, empleo o condiciones de vida. La violencia política de las décadas ochenta y noventa ocasionó una nueva oleada migratoria hacia las ciudades, en donde la población rural migró hacia las ciudades en busca de protección, seguridad y medios de subsistencia.

Actualmente el dato demográfico aparece con proporciones invertidas: la costa tiene el 52% de los peruanos, mientras que la sierra, el 36%. La selva se mantuvo en tercer lugar aun cuando pasó del 6 al 12%.

En las regiones, la densidad poblacional está bastante diferenciada. Hay cinco niveles de densidad: altamente habitado (más de 100 h/km²), densamente habitado (menos de 100 y más de 50 h/km²), normalmente habitado (20 a 50 h/km²) moderadamente habitado (10 a 20 h/km²) y escasamente habitado (menos de 10 h/km²). Bajo este criterio, Junín se encuentra normalmente habitado, moderadamente habitados Huancavelica y Ayacucho, y escasamente habitado Pasco.

Si bien las estadísticas nos muestran que la sierra decrece de 65 a 36% entre 1940 a 1993, algunas ciudades de esta región experimentaron un rápido crecimiento demográfico debido a la urbanización, destacando Ayacucho y Huancayo, estando 3,5 y 8 veces más pobladas respectivamente. La capital departamental Huancavelica apenas sobrepasa los 35250 habitantes. Dos capitales provinciales le siguen: Lircay, situada cerca de Ayacucho y Pampas, ubicada cerca de Huancayo, con el 36% de la población.

2.4.2 Caracterización Socio-Económica

La población económicamente activa, según los datos de la “Encuesta Nacional de Hogares” del tercer trimestre de 1999. Equivale al 18 por ciento de la PEA total nacional, y asciende a 2,2 millones de personas, 46 % es urbana, mientras 54 % está residiendo en el área rural, es decir, en poblados con menos de 2000 habitantes. Las tasas de desempleo son elevadas en el área urbana (8 %), pero de poca relevancia en el área rural (1,4) dada la inexistencia de mercados laborales en estas áreas. El subempleo, en cambio, se halla sumamente extendido, es el 47,1% en el área urbana y el 70,5 % en el área rural, con amplia predominancia del subempleo por ingresos. Esta insuficiencia también tiene relación con la limitación de las relaciones salariales por una inadecuada modernización productiva.

2.5 Cobertura Vegetal

La diversidad florística de la cuenca del Mantaro conocida, se traduce en la presencia de 1460 especies de fanerógamas, que se agrupan en 120 familias y 560 géneros, quedando aún muchas especies indeterminadas.

Posiblemente, el valle interandino del Mantaro es el que tiene más endemias de todos los valles interandinos del Perú.

En la cuenca del río Mantaro se distinguen tres secciones con características orográficas, climáticas y florísticas propias (Tovar, 1985):

- Alto Mantaro: del lago Junín (4100 msnm.) a Ingahuasi (3100 msnm.)
- Mantaro medio: de Ingahuasi a Mayocc (2200 msnm.) y
- Bajo Mantaro: de Mayocc hasta la confluencia con el río Apurímac (500 msnm.)

En el Alto Mantaro, se distinguen las siguientes unidades: piso andino o puna superior, piso altoandino o puna inferior, y piso mesoandino superior. En el Mantaro Medio se distingue el piso mesoandino inferior y piso termoandino superior. En el Bajo Mantaro se distingue el piso termoandino inferior, piso termoandino inferior seco, piso termoandino inferior subhúmedo, y el piso termoamazónico.

El piso altoandino o puna inferior presenta el pajonal denso con oconales y césped de puna, donde la vegetación está constituida por extensos pajonales amacollados y secundariamente por césped de puna y turbera de oconales; y por el césped de puna; esta formación vegetal se presenta alternando con el típico pajonal.

El piso mesoandino superior se caracteriza por presentar un clima templado, con precipitaciones de un promedio anual de 700 a 800 mm de lluvia, es la zona de cultivos de cereales y tuberosas andinas. Por esta razón, la vegetación natural se encuentra en los bordes de chacra solamente, o subiendo hacia cerros y pedregales, generalmente en lugares inaccesibles para el hombre.

El piso mesoandino inferior es el sector comprendido entre Ingahuasi (12° 18' S, 75° 9' W) localizado en la región de Junín, y Mantacra (12° 28' S, 74° 50' W) en la región Huancavelica. Los flancos del valle son escarpados, y constituyen cañones profundos por donde el río discurre torrencioso, sólo entre trechos de muchos kilómetros de distancia hay pequeñas terrazas parcialmente cultivadas, pero existe vegetación natural fuera de ellas.

El piso termoandino superior es el sector comprendido entre Mantacra y Mayocc, el valle en este sector sigue siendo estrecho, cuyos flancos son aun más abruptos que en la sección anterior; las pequeñas terrazas se presentan de trecho en trecho, separadas por muchos kilómetros, y corresponde a Mantacra, Anco, Huanchuy y Mayocc.

Los pisos termoandinos inferior e inferior seco se caracterizan por la presencia de frutos tropicales, y los árboles y arbustos son netamente caducifolios y los terofitos o especies anuales son de corto período vegetativo.

El piso termoandino inferior subhúmedo presenta el bosque sabanero, la sabana con curatella americana, el bosque denso perennifolio (característico de la ceja de montaña) y la puna húmeda oriental.

Finalmente el piso termoamazónico que comienza en los flancos del valle hasta que finalmente se penetra en la llanura amazónica, cerca a la confluencia con el río Apurímac. En el Cuadro N°2.3 (Anexo I – Cuadros), se presenta los diferentes tipos de cobertura presentes en la cuenca, mientras que en la Lámina N°04 denominado Mapa de Cobertura Vegetal la ubicación de las mismas.

Cuadro N°2.3
COBERTURA VEGETAL

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (km)	PORCENTAJE (%)
Al Sv	Tierras altoandinas sin vegetacion	1473.9	2990.6	4.3
Bh m	Bosque humedo de montañas	1225.8	1052.5	3.5
Bo	Bofedal	913.3	1615.5	2.6
Bs vi	Bosque seco de valle interandino	183.6	232.1	0.5
Cp	Cesped de puna	1837.0	926.5	5.3
Cua	Cultivos agrícolas	26.9	44.4	0.1
Cuap	Cultivos agropecuarios	1839.0	901.4	5.3
Cuap/Vs	Cultivos agropecuarios/vegetacion secundaria	761.4	722.3	2.2
Ht	Herbazal de tundra	3490.1	4184.6	10.1
Is	Islas	2.2	17.7	0.0
Lag	Lagunas	484.1	982.4	1.4
Ma/Cuap	Matorrales/Cultivos agropecuarios	8615.6	3119.9	24.9
Nv	Nevados	190.5	602.1	0.6
Pb	Poblados	15.3	43.6	0.0
Pj pu	Pajonal de puna	1455.3	966.7	4.2
Pj/Cp	Pajonal/Cesped de puna	11895.9	5582.1	34.4
Pl	Playones	2.5	21.6	0.0
Q	Queñoal	47.0	118.9	0.1
Rf	Reforestacion	71.5	81.2	0.2
Rp	Rio poligono	15.6	138.0	0.0
TOTAL		34546.5	24344.0	100.0

2.6 Ecología

De acuerdo a la Clasificación Ecológica del Perú, la cuenca del río Mantaro presenta principalmente las siguientes formaciones ecológicas, en la Lámina N°5 se presenta el Mapa de Ecología de la cuenca del río Mantaro.

Mantaro Superior

Tundra Pluvial Alpino Tropical (tp-AT)

Geográficamente, ocupa la franja inmediata inferior del piso nival, entre los 4300 y los 5000 msnm y a lo largo de la cordillera central de los andes.

Clima

En la Tundra Pluvial Alpino Tropical (tp-AT), la biotemperatura media anual es de 3,2 °C (Cercapuquio, Junín, y Huaytapallana en la cuenca del Shullcas), el promedio máximo de precipitación total por año es de 1020 milímetros.

Según el Diagrama de Holdridge, el promedio de evapotranspiración potencial total por año, en estas zonas de vida, varía entre la octava (0,125) y la cuarta (0,25) del promedio de la precipitación total del año, lo que las ubica en la provincia de humedad: Superhúmedo.

Relieve y Suelo

El relieve topográfico es predominantemente abrupto y bajo el modelaje glacial, con afloramientos rocosos. El escenario edáfico está constituido por los Paramosoles (suelos de naturaleza ácida y con horizontes A oscuro, rico en materia orgánica), Páramo Andosoles, domina los materiales volcánicos o piroclásticos y Litosoles en aquellas áreas de fuerte pendiente y naturaleza peñascosas o rocosas.

Páramo Pluvial Subalpino Tropical (pp-Sat)

Se extiende desde los 3900 msnm hasta los 4500 msnm, comprende las partes altas de las subcuencas de los ríos Yauli, Yacus, Achamayo y Shullcas entre otras subcuencas, que son tributarios principales del río Mantaro.

Clima

En el Páramo Pluvial Subalpino Tropical (pp-Sat), donde existen 2 estaciones pluviométricas, el promedio máximo de precipitaciones total por año es de 1819 mm (Lechecochoa, Junín) y el promedio mínimo, de 1754 mm (Jaico, Junín). La biotemperatura media anual, estimado en base al Diagrama de Holdridge, varía entre 3°C y 6 °C.

Relieve y Suelo

La configuración topográfica es variada, desde suave y colinada hasta quebrada. Los suelos son medianamente profundos, de textura media, con horizontes superficial a bastante notable, negro y ácidos por lo general. Complementan el escenario edáfico, los Litosoles en pendiente inclinadas y donde emerge la roca viva (formación Lítica). En las áreas de depresiones húmedas, dominan los Gleysoles alto andinos e Histosoles (suelos orgánicos).

Páramo muy Húmedo Subalpino Tropical (pmh-Sat)

Geográficamente ocupa la parte oriental de la cordillera central, entre los 3900 y 4500 msnm. Esta formación ocupa mayor superficie en la cuenca alta del río Mantaro, comprende la cuenca del Lago Junín, las subcuencas de los ríos Huarón, Carhuacayan, Corpacancha, Pucayacu y Yauli.

Clima

En el Páramo muy húmedo Subalpino Tropical (pmh-Sat), la biotemperatura media anual máxima es de 6 °C (Carhumayo, Junín) y la media anual mínima de

3.8 °C (Hda. Pucará, Junín), el promedio máximo de precipitación total por año es de 1255 mm (Río Pallanga, Junín).

Relieve y suelos

La configuración topográfica está definida por áreas bastante extensas, suaves a ligeramente onduladas y colinadas, en las que se incluye la Pampas de Junín y otras mesetas andinas, con laderas de moderada a fuerte declive hasta presentar en muchos casos afloramiento rocosos. El escenario edáfico está conformado por suelos relativamente profundos, de textura media, ácidos. Donde existe predominio de materiales calcáreos, aparecen los Cambisoles éutricos y Rendzinas. Complementan el cuadro edáfico suelos de mal drenaje (Gleysoles), suelos orgánicos (Histosoles), y Litosoles (suelos delgados).

Vegetación

El escenario vegetal está constituido por abundante mezcla de gramíneas y otras hierbas de hábitat perenne.

Uso actual y potencial de la tierra

El área es apta para el desarrollo de la ganadería, sin embargo el área ribereña que circunda el Lago Junín posee una cubierta vegetal muy particular. En el área se encuentran especies herbáceas típicas de la pradera, se ha desarrollado otros tipos de arbustos, que llegan a conformar un matorral de plantas. Algo característico de la zona es la existencia de buenos suelos con alto índice de fertilidad natural, que favorece la actividad agrícola.

Bosque muy Húmedo Montano Tropical (bmh-MT)

Se ubica entre los 2800 a 3800 msnm. El relieve topográfico es por lo general accidentado con laderas fuertes sobre 60%. Comprende la franja de terreno aguas arriba de la represa de Malpaso hasta la confluencia del río Carhuacayan hacia el Mantaro.

Mantaro Medio

Tundra Pluvial Alpino Tropical (tp-AT)

Se extiende entre los 4300 y 5000 msnm, comprende las partes altas de las subcuencas de los ríos Yauli, Huari, Pachacayo, Cunas y Quillón. La biotemperatura media anual es de 3,2 °C.

Tundra Pluvial Alpino Subtropical (tp-AS)

Se ubica entre los 4300 y 5000 msnm, comprende las partes altas de los ríos Moya y Chinche.

Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT)

Se extiende entre los 2800 y 3800 msnm, comprende las partes bajas de las subcuencas de los ríos Yauli, Huari, Pachacayo, Cunas, Quillón, Moya; así como, las ciudades de La Oroya y Jauja (Valle del Mantaro). La biotemperatura media anual máxima es de 13,1°C y la media anual mínima de 7,3 °C.

Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

Se ubica entre los 2500 y 3200 msnm, predomina en todo el Valle del Mantaro. El relieve varía de suave o plano, propio de las terrazas de los valles interandinos, a inclinados, típico de las laderas que encierran a dichos valles. La biotemperatura media anual máxima es de 16,5 °C y la media anual mínima de 10,9 °C.

En el Cuadro N°2.4 (Anexo I - Cuadros), se presenta los diferentes pisos ecológicos, área, perímetro y porcentaje que representa.

Cuadro N°2.4

ECOLOGÍA DE LA CUENCA DE RÍO MANTARO

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (km)	PORCENTAJE (%)
N-S	Nival Subtropical	0.7	5.9	0.0
NS	Nival Subtropical	144.3	341.0	0.4
NT	Nival Tropical	574.3	1175.4	1.7
bh-MBS	bosque humedo - Montano Bajo Subtropical	23.8	40.2	0.1
bh-MBT	bosque humedo - Montano Bajo Tropical	704.1	709.3	2.0
bh-MS	bosque humedo - Montano Subtropical	3060.9	2430.9	8.9
bh-MT	bosque humedo - Montano Tropical	3295.4	2316.3	9.5
bh-PT	bosque muy humedo - Premontano Tropical	462.7	436.8	1.3
bh-S	bosque humedo - Subtropical	19.1	34.1	0.1
bmh-MBT	bosque muy humedo - Montano Bajo Tropical	625.5	696.7	1.8
bmh-MS	bosque muy humedo - Montano Subtropical	33.1	38.5	0.1
bmh-MT	bosque muy humedo - Montano Tropical	781.6	929.7	2.3
bmh-PT	bosque muy humedo - Premontano Tropical	110.9	123.8	0.3
bmh-S	bosque muy humedo - Subtropical	195.2	198.9	0.6
bmh-T	bosque muy humedo - Tropical	110.0	148.1	0.3
bp-MBS	bosque pluvial - Montano Bajo Subtropical	190.1	166.8	0.6
bp-MBT	bosque pluvial - Montano Bajo Tropical	268.7	220.4	0.8
bp-MS	bosque pluvial - Montano Subtropical	97.2	87.3	0.3
bp-MT	bosque pluvial - Montano Tropical	428.0	463.2	1.2
bp-PT	bosque pluvial - Premontano Tropical	30.2	30.6	0.1
bp-S	bosque pluvial - Subtropical	104.1	83.0	0.3
bs-MBS	bosque seco - Montano Bajo Subtropical	731.9	911.7	2.1
bs-MBT	bosque seco - Montano Bajo Tropical	750.8	618.3	2.2
bs-PT	bosque seco - Premontano Tropical	493.6	486.5	1.4
bs-S	bosque seco - Subtropical	35.9	64.7	0.1
e-MS	estepa - Montano Subtropical	913.4	787.5	2.6
ee-MBS	estepa espinosa - Montano Bajo Subtropical	754.2	655.6	2.2
mte-S	monte espinoso - Subtropical	94.9	131.6	0.3
pmh-SaS	paramo muy h-medo - Subalpino Subtropical	3465.0	2679.5	10.0
pmh-SaT	paramo muy h-medo - Subalpino Tropical	8747.3	3711.4	25.3
pp-SaS	paramo pluvial - Subalpino Subtropical	48.4	76.3	0.1
pp-SaT	paramo pluvial - Subalpino Tropical	1748.9	1451.9	5.1
tp-AS	tundra pluvial - Alpino Subtropical	1389.6	1483.7	4.0
tp-AT	tundra pluvial - Alpino Tropical	4113.0	3375.7	11.9
		34546.5	27111.6	100.0

2.7 Suelos

2.7.1. Clasificación de los Suelos según su Capacidad de Uso Mayor

Generalidades

Teniendo como información básica el aspecto edáfico precedente, es decir, la naturaleza morfológica, física y química de los suelos identificados, se ha utilizado el sistema de clasificación adoptado de Capacidad de Uso Mayor, establecido en el "Reglamento de Clasificación de Tierras", según D.S. N° 0062-75-AG, del 22 de Enero de 1975 y su ampliación establecida por ONERN, para definir en el ámbito de estudio el capacidad de uso mayor.

Capacidad de Uso Mayor de las Tierras del Área Estudiada

En los párrafos siguientes, se describe los diferentes tipos de tierras identificadas a nivel de Grupo, Clase y Subclase de Capacidad de Uso Mayor, sobre una superficie total de 2 107 896 ha. La superficie y porcentaje de las diferentes categorías de tierras identificadas.

➤ Tierras Aptas para Cultivo en Limpio (A)

Estas tierras comprenden una superficie aproximada de 108 000 ha que representan el 5,12% del área estudiada e incluyen en aquellas tierras que presentan las mejores condiciones edáficas y topográficas para la instalación de cultivos agronómicas de acuerdo con las condiciones ecológicas de la zona.



Dentro de este grupo se ha establecido las clases de Capacidad de Uso Mayor: A2 y A3.

Clase A2:

Comprende una superficie de 14 800 ha que representa el 0,70% del área. Son tierras de calidad agrológica media, apropiadas para la explotación agrícola con prácticas moderadas de manejo, con limitaciones tanto edáficas como climáticas. En base a estas limitaciones se ha determinado dos subclases de tierras: A2s (r) y A2se.

Subclase A2s(r)

Cubre una superficie de 1500 ha que representan el 0,07% del área, conformada por suelos profundos, de textura moderadamente fina, bien drenados. Las limitaciones están referidas, específicamente, a la fertilidad natural y al clima.

La unidad edáfica incluía en esta categoría corresponde al suelo La Merced en su fase moderada a fuertemente inclinada (4-15%) localizada por debajo de los 3,000 msnm aproximadamente.

Limitaciones de Uso: la limitación de uso más importante está expresada por la deficiencia en elementos disponibles, como el nitrógeno y fósforo, razón por la cual son considerados de fertilidad natural media.

Subclase A2se

Abarca una superficie de 13 300 ha que representa el 0,63% del área total, conformada por suelos profundos, de textura variable y moderadamente bien drenados. Las unidades edáficas incluidas en ésta categoría son las siguientes: San Juan, Caja, Marcas y Huanta en su fase moderada a fuertemente inclinadas (4-15%), localizadas entre los 3400 y 4000 msnm aproximadamente.

Limitaciones de uso: la limitación de uso más importante la constituye la fertilidad natural baja, expresada por la deficiencia de macronutrientes importantes, como es el nitrógeno y fósforo, el potasio se encuentra en proporciones adecuadas.

Limitaciones de Uso y Manejo: las características agrológicas de estos suelos, permiten al igual que la categoría precedente, utilizarlos sin mayores restricciones en forma intensiva para la producción continua de cultivos anuales.

Especies Recomendables: considerando las condiciones agrológicas, se recomienda la implantación de cultivos al secano, tales como maíz y hortalizas en general.

Clase A3:

Comprende una superficie de 93 200 ha que representan el 4,42% del área total. Agrupa tierras de calidad agrológica baja, apropiadas para la explotación intensiva con prácticas de manejo más intensas, con limitaciones más severas para la mayoría de los cultivos. Se ha determinado las siguientes subclases: A3s, A3s(a), A3d (r), A3s (ar) , A3 sw y A3 se.

Subclase A3s

Cubre una superficie de 900 ha que representan el 0,04% del área estudiada, conformada por suelos profundos, de textura gruesa y de drenaje algo excesivo. La unidad edáfica que incluye esta categoría corresponde al suelo Totoral, fase moderada a fuertemente inclinada (4-15); localizada entre los 3 4000 msnm aproximadamente.

Limitaciones de Uso: la limitación está relacionada con el aspecto edáfico donde la textura gruesa restringe el uso del suelo. La pendiente podría incidir en el

aspecto erosivo cuando se encuentra en el rango de 8 a 15%. Otro factor limitante es el que se refiere a las heladas que ocurren en determinada época del año.

Lineamientos de Uso y Manejo: bajo el sistema tradicional de uso, las tierras en esta subclase, son capaces de producir cosechas con rendimientos que no son los más adecuados. Es necesario aplicar materia orgánica que tendrá como finalidad mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos.

Especies Recomendables: se recomienda la implantación de cultivos, tales como papa, oca, olluco, mashua, tarwi, así como cañihua, quinua, cebada, y haba entre otros.

Subclase A3s(a)

Abarca una superficie de 5 200 ha que representan el 0,25% del área evaluada, conformada por suelos antropogénicos, profundos, de textura gruesa y de drenaje algo excesivo.

La unidad edáfica que incluye esta categoría corresponde al suelo Huaytará, en su fase climática más húmeda y en fase plana a ligeramente inclinada (0-4%), ubicado en áreas próximas a zonas semiáridas, dentro del flanco occidental de la cordillera andina, entre los 3000 y 3400 msnm aproximadamente.

Limitaciones de Uso: las tierras que conforman esta categoría corresponden a las comúnmente llamadas “andenes”, que son terrazas o terraplenes escalonados construidos sobre las faldas o laderas de montañas.

Lineamientos de Uso y Manejo: el uso de estas tierras debe estar encaminado a la siembra de cultivos en limpio, tomando como ejemplo base el manejo realizado por los habitantes del antiguo Perú.

Especies recomendables: bajo condiciones de secano puede implantarse una amplia gama de cultivos en limpio como: maíz, papa, trigo, cebada, arveja, frijol, oca; hortalizas en general, etc.

Subclase A3s(r)

Comprende una superficie de 12700 ha que representa el 0,60% del área evaluada, conformada por suelos profundos, de textura gruesa y de drenaje algo excesivo.

La unidad edáfica que incluye esta categoría corresponde al suelo Pámpano en sus fases plana a ligeramente inclinada (0-4%) y moderada a fuertemente inclinada (4-15%), localizada por debajo de los 3000 msnm aproximadamente.

Limitaciones de Uso: las limitaciones más importantes que caracterizan a las tierras de esta subclase son la textura gruesa y la deficiencia de agua.

Lineamientos de Uso: al igual que las subclases anteriores estas tierras son apropiadas para cultivos en limpio, con riego complementario.

Especies recomendables: bajo condiciones de riego, en estas áreas, es posible sembrar hortalizas en general, legumbres y menestras.

Subclase A3s (ar)

Cubre una superficie de 2800 ha que representan el 0,14% del área total, conformada por suelos antropogénicos, profundos, de textura gruesa y algo excesivamente drenados. La unidad edáfica que incluye esta categoría corresponde al suelo Huaytará, en su fase plana a moderadamente inclinada (0-4%), en áreas próximas a zonas semiáridas dentro de la vertiente del pacífico por debajo de los 3000 msnm, aproximadamente.

Limitaciones de Uso: estas tierras presentan las mismas limitaciones mencionadas en la subclase A3s (a), adicionándose la deficiencia de agua.

Lineamientos de Uso y Manejo: los lineamientos de uso y manejo son los mismos mencionados en la subclase A3s (a), donde además debe realizarse un adecuado programa de riego.

Especies Recomendables: bajo riego en estas áreas puede sembrarse hortalizas en general, legumbres, menestras, etc.

Subclase A3sw

Abarca una superficie de 3000 ha que representan el 0,14% del área evaluada, conformada por suelos moderadamente profundos, de textura moderadamente fina y de drenaje imperfecto.

La unidad edáfica que incluye esta categoría correspondiente al suelo Totoral, en su fase por drenaje imperfecto y en su fase plana a ligeramente inclinada (0-4%), localizado entre los 3000 y 3400 msnm aproximadamente.

Limitaciones de Uso: La limitación principal que presenta estas tierras está relacionada básicamente con el factor drenaje, donde los suelos presentan un perfil constantemente húmedo y napa freática fluctuante.

Lineamientos de Uso y Manejo: Es necesario realizar obras de drenaje para evacuar los excesos de humedad, principalmente en la zona cercana a la localidad de Pampas.

Especies Recomendables: Considerando las condiciones agrológicas de estos suelos es recomendable la implantación de cultivos, tales como: papa, maíz, cebada, avena, haba, oca, oluco, mashua, tarwi, cañihua, etc.

Subclase A3se

Comprende una superficie de 68 600 ha que representan el 3,25% del área total y la más extensa dentro de la aptitud para cultivos en limpios, conformada por suelos profundos, de textura variable y moderadamente bien drenados.

Las unidades edáficas incluidas en esta categoría son las siguientes: Córdova, en su fase climática más húmeda, en pendiente moderadamente empinada (15-25%), localizada entre los 3000 y 3400 msnm aproximadamente, San Juan, Caja, Marcas y Huanta, en su fase moderadamente empinada (15-25%), localizada entre los 3400 y 4000 msnm aproximadamente.

Limites de Uso: Las limitaciones de uso de estos suelos están relacionadas con la fertilidad natural baja y el factor topográfico, por el grado de sus pendientes.

Lineamientos de Uso y Manejo: por la calidad agrológica baja de los suelos que conforman esta categoría su utilización para cultivos en limpio presentan restricciones mayores.

Especies Recomendables: Se puede implantar los cultivos en limpio siguientes: maíz, trigo, cebada, quinua, avena, haba, frijol, papa, oca, mashua, olluco, entre otros.

➤ **Tierras Aptas para Cultivo Permanente (C)**

Estas tierras comprenden una superficie de 1000 ha que representan el 0,05% del área estudiada, e incluye aquellas tierras que, por sus limitaciones edáficas o topográficas, restringen su uso para la implantación de una agricultura intensiva anual, pero que sin son aparentes para una agricultura a base de especies permanentes.

Clase C3:

Abarca una superficie de 1000 ha que representa el 0,05% del área. Son tierras de calidad agrológica baja, debido a que presentan fuertes limitaciones para la instalación de cultivos perennes, requiriendo de prácticas intensivas de manejo y conservación.

Dentro de esta clase, se ha reconocido la subclase C3se(r).

Subclase C3se (r)

Cubre una superficie de 1000 ha que representa el 0,05% del área evaluada, conformada por suelos profundos, de textura variable y drenaje algo excesivo a bueno.

Limitaciones de Uso: las limitaciones de uso de los suelos que conforman esta categoría están relacionadas con la fertilidad baja a media y la pendiente moderadamente empinada.

Lineamientos de Uso y Manejo: para subsanar la deficiente fertilidad natural de los suelos, es necesario aplicar una fertilización balanceada aplicada al pie de planta en los cultivos esto debe hacerse con fertilizantes de reacción neutra, de acuerdo con el tipo de cultivo.

Especies Recomendables: especialmente estas tierras deben utilizarse para plantaciones de frutales adaptables a las condiciones ecológicas dominantes.

➤ Tierras Aptas para Pastos (P)

Comprende una superficie de 515 200 ha que representa el 24,44 % del área total evaluada y es el segundo en extensión después de las tierras de protección. Las tierras que incluye este grupo, por sus limitaciones, no son aptas para cultivos en limpio, pero si son aparentes para cultivos de pastos nativos o mejorados, adaptados a las condiciones ecológicas del medio.

Dentro de este grupo se ha reconocido dos clases de Capacidad de Uso) Mayor: P2 y P3.

Clase P2:

Abarca una superficie de 221 500 ha que representa el 10,51% del área evaluada. Estas tierras de calidad agrológica media, son apropiadas para la producción de pastos con prácticas moderadas de manejo.

Subclase P2sc

Abarca una superficie de 108 600 ha que representa el 5,15% del área total conformada por suelos superficiales a profundos, de textura variable: drenaje moderado.

Las unidades edáficas incluidas en esta categoría son las siguientes: Pacococha y Santa Inés en su fase plana a ligeramente inclinada (0 - 4%); Ichupata en su fase moderada a fuertemente inclinada (4 - 15%); entre otras.

Limitaciones de Uso: los problemas de uso de estas tierras están relacionados básicamente con el clima y adicionalmente con la fertilidad natural.

Especies Recomendables: Es necesario mantener el pasto natural existente, con las prácticas de manejo adecuadas, como es el caso de la Festuca dolichophylla (Chillhuar), Poa aequigluma, Muhlenbergia ligularis (grama), Alchemilla pinnata (Sillo), Bromas sp, (cebadilla), Calamagrostis ovata, calamagrostis eminens, entre otros.

Subclase P2sec

Cubre una superficie de 112 900 ha que representa el 5,36% del área evaluada,

conformado por suelos profundos, de textura variable, de drenaje moderado a bueno.

Limitaciones de Uso: Las limitaciones de uso de estas tierras están relacionadas con el clima, fertilidad natural y la pendiente, por su incidencia en los riesgos de erosión.

Lineamientos de Uso y Manejo: el pastoreo de estas tierras debe llevarse a cabo en la misma forma como ha sido mencionado en la categoría precedente, adicionando los problemas de erosión a que están sujetos debido a las mayores gradientes.

Especies Recomendables: Se recomienda las especies mencionadas en la categoría precedente.

Clase P3:

Abarca una superficie de 293 700 ha que representa el 13,93% del área evaluada. Estas tierras son de calidad agrológica baja y de aptitud limitada para pasturas; sin embargo, permiten desarrollar una actividad ganadera económicamente rentable, pero con un manejo adecuado. Las limitaciones son severas, especialmente de orden climático.

Dentro de esta clase se ha reconocido las siguientes subclases: P3se, P3sec y P3swc.

Subclase P3se

Comprende una superficie de 116 700 ha que representa el 5,54% del área estudiada, conformada por suelos profundos, de textura variable y moderadamente bien drenados.

Los suelos incluidos en esta categoría corresponden a las unidades San Juan y Marcas en su fase empinada (25-50%), localizadas en los 3400 msnm aproximadamente.

Limitaciones de Uso: Como se puede apreciar, estas tierras tienen una limitación adicional al suelo, que corresponde a la pendiente empinada.

Lineamientos de Uso y Manejo: al igual que en las categorías anteriores estas tierras deben utilizarse estableciendo potreros cerrados, rotando los campos, así como también realizando riego y resiembra.

Especies Recomendables: la pendiente empinada característica de los suelos que conforman esta Subclase, limitan la implantación de pastos cultivados, por lo tanto es necesario mantener y/o mejorar el pasto natural, especialmente la Festuca dolicophylla, Poa aequigluma, Muhlenbergia ligularis, Alchemilla pinnata, Bromus sp., Calamagrostis ovata, Calamagrostis eminens, entre otros.

Subclase P3sec

Abarca una superficie de 153 900 ha que representa el 7,30% del área evaluada, conformada por suelos profundos, de textura media, bien drenados. Los suelos incluidos en esta categoría corresponden a las unidades Ichupata y Yanapampa en su fase empinada (25 - 50%), localizadas sobre los 4000 msnm.

Limitaciones de Uso: los suelos de esta categoría presentan adicionalmente a la fertilidad natural baja, dos limitaciones severas para la producción de pastizales, y son el factor climático y la pendiente empinada, sin embargo, bajo condiciones adecuadas de manejo pueden ser utilizados.

Lineamientos de Uso y Manejo: estas tierras deben ser utilizadas con mucho cuidado, para evitar su deterioro; en este sentido, la soportabilidad de carga de los pastizales por unidad de área debe ser racional utilizada.

Especies Recomendables: el tratamiento que se le dé a esta subclase debe considerar; esencialmente la conservación de la cubierta vegetal natural, principalmente por la función de protección que ejercen.

Subclase P3swc

Cubre una superficie de 23 100 ha que representa el 1,09% del área total, conformada por suelos orgánicos, con abundantes fibras en estado de descomposición y con drenaje pobre.

Los suelos incluidos en esta categoría corresponde a la unidad Choclococha en sus fases plana a ligeramente inclinada (0 - 4 %) y moderada a fuertemente inclinada (4 -.15%), localizadas sobre los 4 000 msnm.

Limitaciones de Uso: los problemas de uso que presentan estas tierras, están relacionados básicamente con el factor drenaje, el cual es pobre, observándose generalmente en el lugar donde prosperan, cuerpos de agua asociados con suelos orgánicos, los que comúnmente son llamados "oconales".

Especies Recomendables: conservar la vegetación natural propia de los oconales, como es el caso de las comúnmente llamadas champa estrella, paco, choclla, juncos, etc., que también son consumidas por los camélidos sudamericanos.

➤ **Tierras Aptas para Producción Forestal (F)**

Comprende una superficie de 312 200 ha que representa el 14,81% del área total evaluada. Las tierras que conforman este grupo, por sus limitaciones, no son aptas para la actividad agropecuaria, pero si permiten la forestación con especies maderables propias-del medio ecológico.

Dentro de este grupo se ha reconocido solamente la Clase F3.

Clase F3:

Cubre una superficie de 312 000 ha que representa el 14,81% del área evaluada. Esta categoría incluye las tierras de inferior calidad agrológica para producción forestal por presentar severas deficiencias de orden topográfico y edáfico.

Dentro de esta clase solamente se ha descrito la subclase F3se.

Subclase F3se

Abarca una superficie de 312 000 ha que representa el 14,81% del área estudiado, conformada por suelos profundos, de textura variable bien drenados. La unidad edáfica incluida en esta categoría corresponde al suelo San Juan en su fase muy empinada (50-70 %) localizada entre los 3400 y 4000 msnm, aproximadamente.

Limitaciones de Uso: las limitaciones de orden edáfico están referidas principalmente a la fertilidad, por su deficiencia en nutrientes, como nitrógeno y fósforo. La principal limitación está determinada por las pendientes muy empinadas que aumenta la susceptibilidad a la erosión por el incremento de la escorrentía.

Antiguamente existían grandes extensiones de bosques naturales, que han sido severamente devastados.

Lineamientos de Uso y Manejo: debido a las fuertes limitaciones, estas tierras sólo pueden utilizarse para forestación o reforestación con especies maderable; comerciales, adaptables al medio andino.

Especies Recomendables: las especies adaptables al medio andino serían el eucalipto (*Eucalyptus glóbulus*) y el pino (*Pinus radiata*); el primero, recomendable hasta alturas aproximadas a los 3 600 msnm, debido a las condiciones favorables

de temperatura, humedad y precipitación; el segundo, recomendable a partir de los 3500 msnm hasta los 4000 msnm, aproximadamente, donde encuentra condiciones adecuadas para su crecimiento.

Por otro lado, especies como el quishuar (*Polylepis* sp.), quishuar (*Buddleia incana*), el ccassi (*Haplorus peruviana*), el aliso (*Alnus jorulensis*), el sauco (*Sambucus peruviana*), entre otras, pueden ser utilizadas en los programas de reforestación.

➤ **Tierras de Protección (X):**

Comprende una superficie de 1 171 496 ha, que representa el 55,58% del área total evaluada y que incluye 12 196 ha de ríos, lagunas y localidades. Como se puede apreciar es la superficie más extensa del departamento de Huancavelica e incluye aquellas tierras que presentan limitaciones tan severas que las hacen inapropiadas para propósitos agropecuarios y aún para explotación forestal, quedando relegadas para otros propósitos de gran valor económico como es el caso de la actividad minera, energía, vida silvestre, etc. o para protección de cuencas o valores escénicos.

En el Cuadro N°2.5 (Anexo I – Cuadros), se presenta las características generales de las tierras en la cuenca del río Mantaro, según su capacidad de uso mayor.

Cuadro N°2.5

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TIERRAS DE LA CUENCA DEL MANTARO, SEGÚN SU CAPACIDAD DE USO MAYOR

USO MAYOR			SUPERFICIAL		CARACTERÍSTICAS GENERALES Y LINEAMIENTOS DE USO Y MANEJO	ESPECIES RECOMENDABLES		
GRUPO	CLASE	SUBCLASE	HA	%				
A	A2	A2s@	1,500.00	0.07	Apta para cultivo en limpio con limitaciones por suelos referidas a la fertilidad, además del clima. Se recomienda fertilización balanceada, así como incorporación de materia orgánica balanceada. Por sus condiciones ecológicas, requieren de riego permanente. Tomar medidas de control de la erosión regresiva en determinados sectores.	Bajo condiciones de riego: papa, trigo, cebada, arveja, garbanzo, maíz, frijol, hortalizas afines al medio		
		A2se	13,300.00	0.63	Apta para cultivo en limpio con limitaciones por suelos relacionados con la fertilidad, adicionándose las heladas y la pendiente en el rango de 8 a 15 %. Se recomienda prácticas dedicadas al mejoramiento de la fertilidad del suelo, protección del proceso erosivo y señalar adecuadamente las épocas de siembra con el fin de evitar el problema de heladas; así como también el uso de cultivos criófilos.	Papa, oca, mashua, olluco, avena, cebada, quinua, cañigua, centeno, trigo, haba, frijol, etc.		
	C	A3	A3s	900.00	0.04	Aptas para cultivo en limpio, con limitaciones por suelos, relacionadas principalmente a la textura gruesa. Se recomienda aplicación de materia orgánica, riegos frecuentes e intensos.	Papa, oca, mashua, olluco, chocho o trawi, cebada, quinua, cañigua, trigo, haba, frijol, etc.	
			A3s(a)	5,200.00	0.25	Aptas para cultivos en limpio en sistema de andenería con limitaciones por suelo, referidas a la textura gruesa. Se recomienda la conservación de los andenes y en ellos aplicar practicas culturales inherentes al medio para desarrollar una optima relación suelo-agua-planta.	Maíz, papa, trigo, cebada, arveja, oca, trigo, hortalizas en general.	
			A3s@	12,700.00	0.60	Aptas para cultivo en limpio, con limitaciones por textura gruesa, deficiencia de agua, así como inundabilidad esporádica. Se recomienda aplicaciones de materia orgánica y riegos frecuentes e intensos, así como rotar los cultivos, con la finalidad de mejorar las propiedades físico-químico de los suelos.	Hortalizas en general, legumbres y menestras.	
			A3s(ar)	2,800.00	0.14	Aptas para cultivos en limpio en sistema de andenería, con las mismas limitaciones asignadas a la subclase A3s(a) adicionándose la deficiencia de agua. Se recomienda las mismas prácticas culturales mencionadas en la subclase A3s(a) y además un programa de riego complementario con aplicación de materia orgánica.	Hortalizas en general, legumbres y menestras, etc.	
		A3	A3sw	3,000.00	0.14	Aptas para cultivo en limpio donde la limitación principal es el drenaje pobre. Se recomienda, dada la extensión de la zona, la implementación de una red de drenaje adecuado.	papa, maíz, cebada, avena, haba, oca, olluco, trawi, cañigua, etc.	
			A3se	68,600.00	3.25	Apta para cultivo en limpio con limitaciones por suelos, referida a la fertilidad, además de la pendiente y los descensos de temperatura. Se recomienda fertilización balanceada, control de la erosión, realizando los cultivos siguiendo las curvas de nivel del terreno. Con el fin de evitar los problemas de heladas, señalar la época adecuada para la siembra.	Maíz, trigo, cebada, quinua, avena, cañigua, centeno, haba, frijol, papa, oca, mashua, olluco, etc.	
			C3	C3se@	1,000.00	0.05	Aptas para cultivo permanente, con limitaciones relacionadas con la fertilidad baja a media, pendiente moderadamente empinada y deficiencia de agua. Se recomienda una fertilización balanceada, realizar cultivos en faja o en el sentido transversal a la pendiente, siguiendo las curvas de nivel del terreno. Por otro lado, es condición fundamental el riego permanente.	Frutales de hueso, como durazno, melocotonero, cerezo.
				P	P2	P2sc	108,600.00	5.15
P2sec	112,900.00	5.36	Aptas para pastos, con limitación principal por clima, fertilidad natural y la pendiente moderadamente empinada. Las recomendaciones son las mismas de la subclase anterior, adicionándose el incremento de los cultivos forrajeros de corte.			Ciliguar, grama, silo, cebadilla, calamagrostis, entre otras.		
P3	P3se	116,700.00	5.54		Aptas para pastos, con limitación por suelo, referidas a la fertilidad, además de la pendiente empinada. Se recomienda el establecimiento de potreros cerrados, rotación de los campos, riego y resiembra, así como también mantener una cantidad menor de animales por hectárea.	Pastos naturales como stipa, calamagrostis, festuca y arbustos como tola, yareta y cactáceas como cactus y apunite.		
	P3sec	153,900.00	7.30		Aptas para pastos, con limitaciones severas en clima y erosión, así como baja fertilidad natural. Se recomienda racionalizar la soportabilidad de carga de los pastizales y también evitar la extracción arbustiva para leña con la finalidad de evitar el proceso erosivo.	Pastos naturales como champá, estrella, paco, etc.		
	P3swc	23,100.00	1.09		Aptos para pastos, con limitaciones severas en cuanto a drenaje y clima. Se recomienda profundizar los canales naturales de desagüe o realizar drenaje artificial. Evitar el sobrepastoreo.	Pastos naturales como champá, estrella, paco, etc.		
F	F3	F3se	312,200.00	14.81	Aptas para producción forestal con limitaciones por suelo referidos a la fertilidad baja, además de la pendiente muy empinada. Se recomienda la forestación o reforestación con especies maderables comerciales.	Quirinal, ccassi, aliso, sauco, eucalipto, pino, etc.		
X			1,159,300.00	55.00	Tierras de protección, debido a su topografía muy accidentada, superficialidad de los suelos, alta susceptibilidad a la erosión.			
			12,196.00	0.58	Ríos, lagunas y localidades			
TOTAL			2,107,896.00	100.00				

2.8. Geología

La cuenca presenta numerosas unidades litoestratigráficas distribuidas de la siguiente manera. Al norte del lago Junín afloran depósitos cuaternarios bofedales y hacia el extremo NE de la cuenca formaciones del Paleozoico como son el grupo Ambo del Carbonífero (areniscas y lutitas carbonosas) y las calizas de la formación Condorsinga (grupo Pucará) del Jurásico inferior como unidades litológicas predominantes.



Al noroeste del lago Junín predominan las areniscas Casapalca del Terciario Inferior (paeloceno) que infrayacen a la formación Huayllay del Plioceno (tufos volcánicos).

Entre la Oroya y el estrecho de entrada al Valle del Mantaro hay depósitos glaciares, terrazas y depósitos fluvio-glaciáricos en las zonas altas de las subcuencas de Yauli, Huari y Pachacayo.

Entre la margen derecha del río Mantaro, entre Jauja y Orcotuna, predominan las series triásicas-jurásicas (formaciones Aramachay y Condorsinga) de naturaleza lutácea y calcárea. Sobreyacen a estas unidades conglomerados areniscas de la formación Casapalca del Terciario inferior.

La formación Casapalca o “Capas rojas”, como también se le conoce, constituye sedimentos continentales de amplio desarrollo en la cordillera andina central y en el área aflora principalmente en la hoja Conaica. Consiste de una intercalación de brechas y conglomerados de clastos calcareos y cuartícos, cementados por materiales areno-arcillosos de tonos rojizos en la base y de areniscas, conglomerados y lutitas con paquetes calizas y chert, igualmente de tonos rojizos gradando levemente a blanquecinos – verdosos, en la parte superior.

En la margen izquierda entre Jauja y Orcotuna predominan las series devonianas del Grupo Excelsior (Formación Concepción) que consisten de conglomerados y cuarcitas y cortando a estas una secuencia de porfiroides intrusivos.

A la altura de Huancayo, en la margen izquierda del río Mantaro afloran predominantemente secuencias lutáceas-areniscosas del Grupo Excelsior del Paleozoico inferior, intercalado con secuencias conglomerádicas del Grupo Mitu y en la parte superior de forma conspicua las calizas del Grupo Pucará. Estas calizas Pucará también predominan en la margen derecha de la cuenca entre la ciudad de Huancayo e Izcuchaca (12°28'S).

Al SW de la ciudad de Huancayo afloran unidades del Cretáceo, tales como las secuencias areniscosas de las formaciones Chulec, Paritambo y el Grupo Gollayrisquiza que infrayacen a las areniscas de la Fm. Cerca Puquio del Jurásico medio.

Al NE de Pampas (12°24'S, 74°54'W), en la margen derecha del río Mantaro predominan las series lutáceas del Grupo Excelsior (Paleozoico Inferior) y en la margen derecha estas mismas lutitas se encuentran metamorfizadas. Entre Salcabamba (12°11'S, 74°46'W) y Occoro (13°35'S, 74°47'W), al Norte de Pampas, se observa un extenso afloramiento intrusivo del Cretáceo Inferior compuesto por rocas dioríticas y granodioríticas (Batolito de Villa Azul). En las inmediaciones de Pampas la serie lutácea del Grupo Excelsior se encuentra ampliamente distribuida. Hacia el SW y SE de Pampas aparecen secuencias calcáreas del Grupo Pucará del Jurásico Inferior.

En el sector de Pampas, de la parte norte del área, ocurre un extenso afloramiento de lutitas y areniscas que conforman dos grandes fajas de orientación NO-SE, correlacionables con las descritas por Mc Laughlin (1925) como serie Excelsior.

Las lutitas son de color gris oscuro, finamente estratificadas; han sufrido parcial metamorfismo, manifestado por el desarrollo de láminas de mica y pizarras, cuando ocurre en las zonas próximas al contacto con el complejo Huaytapallana, de edad precambriana, que aflora en el norte del área de estudio. Cabe indicar que en las cercanías del sector, ocurren localmente filitas, esquistos y muy ocasionalmente gneises a los que tentativamente se le puede correlacionar con dicho complejo.

En el área de Mayocc (12°46'S, 74°24'W) predominan las secuencias lutáceas del Grupo Tarma (Paleozoico Inferior) fuertemente plegadas por la presencia del intrusivo Cobriza del Pérmico Superior-Triásico. En las inmediaciones de Huanta (12°55'S, 74°15'W), margen izquierda del río Mantaro aflora ampliamente la formación del mismo nombre, del mioceno inferior que esta constituida por limoarcillitas, areniscas y algunos niveles de naturaleza volcánica.

En las inmediaciones de Ayacucho afloran las secuencias tufáceas de origen volcánico pertenecientes a la familia Huanta del Terciario Inferior cuyos conos de deyección se encuentran al norte y sur de Ayacucho. Predominan en los extremos Este y Oeste de Huanta secuencias conglomerádicas del Grupo Mitu (Paleozoico Superior).

El extremo SW de la cuenca se ubica en dirección a Huancavelica, se observan formaciones pelíticas que corresponden al Grupo Excelsior del Paleozoico Inferior y una secuencia tipo capas rojas (conglomerados y derrames andesíticos) del Grupo Mitu del Paleozoico Superior.

2.9. Recursos Hídricos Superficiales

2.9.1. Reconocimiento de Fuentes de Agua Principales

En la cuenca del río Mantaro se distinguen 3 tipos principales de fuentes de agua superficial.

El primero lo constituye el río Mantaro que es aprovechado por diferentes sectores en su largo recorrido.

Las otras fuentes lo constituyen los ríos afluentes como el río Yauli, Yacus, Achamayo, Cunas y Shullcas entre otros, y que tiene un intenso uso agrícola, poblacional y energético, y se localizan principalmente en la parte alta y media de la cuenca del Mantaro. Estos ríos son descritos mas adelante.

El otro tipo de fuente lo constituyen las innumerables lagunas localizadas en diferentes partes de la cuenca.

El río Mantaro

El río Mantaro se origina en la laguna Junín o Chinchaycocha, y posee un recorrido en sentido norte – sureste, desde su nacimiento hasta Izcuchaca (Lat 12° 28' S, Long 75° 1' W) y Mayoc (Lat 12° 46' S, Long 74° 24' W), y desde allí se dirige hacia el este y luego al norte, formando la península de Tayacaja.

El primer sector del río comprende desde el Lago Junín, hasta el Pongo de Pahuanca. El Bajo Mantaro desde Pahuanca hasta la unión con el río Apurímac. El sector del Bajo Mantaro es aprovechado para la generación de energía eléctrica mediante el Complejo Mantaro compuesto por las centrales hidroeléctricas: Santiago Antúnez de Mayolo y Restitución.

La Cuenca del río Mantaro es el primer colector de los tributarios que drenan las vertientes de su cuenca interregional, abarcando las regiones de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho. Los principales tributarios por la margen derecha son: el río Huarón, Carhucayán, Corpacancha y Pucayacu, Yauli, Huari o Huay Huay, Pacahacayo, Cunas, Moya, y Huancavelica. De estos ríos, el Cunas es el más importante por el uso de agua para el sector agricultura y la generación de energía hidroeléctrica. Por la margen izquierda desembocan al Mantaro los ríos Yacus, Seco, Achamayo, Shullcas y Chancha.

La cuenca del río Mantaro presenta 6717 lagos y lagunas que cubren un área de

76.761,57 ha, siendo las principales: Chinchaycocha, Marcapomacocha, Paca, Tranca Grande, Pomacocha, Huascacocha, Hichicocha, Coyllorcocha, Lasuntay, Chuspicocha, Quiullacocha, Yuraicocha, Azulcocha, Carhuacocha, Huaylacancha

En la parte alta del río Pachacayo, en la subcuenca del río Cochas se encuentran: las presas de Huaylacancha, Carhuacocha, Azulcocha y Tembladera, que totalizan un volumen regulado de 56,93 Hm³. En la subcuenca del río Piñascocha se construyeron las presas de: Vichicocha, Yuracocha y Ñahuincocha, con una regulación total de 14,2 Hm³. En la sub-cuenca del río Quillón se han construido 5 presas que regulan un total de 56 Hm³ en las lagunas de: Coyllorcocha, Yurajcocha, Balsacocha, Huichicocha, Ñahuincocha.

Lagunas en la zona alta del Valle del Mantaro:

En el ámbito geográfico del valle del Mantaro identificamos un buen número de lagunas, emplazados en su mayoría sobre los 4 000 msnm, en la vertiente es muy cerca a la divisoria de aguas, con la excepción de algunas que se localizan debajo de esta cota, caso de la Laguna de Paca (3 360 msnm), Laguna Chicchipampa (3 200 msnm), y la Laguna de Ñahuinpuquio (3 390 msnm), que están en el fondo del valle.

Las lagunas del valle del Mantaro, así como del territorio nacional están ligados a los fenómenos de tectonismo y son de origen glacial, en la actualidad ocupan los glaciares, obstruidos por morrenas terminales, morrenas de fondo, por conos de escombros, por diques rocosos y lenguas terminales, de allí que tienen diversas formas destacando las alargadas, redondas, irregulares, etc. y en muchos casos no tienen afluencia (desagüe) es decir son cerradas, otras dan origen a los cursos de agua y otras están atravesadas por los ríos, en su mayoría contienen aguas cristalinas y frías, de este modo se constituyen en un recurso muy importante a ser utilizado.

Para identificar y localizar las lagunas en el valle del Mantaro hemos clasificado por sus formas y su naturaleza en diferentes grupos, es decir por subcuencas, teniéndose un total 89 lagunas (aguas lénticas) en el valle del Mantaro.

a) Lagunas del Grupo Yacus

Estas lagunas se localizan en la parte alta de la subcuenca de río Yacus, sobre los 4000 msnm, siendo en total 8 de los cuales 2 tienen la forma irregular, 3 ovalada, 1 alargada, 1 trapezoide y un triangular, ninguno está atravesado por un río, de los cuales 4 son lagunas cerradas (efluente) sin salida y tres tienen desagüe es decir dan origen a cursos de agua, como en el caso de la Laguna Ijira que da origen al río Ijira, la laguna Ninaycocha que da origen al río Yacus.

b) Lagunas del Grupo Achamayo

Las Lagunas Grupo Seco-Achamayo, esta subcuenca se emplazan sobre los 4000 msnm, suman en total 46 y ocupan una superficie total aproximada de 322,7 ha de los cuales 16 tienen la forma ovalada, 8 son de forma alargada, e irregular, 7 tienen la forma triangular y circular. Asimismo cabe resaltar que 25 lagunas son cerradas (sin desagüe), 12 dan origen a ríos y 9 son atravesados por los ríos, es decir son cauces fluviales.

De igual modo la laguna de Huascacocha tiene una superficie aproximada de 67 ha, Paccha 57 ha, por ambas pasan importantes ríos que aguas abajo se denomina río Seco. Asimismo la laguna de Chahuacocha con 21,5 ha abastece de agua para dar origen al río Achamayo.

c) Lagunas del Grupo del Shullcas

Dentro del ámbito geográfico de esta subcuenca del Río Shullcas identificamos 43 lagunas, todas emplazadas sobre los 4 000 msnm, de los cuales la de mayor

longitud son: Lazo Huntay 33 ha aprox., Chuspicocha, con 22,5 ha. De los cuales 10 tienen la forma ovalada, 5 circular, 3 son de forma irregular y alargada y 2 son de forma trapezoide. Asimismo, 9 lagunas no tienen salida son cerradas (lagunas efluentes), están atravesados por cursos de agua y 11 dan origen a los principales ríos de la subcuenca, destacando las Lagunas de Lazo Huntay y Chuspicocha en donde nace el Río Shullcas, ambas lagunas se emplazan en la base de los nevados Talves y Haytapallana respectivamente, por consiguiente son abastecidas por el agua de fusión de los glaciares de montaña.

d) Lagunas del Grupo del Cunas

En la subcuenca de este río, lo que corresponde al valle del Mantaro sólo encontramos 2 lagunas, emplazadas en el fondo del valle, como la de Ñahuinpuquio que desagua al río Cunas y la Laguna Chicchipampa (en los pantanos del mismo nombre) es una laguna cerrada.

e) Lagunas del Grupo Yauli

Dentro de la subcuenca del río Yauli identificamos 9 lagunas en total, todas emplazadas sobre los 4400 msnm muy cerca de la divisoria de aguas, destacando la Laguna de Quiullacocha en La Oroya - Yauli, que está en la divisoria de aguas, a una altitud de 4540 msnm, siendo de forma irregular.

2.9.2 Infraestructura Hidráulica Principal

En el ámbito de la zona de estudio, la infraestructura principal con fines agrícolas y que capta los recursos del río Mantaro lo constituyen los canales margen derecha y margen izquierda del río Mantaro, que son canales de irrigación de gran longitud y cubren requerimientos de riego de una gran extensión de superficie agrícola.

Por otro lado la infraestructura hidráulica de los principales afluentes, priorizados en el presente estudio, se detallan en los ítems respectivos de cada subcuenca.

2.10. Características Fisiográficas

2.10.1. Generalidades

El ámbito geográfico que comprende el área de estudio y que abarca parte de la cadena central y occidental de los andes centrales del Perú, presenta unidades geomorfológicas variadas, debido principalmente a la interacción de los diferentes procesos orogénicos y pirogénicos.

En el anexo de planos se muestra la Lámina N°06 en donde se muestran las diferentes formaciones fisiográficas.

En el Cuadro N°2.6 (Anexo I – Cuadros), se presenta las diferentes unidades fisiográficas. En el extremo norte, en las proximidades del Lago Junín (naciente del río Mantaro), se presentan dos tipos de llanura cuya pendiente varía de 0 a 15%, llanuras disectadas de 15 a 25% de pendiente, y una zona con variaciones de altura entre 0 y 1000 m. Estas unidades fisiográficas son características de la altiplanicie que circunda al lago de Junín, especialmente la llanura de 0 a 4% de pendiente, que es el único tipo fisiográfico que no se vuelve a presentar en las otras zonas.

Hacia el sur del lago, se presentan las mismas características fisiográficas que en el norte (con excepción de la llanura de 0 a 4% de pendiente). La fisiografía cambia a la altura del poblado de Paccha (Yauli), en el que distinguen variaciones de altura de 300 a 1000 m. que prevalecen con intermitencias en casi toda la trayectoria del río hasta poco antes de su desembocadura en el río Ene. A la

altura del poblado de Parco (Jauja), se distinguen superficies de erosión local y/o acumulación coluvial, que cambia al ingresar al valle, en el que predominan acumulaciones fluviales recientes hasta que el valle se cierra cerca del poblado de Viques. Pero en la parte alta, en ambos márgenes del río Mantaro, a la altura de Mito y de Concepción, se desprenden elevaciones de 300 a 1000 m y fuertes pendientes.

Al sur, después del valle del Mantaro, se angosta la vertiente de la cuenca con variaciones de 300 a 1000 m de altura y se mantiene así hasta llegar a Quichuas (Huancavelica), donde la pendiente se incrementa. Esta fisiografía predomina hasta el fundo Sallapata (Huancavelica), sólo interrumpida por acumulaciones fluviales y torrenciales recientes a la altura de Mayoc y del fundo Chaipara, cerca del límite departamental entre Huancavelica y Ayacucho (Diagnóstico de la Cuenca del río Mantaro IGP-Proclin).

Cuadro N°2.6
UNIDADES FISIGRÁFICAS

SÍMBOLO	REGIÓN	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (km)	PORCENTAJE (%)
A-a	SIERRA - Zona Altoandina	Planicie - Altiplanicie	449.2	215.5	1.3
Ad-c	SIERRA - Zona Altoandina	Planicie Ondulada a Disectada - Altiplanicie disectada	1772.1	1926.2	5.1
Ao-b	SIERRA - Zona Altoandina	Planicie Ondulada a Disectada - Altiplanicie ondulada	1257.4	1239.8	3.6
C_poblad			15.3	43.6	0.0
Fv2-a	SIERRA - Zona Mesoandina	Planicie - Fondo de valle y llanura aluvial	460.1	383.4	1.3
Fv3-a	SIERRA - Zona Bajoandina	Planicie - Fondo de valle y llanura aluvial	18.9	48.0	0.1
Fvs-a	SELVA - Piedemonte Amazonico y Selva Baja	Planicie - Fondo de valle y llanura aluvial	9.6	20.1	0.0
Vg-a	SIERRA - Zona Altoandina	Planicie - Fondo de valle glaciar	57.5	173.3	0.2
Vs1-d	SIERRA - Zona Altoandina	Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina moderadamente empinada	4939.7	4193.0	14.3
Vs1-e	SIERRA - Zona Altoandina	Colina y Montaña - Vertiente montañosa y colina empinada a escarpada	12672.2	7121.1	36.7
Vs2-d	SIERRA - Zona Mesoandina	Montaña - Vertiente montañosa moderadamente empinada	965.9	872.4	2.8
Vs2-e	SIERRA - Zona Mesoandina	Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	6323.4	4396.9	18.3
Vs2d-e	SIERRA - Zona Mesoandina	Montaña - Vertiente montañosa fuertemente disectada	379.5	208.0	1.1
Vs3-e	SIERRA - Zona Bajoandina	Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	1872.3	1211.3	5.4
VsA1-e	SELVA - Ceja de Selva	Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	851.6	597.8	2.5
VsA2-d	SELVA - Selva Alta	Montaña - Vertiente montañosa moderadamente empinada	16.6	24.4	0.0
VsA2-e	SELVA - Selva Alta	Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	1255.2	691.7	3.6
Vsa-b	SIERRA - Zona Mesoandina	Planicie Ondulada a Disectada - Vertiente allanada	107.7	140.5	0.3
Vso-c	SIERRA - Zona Mesoandina	Planicie Ondulada a Disectada - Vertiente allanada a disectada	427.2	459.2	1.2
Islas			4.7	39.3	0.0
Lagunas			499.8	1122.0	1.4
Nv			190.5	602.2	0.6
TOTAL			34546.5	25729.7	100.0

2.11. Hidrografía de la Cuenca del Río Mantaro

2.11.1. Descripción General de la Cuenca

El Río Mantaro, que tiene una longitud de más o menos 724 km, nace en la cordillera occidental andina, en nevados que se localizan al norte de Mina Ragra, al este del departamento de Pasco y que concentra en la Laguna de Atacocha su agua de fusión que vierten hacia el este.

El afluente que sale de Atacocha toma el nombre de río San Juan y corre de oeste a este, hasta recibir las aguas que vienen de la laguna de Acacocha; allí cambia de rumbo y se dirige de norte a sur para penetrar en la Meseta de Junín, donde recibe las aguas efluente del Lago Junín, lugar a partir del cual, con el nombre de río Mantaro, corre por un lecho meándrico que caracteriza a su curso de la Meseta de Junín, zona donde reciben numerosos afluentes que vienen de la cordillera occidental y le dan sus aguas por la margen derecha después de pasar

por La Oroya, corre por un lecho encajonado, formando pequeños cañones, hasta la zona de Jauja, donde el valle se ensancha y concentra no sólo una gran actividad agropecuaria, sino también una población muy densa que se alinea a lo largo de su valle, donde se suceden un gran número de centros poblados. La mayor concentración urbana del valle está en la ciudad de Huancayo (3271 msnm).

El Mantaro, luego de pasar por Huancayo, se localiza en su margen izquierda, sigue una dirección de N-S-SE y penetra en territorio del departamento de Huancavelica, formando igualmente un valle intensamente humanizado.

En el anexo de planos se muestra el Mapa Base de la cuenca del río Mantaro (Lámina N°1).

2.11.2. Unidades Hidrográficas Principales y Subcuencas Priorizadas

Siete son en total los ríos que drenan en el valle del Mantaro, de los cuales el Yacus, Seco, Achamayo, Shullcas y Yauli lo hacen por la vertiente o ladera oriental, es decir descienden desde las cumbres de la cadena montañosa orientales, mientras que el río Cunas desciende desde las cumbres de la montaña occidental. En la Lámina N° 02 se muestra en general los grupos de subcuencas sectorizadas del río Mantaro.

Todos estos ríos describen subcuencas de diferentes formas y características, existe además otros tipos de ríos menores.

Para fines del presente estudio de la cuenca alta del río Mantaro, se prioriza el estudio de las subcuencas de los ríos Yauli, Shullcas, Yacus y Achamayo con un área total de 1780 km².

Estas subcuencas priorizadas para el estudio se muestran en el anexo de planos(Plano 3-A) como unidades hidrográficas priorizadas en el ALA Mantaro, y que corresponden a las sub-cuencas de los ríos Achamayo, Yacus, Yauli y Shullcas.

Un resumen de las subcuencas a nivel de la cuenca del río Mantaro se muestra en el Cuadro N°2.7 (Anexo I – Cuadros), mientras que en la Lámina 3-1 del Anexo las subcuencas antes mencionadas.

Cuadro N°2.7

SUBCUENCAS – RÍO MANTARO

	SUBCUENCA	ÁREA EN KM2
1	Atoc Huarco	307,102
2	Chinchaycocha	1692,579
3	Colorado	261,838
4	Conocancha	714,027
5	Huari	493,448
6	Pachacayo	821,771
7	Quisualcancha	335,271
8	Santa Ana	600,191
9	San Juan	924,281
10	Yauli	688,460
11	Achamayo	306,052
12	Cunas	1701,648
13	Shullcas	180,978
14	Yacus	367,677
15	Huanchuy	705,787
16	Huarpa	6.813,838
17	Ichu	1.381,941
18	Paraíso	392,312
19	Pariahuanca	988,785
20	San Fernando	1.205,173
21	Upamayu	265,049
22	Vilca Moya	3.048,927
23	Vizcatán	539,100
	Microcuencas(*)	9.813,797

Fuente: Diagnóstico De La Cuenca Del Mantaro Bajo La Visión De Cambio Climático (PROCLIM)

2.12 Unidad Hidrográfica Río Yauli

2.12.1 Reconocimiento del Recurso Hídrico Superficial

Este subsistema está conformado básicamente por los ríos Yauli (sistema Pomacocha) y Pucará. Su área de drenaje alcanza 689,70 km². En la cabecera de la cuenca se sitúan 2 embalses de operación: Huallacocha Baja y Pomacocha, además de un embalse estacional: Huallacocha Alta.

A la salida del Embalse Pomacocha, de 184,0 km² de área de drenaje, conformada por las subcuencas de los embalses: Huallacocha Alta, Huallacocha Baja y Pomacocha, se cuenta con una estación hidrométrica.

Asimismo, a la salida del embalse Huascacocha, se tiene otra estación hidrométrica, que abarca un área de drenaje de 66,40 Km².

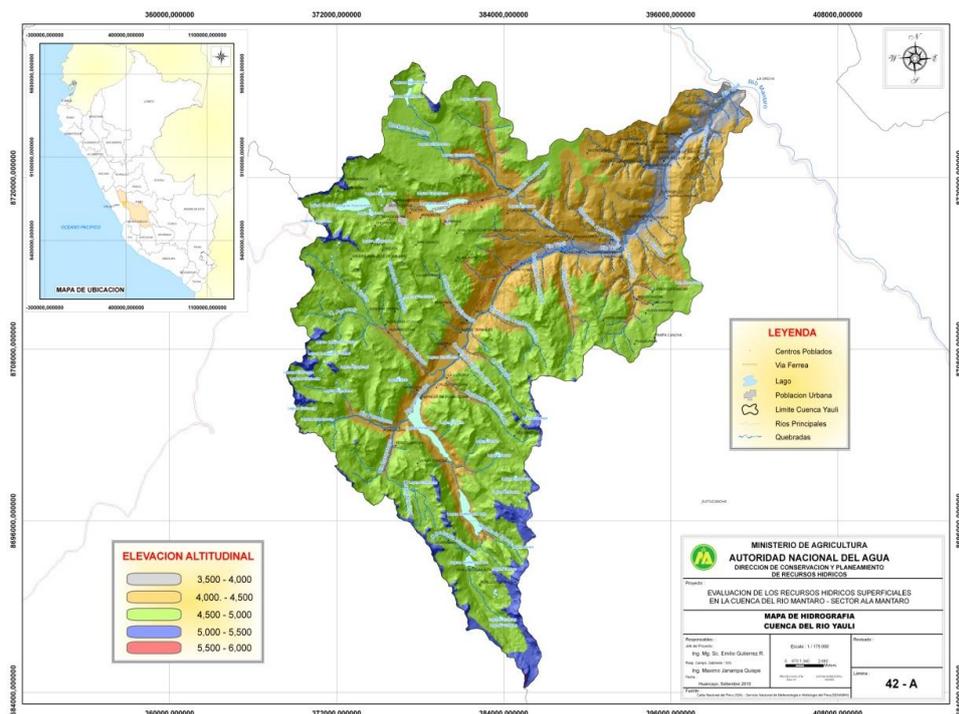
2.12.2 Ubicación Geográfica

La unidad hidrográfica de Yauli está ubicada entre las coordenadas UTM L18 368367.44 E, 8684501.32 N y 33695.93 E, 43560.29 N.

2.12.3 Demarcación Hidrográfica

La unidad hidrográfica de Yauli, está dentro de la cuenca del Mantaro que está conformada por una extensión hidrográfica de 689,7 km². En la Lámina 42-A se presenta el Mapa de la Hidrografía del río Yauli.

Lámina 42-A



2.13.4 Demarcación Política

Esta cuenca se localiza en el ámbito de los distritos de Yauli, Marcapomacocha, Santa Rosa de Saco y la ciudad de La Oroya.

2.12.5 Ecología

Hay 4 formaciones principales que predominan en la cuenca:

La primera es la formación tundra pluvial – Alpino Tropical (tp-AT) con el 46 % del

área de la cuenca (319 km²). Geográficamente esta formación ocupa la franja inmediata inferior del piso nival entre los 4300 y 5000 msnm a lo largo de la cordillera central de los andes.

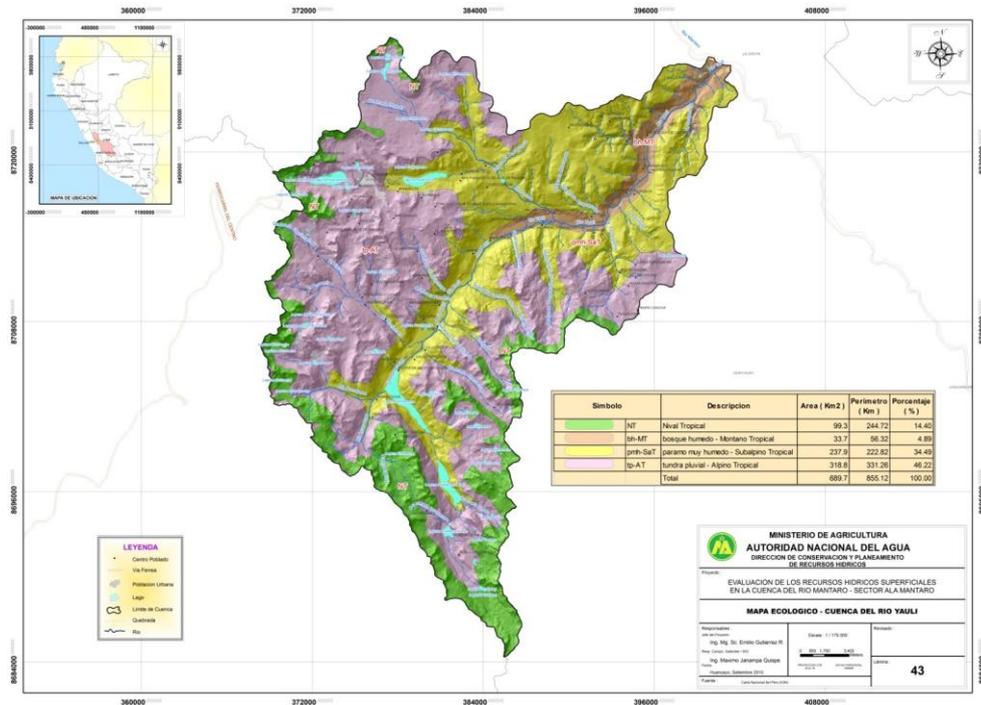
El relieve topográfico es predominantemente abrupto y bajo el modelaje glacial, con afloramientos rocosos, la biotemperatura media anual es de 3,2 °C, el promedio máximo de precipitación anual es de 1000 mm.

La otra formación es el páramo muy húmedo-Subalpino Tropical (pmh-SaT), que ocupa el 34,5 % del área de la cuenca (238 km²). Geográficamente ocupa la parte oriental de la cordillera central, entre los 3900 y 4500 msnm; la biotemperatura media anual máxima es de 6°C y la media anual mínima es de 3,8 °C.

Sigue la formación bosque húmedo – Montano Tropical (bh-MT), con el 5% del área de la cuenca (34 km²). Se extiende entre los 2800 msnm y 3800 msnm y comprende la parte baja de la cuenca; la biotemperatura media anual máxima es de 13,1 °C y la media anual mínima es de 7,3 °C.

Por último la formación Nival Tropical (NT) con el 14 % del área de la cuenca (99 km²). La zona nival tropical posee elevaciones superiores a 4700 msnm y con temperaturas promedio por debajo de 1,5°C. Las masas de hielo actúan regulando el régimen hidrológico de los riachuelos, manantiales, lagunas y son las principales fuentes de suministros de aguas subterráneas para el desarrollo de la vegetación. En la Lámina N° 43 se presenta el Mapa Ecológico del río Yauli.

Lámina N° 43



2.12.6 Características Fisiográficas

El río Yauli discurre con una pendiente media de 1,5 % la altitud media de la cuenca es de 4573,7 msnm. El área de la cuenca es de 689,7 km², la longitud de los ríos (incluye afluentes) de 410 km, el factor de forma 0,41 y el coeficiente de compacidad es de 1,8. La cuenca presenta mayormente tramos encajonados, salvo pequeñas áreas onduladas como la zona de las lagunas Huallacocha y Pomacocha. La pendiente media de la cuenca es de 0,35.

En la Lámina 41 se muestra los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Yauli.

2.12.7 Recursos Hídricos Superficiales

El recurso hídrico superficial principal lo constituye el río Pomacocha- Yauli (de 184 km² de área de recepción) con sus 3 lagunas reguladas y que son derivadas para fines energéticos. Se sabe que están contaminadas por efectos de la actividad minera, aunque se desconoce el grado de afectación.

El río Yauli, propiamente definido, se toma desde la salida de la laguna Pomacocha, capta los afluentes como la Quebrada Rumichaca hasta la toma Cutt Off teniendo un área de recepción de 200 km².

2.12.8 Principales Afluentes del Río Yauli

Los principales afluentes son el río Pomacocha (propiamente río Yauli), río Pucará, y el río Rumichaca, siendo el que mayores recursos hídricos disponibles tiene es el río Pomacocha.

2.12.9 Lagunas Principales

Son tres las lagunas principales que están reguladas. La más grande es la laguna Pomacocha con 184 km² de cuenca de recepción y que incluyen aguas arriba las lagunas reguladas de Huallacocha Baja y Huallacocha Alta.

Otras lagunas por el sector de Pucará son las lagunas Huascacocha y Huacracocha (Lámina N°41).

2.12.10 Canales Principales

El canal más grande de la cuenca lo constituye el canal que sale de la laguna Pomacocha y llega a la central hidroeléctrica de Pachachaca. Este canal tiene una longitud de 15 km, está revestido en concreto y tiene una capacidad de conducción aproximada de 6 m³/s. Una estimación efectuada el 31/10/2010, determinó que el canal conducía unos 3.5 m³/s, este canal es de fines energéticos.

2.13 Unidad Hidrográfica Río Shullcas

2.13.1 Reconocimiento del Recurso Hídrico Superficial

El río Shullcas es de régimen nivo-lacustre, es decir, es alimentado por los desagües de las lagunas Chuspicocha y Lazo Huntay, éstas a su vez, por la fusión del hielo glaciar, de allí que, el caudal es permanente, por el cauce discurre agua durante todo el año, los mayores registros ocurren durante los meses de enero-marzo y la época de estiaje ocurre en el invierno (junio-agosto).

Cabe resaltar que en la parte baja o curso inferior, es decir en el cono de deyección del río Shullcas se emplaza el centro poblado más importante de la región central del país, nos referimos a Huancayo.

Las aguas de este río cruzan por la ciudad y lo utilizan intensamente, para el consumo doméstico e irrigación principalmente, y a su paso por esta ciudad recibe una serie de desagües con aguas servidas, desechos urbanos, con ello se encuentra muy contaminado. El río Shullcas en todo su trayecto alcanza una longitud aproximada de 35,9 km.

Dentro del ámbito geográfico de esta subcuenca del río Shullcas identificamos 43 lagunas, todas emplazadas sobre los 4000 msnm, de los cuales la de mayor longitud son: Lazo Huntay de 33 ha aproximadamente, Chuspicocha, con 22,5 ha, de los cuales 10 tienen la forma ovalada, 5 circular, 3 son de forma irregular y alargada y 2 son de forma trapezoide. Asimismo, 9 lagunas no tienen salida son cerradas (lagunas efluentes), están atravesados por cursos de agua y 11 dan origen a los principales ríos de la subcuenca, destacando las Lagunas de Lazo

Huntay y Chuspicocha en donde nace el río Shullcas, ambas lagunas se emplazan en la base de los nevados Talves y Haytapallana respectivamente, por consiguiente son abastecidas por el agua de fusión de los glaciares de montaña.

Como se ha indicado los recursos hídricos son intensamente utilizados en las demandas poblacionales y agrícolas, de tal forma que en el período de estiaje se presentan déficit en los dos usos principales.

2.13.2 Ubicación Geográfica

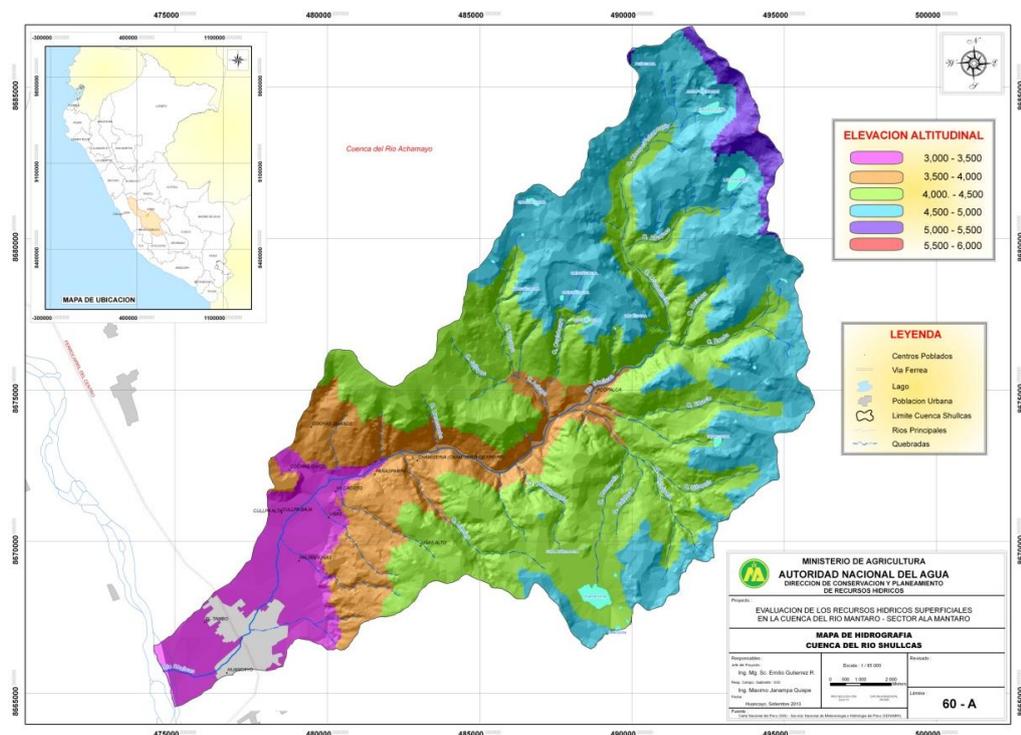
La unidad hidrográfica Shullcas está ubicada entre las coordenadas UTM L18 474298 E, 8687084 N y 496017 E, 8664501 N.

El río Shullcas desciende por la vertiente oriental del valle del Mantaro, desde la cordillera oriental de los andes centrales del país.

2.13.3 Demarcación Hidrográfica.

La demarcación de esta sub cuenca se puede observar en el anexo de planos- Lámina N° 60-A en donde se muestran los detalles de afluentes y del sistema de la red hidrográfica de la cuenca.

Lámina N° 60-A



2.13.4 Demarcación Política

Esta cuenca se localiza principalmente en el ámbito del distrito del Tambo y Huancayo.

2.13.5 Ecología

De acuerdo al plano ecológico (Lámina N° 61 del Mapa Ecológico de La Cuenca del río Shullcas), destaca la formación nival tropical que considera al nevado Huaytapallana, la principal fuente de agua regulada naturalmente pero que está en proceso de extinción.

La zona nival tropical posee elevaciones superiores a 4700 msnm y con temperaturas promedio por debajo de 1,5°C. Las masas de hielo actúan regulando

el régimen hidrológico de los riachuelos, manantiales, lagunas y son las principales fuentes de suministros de aguas subterráneas para el desarrollo de vegetación. Está fuertemente asociada con la zona de vida de Tundra pluvial alpino subtropical, que es la franja inmediatamente inferior al piso nival entre los 4300 a 4950 msnm, con una biotemperatura media anual de 3,2 °C. La topografía es accidentada con afloramientos rocosos y presencia de peñascos.

El paisaje esta dominado por vegetación herbácea y plantas almodillas como el “paco-paco”, “tiella”, “huarmi”, “pachataya” y otros.

La otra formación es el páramo muy húmedo-Subalpino Tropical (pmh-SaT), que ocupa el 59% del área de la cuenca (130 km²). Geográficamente ocupa la parte oriental de la cordillera central, entre los 3900 y 4500 msnm; la biotemperatura media anual máxima es de 6°C y la media anual mínima es de 3,8 °C.

2.13.6 Características Fisiográficas

En las subcuenca altas del río Shullcas, fisiográficamente predomina un paisaje montañoso y colinoso, que presenta un relieve abrupto, de moderado a fuertemente disectado y con la presencia importante de nevados del sistema del Huaytapallana.

El río Shullcas discurre con una pendiente media de 3,8 %, la altitud media de la cuenca es de 4241 msnm. El área de la cuenca es de 219,8 km², la longitud de los ríos (incluye afluentes) de 157,6 km, el factor de forma 0,4 y el coeficiente de compacidad es de 1,56. La cuenca presenta mayormente tramos encajonados, salvo pequeñas áreas onduladas como la zona de las lagunas Lazo Huntay, Chuspicocha y Huacracocho. En la Lámina N° 59, se muestra los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Shullcas.

2.13.7 Recursos Hídricos Superficiales

La sub-cuenca del río Shullcas se origina en base a deshielos del nevado Huatapallana, parte de este sistema lo constituyen las lagunas Lazo Huntay, Chispicocha y Huacracocho.

Este sistema de recursos hídrico de lagunas y nevados mantienen un régimen sostenido del río Shullcas.

Sin embargo estos recursos hídricos son insuficientes frente a las fuertes demandas de uso poblacional del agua y de usos agrícolas.

2.13.8 Principales Afluentes del Río Shullcas

Los principales afluentes de la sub cuenca Shullcas son el Ucuscancha que recibe los importantes aportes del nevados y dentro de ellas la laguna Huaytapallana.

El otro afluente principal lo constituye el río Pacchapata, que conduce los caudales regulados de la importante laguna Huacracocho.

2.13.9 Lagunas Principales y Nevados

La principal laguna la constituye Huacracocho, localizada en la margen derecha del río Shullcas.

Las otras lagunas importantes son las lagunas Lazohuntay y Chispicocha, que están en proceso de extinción, y que son productos de los deshielos del nevado Huaytapallana.

La principal reserva de agua del río Shullcas es el sistema del nevado Huaytapallana que está en proceso de extinción por diversos motivos.

Este sistema puede ser todavía preservado o mitigado en sus efectos de extinción si se toman las medidas de gestión ambiental pertinentes.

2.13.10 Canales Principales

Dos son las conducciones principales que se presentan en la cuenca del río Shullcas, aparte de otras de menor capacidad.

Uno es la conducción entubada para fines poblacionales y que tienen una capacidad de conducción de aproximadamente 700 l/s.

Otro es el canal de irrigación margen derecha que conduce unos 600 l/s y que cubren las necesidades hídricas de las importantes áreas agrícolas de la cuenca.

Con respecto a las obras de captación, emplazadas en el cauce del río Shullcas, actualmente se presentan cinco (5) obras principales ubicadas a partir de la cota 3569 msnm, con fines de derivar el caudal que transita por el cauce del río para uso energético, agua potable y de riego.

En la cabecera del valle, sobre la margen derecha e izquierda del río Shullcas, se ubica la derivación Chamisería para generación de energía eléctrica y frente a esta la derivación para Agua Potable.

Con relación a la captación para Agua Potable, esta se ubica aproximadamente a la cota 3560 msnm, mientras que la captación La Mejorada, principal captación para riego, se ubica en la margen derecha aproximadamente a 8 km, aguas abajo de esta, a la cota 3 440 msnm. Condición que privilegia la captación de agua para consumo humano y agudiza en algunos periodos el déficit de agua para riego, generando un problema social entre los usuarios ubicados en la subcuenca del río Shullcas, acentuándose este en los meses de estiaje de Junio a Diciembre.

Se describe a continuación los canales principales existentes en la red de riego de la cuenca.

Sistema de Riego de la Margen Derecha

El sistema de riego de la margen derecha esta constituido por una (01) toma directa, dos (02) tomas rústicas, una (01) bocatoma y dos (02) canales principales de concreto.

- **Toma Directa “Fundo Quebrada Tucanca”**

Su punto de captación se encuentra ubicado aproximadamente (medidos desde la entrega de las aguas del río Shullcas en el río Mántaro) en el km 13+600, margen derecha del cauce del río Shullcas en las coordenadas UTM Este 483558 y Norte 8673320, la infraestructura es de concreto armado con una compuerta metálica con izaje. Luego de la captación, se empalma el canal principal de concreto por tramos denominado “Electrocentro II” (canal de derivación Chamisería), diseñado para conducir según resolución N°102-93-ATRM un caudal de 600 l/s en época de avenidas y en época de estiaje según la disponibilidad, tiene un recorrido de Este a Oeste aproximado de 1,53 km. Llegando a la “C. H. Chamisería I” (que ha dejado de operar), las aguas desciende por un caída aproximada de 120 metros y se une con el canal Electrocentro I que viene de la captación de Cantagallo.

- **Toma Rustica “Cantagallo”**

Su punto de captación se encuentra ubicado aproximadamente (medidos desde la entrega de las aguas del río Shullcas en el río Mántaro) en el km 12+550, margen derecha del cauce del río Shullcas en las coordenadas UTM Este 482735 y Norte 8673341, la infraestructura es completamente rústica.

Luego de la captación, se empalma el canal principal rústico y por tramos revestido por concreto denominado "Electrocentro II" (canal de derivación Cantagallo), diseñado para conducir según resolución N°102-93-ATRM un caudal de 400 l/s en época de avenidas y en época de estiaje según la disponibilidad y tiene un recorrido de Este a Oeste de 2,27 km. desde la captación hasta la Cámara de Carga de la C. H. N°03 Chamisería.

Luego de la cámara de carga continua el canal denominado "Lateral Cullpa Alta" (Cruspiano) con una distancia de aproximada de 1,86 km.

El canal Electrocentro II y I se juntan y en su recorrido riegan los predios del comité de Cullpa Alta (sin base de datos PETT), con un caudal de promedio de 60 l/s.

- **Toma Rústica "Piedra Blanca"**

Su punto de captación se encuentra ubicado aproximadamente (medidos desde la entrega de las aguas del río Shullcas en el río Mántaro) en el km 10+570, margen derecha del cauce del río Shullcas en las coordenadas UTM Este 480548 y Norte 8672420, la infraestructura es completamente rústica. Luego de la captación, se empalma el canal principal "La Mejorada", que recorre una distancia de 500 metros completamente rústica hasta que recibe los aportes de la bocatoma "La Mejorada" para continuar completamente revestido por una distancia 6,18 km.

- **Bocatoma "La Mejorada"**

Su punto de captación se encuentra ubicado aproximadamente (medidos desde la entrega de las aguas del río Shullcas en el río Mántaro) en el km. 10+100, margen derecha del cauce del río Shullcas en las coordenadas UTM Este 480156 y Norte 8672180, la infraestructura es de concreto armado, sin embargo el barraje ha colapsado en el Fenómeno del Niño del año 1997. Luego de la captación, entrega sus aguas al canal la Mejorada, que a partir de este punto se encuentra completamente revestido.

El canal tiene un recorrido Este a Suroeste en los primeros 2,00 km para luego cambiar de dirección Noroeste hasta por otros 4 km más; el canal esta diseñado para conducir aproximadamente 500 l/s para irrigar los comités de regantes: Cullpa Baja (sin catastro PETT), Ushcutoma, Inchu Urpaycancha, Aza, Esperanza, Batanyacu, Saños Chaupi, Saños Chico, Saños Grande.

Sistema de Riego de la Margen Izquierda

El sistema de riego de la margen izquierda esta constituido por dos (02) tomas rústicas y dos (02) canales principales de concreto por tramos.

- **Toma Rustica "Rimihuasi"**

Su captación se ubica aproximadamente (medidos desde la entrega de las aguas del río Shullcas en el río Mántaro) en el km. 14+300, margen izquierda del cauce del río Shullcas en las coordenadas UTM Este 484192 y Norte 8673454, la infraestructura es completamente rústica. Luego de la captación, se empalma el canal principal denominado "Canal de La Amistad" (Canal Vilcacoto), que tiene un recorrido de Este a Suroeste con una distancia de 6.5 km completamente rústica, diseñado para conducir un caudal de aproximado de 60 l/s y se emplea para regar los predios de los comités de regantes Vilcacoto y Uñas Alta.

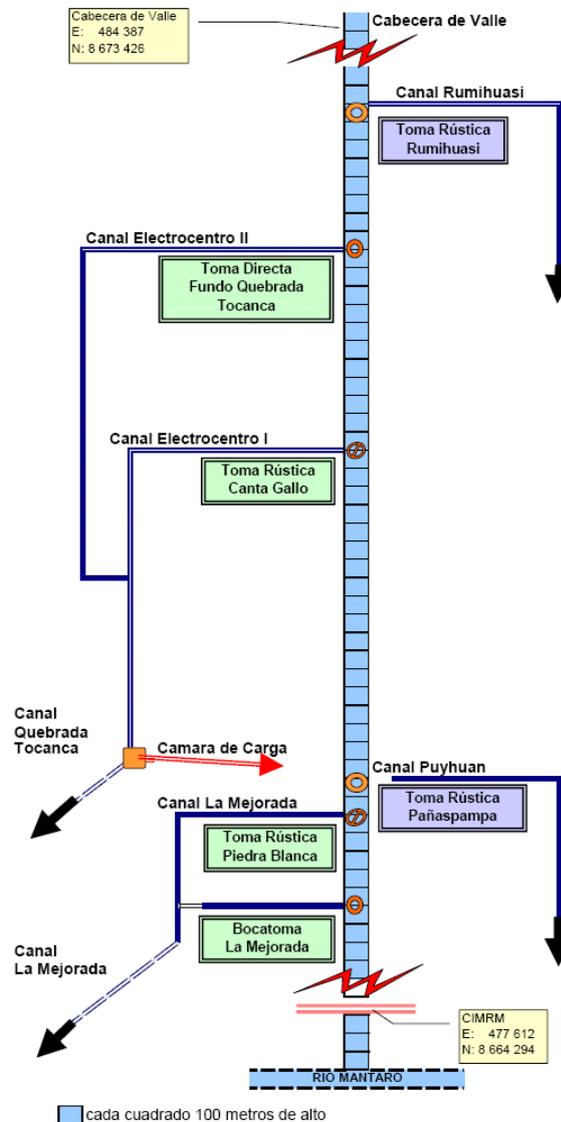
- **Toma Rústica “Pañas Pampa”**

Su captación se encuentra ubicado aproximadamente (medidos desde la entrega de las aguas del río Shullcas en el río Mántaro) en el km 15+500, margen izquierda del cauce del río Shullcas en las coordenadas UTM Este 480731 y Norte 8672429, la infraestructura es completamente rústica. Luego de la captación, se empalma el canal principal denominado “Puyhuan” (Canal Palian), que tiene un recorrido de Este a Suroeste con una distancia de 6,5 km completamente rústica, diseñado para conducir un caudal de aproximado de 80 l/s y se emplea para regar los predios de los comites de regantes Palian y Uñas Pampa.

Las principales características de las estructuras de captación y un resumen de las características de la infraestructura se muestra en el Cuadro N°2.8 (Anexo I – Cuadros), y en el Figura N°2.1 se presenta el esquema de la red de riego principal de la cuenca del río Shullcas.

Figura N°2.1

Esquema de la Red de Riego de la Cuenca del Río Shullcas



Cuadro N°2.8
CARACTERÍSTICAS DE LA INFRAESTRUCTURA DE CAPTACIÓN Y RED
DE RIEGO DEL RÍO SHULLCAS

UBICACIÓN POLÍTICA			UBICACIÓN DENTRO DE LA AIDRMANTARO				ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN PRINCIPAL											
Dpto.	Prov.	Dist.	Sector de Riego	Subsector de Riego	Comisión de Regantes	Comité de Regantes	Río	Estructura	Descripción	Nombre Bocanoma	Margen	Progresiva (Km) respecto al río	UTM Este	UTM Norte	Tipo	Nombre del Canal	Descripción	
Dpto. Junín	Huancayo	El Huancayo	Mantaro Medio	Shullcas	Margen Derecha del Río Cuzco		Shullcas	Toma Directa Frontal	Cuenta con estructura de concreto y compuertas metálicas con izaje	Fundo Quebrada Tucunca	D	13.60	483 538	8 673 320	Riego - Energético	Electrocentro II (Canal Chaussería)	Canal principal de concreto	
								Toma Rustica	Derivación al canal principal con piedras	Canta Gallo	D	12.55	482 735	8 673 341	Riego	Electrocentro I (Canal Cantagallo)	Canal principal de concreto	
								Toma Rustica	Derivación al canal principal con piedras	Piedra Blanca	D	10.57	480 438	8 672 420	Riego	La Mejorada	Canal principal de concreto (en 80%)	
								Bocanoma	Estructura de concreto, pesa derivadora, Ventana de captación y Desarenador	La Mejorada	D	10.10	480 156	8 672 180	Riego			
		Huancayo			Margen Izquierda del Río Shullcas		Shullcas	Vilacoto, Uñas Alta	Toma Rustica	Derivación al canal principal con piedras	Rumbunasi	I	14.30	484 192	8 673 454	Riego	Canal de la Amistad	Canal principal de rustico
								Palam, Uñas Pampa	Toma Rustica	Derivación al canal principal con piedras	Palas Pampa	I	10.50	480 731	8 672 429	Riego	Puyhuan	Canal principal de rustico

Fuente: PROFODUA-Mantaro

2.14 Unidad Hidrográfica Río Yacus

2.14.1 Reconocimiento del Recurso Hídrico Superficial

Es una cuenca típica que ha llegado al agotamiento de sus recursos hídricos en el periodo de estiaje, y que tiene fuerte demandas poblacionales y agrícolas que actualmente no son atendidas.

Queda como una alternativa la regulación de los pocos recursos hídricos disponibles en el periodo de avenidas.

Se ha observado que en la zona existe una serie de lagunas en extinción, probablemente las lluvias en el sector alto están disminuyendo.

Existen proyectos de pequeños represamientos que aliviarían el déficit de recursos hídricos, pero se tiene el inconveniente que estos proyectos son de lenta maduración y desarrollo.

2.14.2 Ubicación Geográfica

La unidad hidrográfica del río Yacus está ubicado entre las coordenadas UTM L18 444204 E, 8715530 N y 468294 E, 8694993 N.

El Río Yacus desciende desde la cordillera oriental de los andes centrales del país y desemboca en el río Mantaro en su margen izquierda al NE del distrito Atura provincia de Jauja; este río se constituye como el colector principal de un sistema muy completo el que adopta la forma sub dentrítica, semejante a un árbol de quinal en donde el tronco principal es muy torcido en forma de una S.

El área comprendida abarca la cuenca del río Molinos, el que recibe desde su nacimiento hasta su desembocadura en la margen izquierda del río Mantaro, los nombres de Jarachanja, Molino y Puyhuan, para luego al unirse con el río Huambo o Yauli pasar a llamarse Yácy.



Este río es de origen lacustre y de régimen perenne, porque su cauce está siempre ocupado por agua, durante todo el año y tiene una longitud aproximadamente de 30 km. Toma esta denominación desde la confluencia de los ríos Chanchamayo y Paucartambo al norte de La Merced, ciudad ubicada a orillas del Chanchamayo. Su nombre, idioma campá, significa agua grande.

2.14.3 Demarcación Hidrográfica

La unidad hidrográfica de Yacus está dentro de la cuenca del Mantaro que está conformada por una extensión hidrográfica de 372.35 km². En la Lámina N° 81-A se muestran los detalles de afluentes y del sistema de la red hidrográfica de la cuenca del río Yacus.

2.14.4 Demarcación Política

Esta cuenca se localiza en el ámbito de los distritos de Molinos y Huertas principalmente.

2.14.5 Ecología

Hay 4 formaciones principales que predominan en la cuenca.

La primera es la formación tundra pluvial – Alpino Tropical (tp-AT) con el 3,7 % del área de la cuenca (13,7 km²). Geográficamente esta formación ocupa la franja inmediata inferior del piso nival entre los 4300 y 5000 msnm a lo largo de la cordillera central de los andes.

El relieve topográfico es predominantemente abrupto y bajo el modelaje glacial, con afloramientos rocosos, la biotemperatura media anual es de 3,2 °C, el promedio máximo de precipitación anual es de 1000 mm.

La otra formación es el páramo muy húmedo-Subalpino Tropical (pmh-SaT), que ocupa el 44,16 % del área de la cuenca (164,4 km²). Geográficamente ocupa la parte oriental de la cordillera central, entre los 3900 y 4500 msnm; la biotemperatura media anual máxima es de 6°C y la media anual mínima es de 3,8°C.

Sigue la formación bosque húmedo – Montano Tropical (bh-MT), con el 52,15 % del área de la cuenca (194,2 km²). Se extiende entre los 2800 msnm y 3800 msnm y comprende la parte baja de la cuenca; la biotemperatura media anual máxima es de 13,1 °C y la media anual mínima es de 7,3 °C.

En la Lámina N° 82 se presenta el Mapa Ecológico de la Cuenca del río Yacus y las principales formaciones existentes.

2.14.6 Características Fisiográficas

En la subcuenca alta del río Yacus, fisiográficamente predomina un paisaje montañoso y colinoso, que presenta un relieve abrupto, de moderado a fuertemente disectado y con la presencia importante de nevados en las divisorias de la cuenca.

El río Yacus discurre con una pendiente media de 1,59 %, la altitud media de la cuenca es de 3943 msnm. El área de la cuenca es de 372,3 km², la longitud de los ríos (incluye afluentes) de 291,3 km, el factor de forma 0,41 y el coeficiente de compacidad es de 1,43. La cuenca presenta mayormente tramos encajonados en la parte alta de la cuenca, con áreas onduladas y planas al final de la cuenca en donde se localizan importantes áreas agrícolas. En la Lámina N°80 se muestra los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Yacus.

2.14.7 Recursos Hídricos Superficiales

El único afluente principal que lleva agua en el periodo de estiaje es el río Molinos

con un caudal aproximado de 260 l/s (aforo agosto 2010), antes del inicio de las captaciones.

El otro afluente que le sigue en importancia es el Masma Chicche, que tiene menores recursos hídricos y que son intensamente explotados en el uso agrícola del valle.

Existen otros pequeños afluentes que actualmente tienen poco caudal como el río Huambo-Yauli.

El otro subsistema que se mantiene en equilibrio con sus aportes y evaporación lo constituye la cuenca de la laguna Paca, que tiene mayormente uso turístico. Un último aforo de caudal de ingreso a la Laguna fue de 100 l/s (1/12/2010), notándose la salida de la laguna estancada.

2.14.8 Principales Afluentes del Río Yacus.

El afluente principal lo constituye el río Molinos, le sigue en importancia el río Masma, Chicche y el río Yauli (Lámina N° 81-A del sistema hidrográfico).

2.14.9 Lagunas Principales

Las lagunas de la unidad hidrográfica de Yacus se localizan en la parte alta de la subcuenca de Río Yacus, sobre los 4000 msnm, siendo en total 8 de los cuales 2 tienen la forma irregular, 3 ovaladas, 1 alargada, 1 trapezoide y una triangular, ninguno está atravesado por un río, de los cuales 4 son lagunas cerradas (efluente) sin salida y tres tienen desagües es decir dan origen a cursos de agua, como en el caso de la Laguna Ijira que da origen al río Ijira, la laguna Ninaycocha que da origen al Río Yacus.

2.14.10 Canales Principales

El sistema de riego para cada una de las subcuencas está distribuido de la siguiente manera:

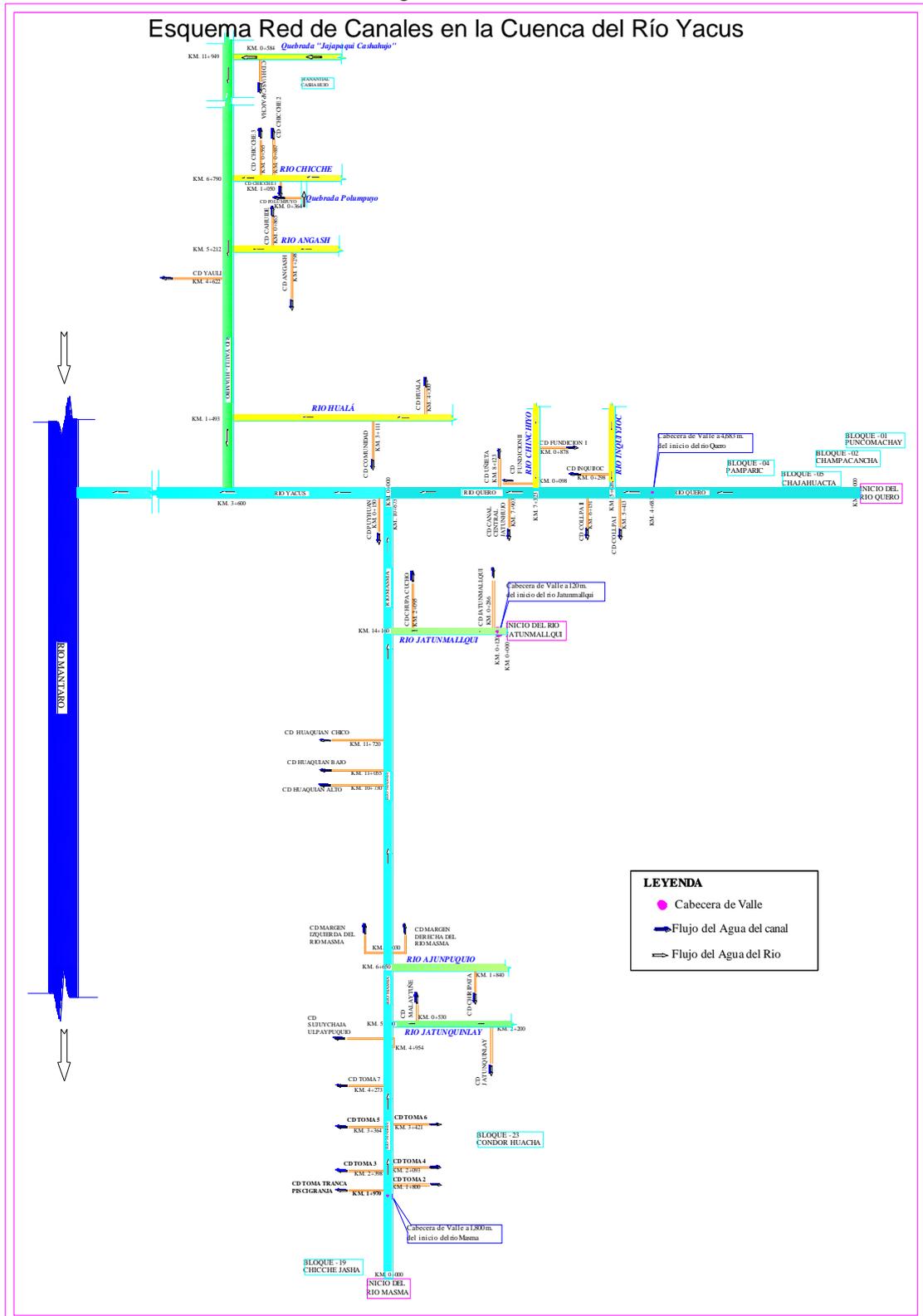
La Subcuenca del río Yacus comprende las microcuencas Molinos-Quero, Masma y Huambo-Yauli, y está constituida por 42 estructuras de captación: 07 tomas recolectoras de manantiales, 24 tomas directas laterales y 11 bocatomas.

La red de canales principales del río Yacus se presenta en el Cuadro N°2.9 (Anexo I – Cuadros), y Figura N°2.2.

Cuadro N°2.9
RED DE CANALES PRINCIPALES EN LA CUENCA DEL RÍO YACUS

UBICACIÓN POLÍTICA			UBICACIÓN DENTRO DE LA ALA MANTARO				RÍO QUE DE REGOS			FUENTE DE AGUA		ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN PRINCIPAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Dpto.	Prov.	Dist.	Sector de Riego	Ubicación en la Subcuenca	Ubicación en la Microcuenca	Comisión de Usuarios	Comité de Usuarios	Nombre	Nombre	Catigo	Tip. Natural	Estructura	Nombre	Descripción	Alzadas	Proyección (m) a partir de...	MGSM Este	MGSM Norte	Tip																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
JUNO	JUJUA	Tall		SUCUCUBA NO INCIS	HUAMANGA - YALLU	NOCUENCA UNA	COMISION DE USUARIOS	Agapay	30	Agapay	MANA-201MAC-013	R. Japayacu/Chalabuy	Toma Rectactor Lateral	Huacaybata	Estructura Rectactor	requerida	La intersección de los ríos Huamanga Yallu y el Quebrada Agapay Chalabuy	452,071	0,762,935	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
								Tall	31	Chiche	MANA-201MAC-014	No Chiche	Chalabuy de Polampayo	31	Chiche	MANA-201MAC-014	No Chiche	Barrotina	Polampayo	Estructura de Concreto Armado	requerida	La intersección de los ríos Chiche y Polampayo P-36	460,000	0,697,720	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
													Toma Directa Lateral	31	Chiche 1	MANA-201MAC-014	No Chiche	Barrotina	Chiche 1	Estructura Rústica	requerida	La intersección de los ríos Tall y Chiche 1-450	460,000	0,698,015	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
													Toma Directa Lateral	31	Chiche 2	MANA-201MAC-014	No Chiche	Barrotina	Chiche 2	Estructura Rústica	requerida	La intersección de los ríos Tall y Chiche 1-487	460,000	0,697,307	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
								Toma Directa Lateral	31	Chiche 3	MANA-201MAC-014	No Chiche	Barrotina	Chiche 3	Estructura Rústica	requerida	La intersección de los ríos Tall y Chiche 1-505	460,000	0,697,770	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
								Toma Directa Lateral	32	Agapay	MANA-201MAC-015	No Agapay	Toma Directa Lateral	Agapay	Estructura de Concreto Armado	requerida	La intersección de los ríos Agapay / Chiche 1-508	460,000	0,697,211	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
								Toma Directa Lateral	32	Chalabuy	MANA-201MAC-015	No Chalabuy	Toma Directa Lateral	Chalabuy	Estructura Semi - Rústica	requerida	La intersección de los ríos Agapay / Chiche 1-605	460,000	0,697,303	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
								Esca	33	Esca San Pedro de Chusen	MANA-201MAC-016	No Esca																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
								Esca	34	Tall	MANA-201MAC-017	No Tall	Barrotina	Tall	Estructura de Concreto Armado	requerida	La intersección de los ríos Huamanga - Yallu y Yacus 4-422	459,245	0,697,290	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
								Hilaca	35	Hilaca	MANA-201MAC-018	No Hilaca																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Perzan	36	Perzan	MANA-201MAC-019	No Perzan																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	Huasi	37	Huasi	MANA-201MAC-020	No Huasi	Barrotina	Huasi	Estructura de Concreto Armado	requerida	La intersección de los ríos Huamanga - Yallu y Yacus 4-455	459,275	0,698,070	Rego																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	CONCEPCION	Huamanga Toleza	Huamanga	MANTARO MEDIO	CHICHE	CHICHE SAN ANTONIO	CHICHE SAN ANTONIO	38	La Florida Chiche	Chiche 02	Chiche 01	Chiche 03	Chiche 04	Chiche 05	Chiche 06	Chiche 07	Chiche 08	Chiche 09	Chiche 10	Chiche 11	Chiche 12	Chiche 13	Chiche 14	Chiche 15	Chiche 16	Chiche 17	Chiche 18	Chiche 19	Chiche 20	Chiche 21	Chiche 22	Chiche 23	Chiche 24	Chiche 25	Chiche 26	Chiche 27	Chiche 28	Chiche 29	Chiche 30	Chiche 31	Chiche 32	Chiche 33	Chiche 34	Chiche 35	Chiche 36	Chiche 37	Chiche 38	Chiche 39	Chiche 40	Chiche 41	Chiche 42	Chiche 43	Chiche 44	Chiche 45	Chiche 46	Chiche 47	Chiche 48	Chiche 49	Chiche 50	Chiche 51	Chiche 52	Chiche 53	Chiche 54	Chiche 55	Chiche 56	Chiche 57	Chiche 58	Chiche 59	Chiche 60	Chiche 61	Chiche 62	Chiche 63	Chiche 64	Chiche 65	Chiche 66	Chiche 67	Chiche 68	Chiche 69	Chiche 70	Chiche 71	Chiche 72	Chiche 73	Chiche 74	Chiche 75	Chiche 76	Chiche 77	Chiche 78	Chiche 79	Chiche 80	Chiche 81	Chiche 82	Chiche 83	Chiche 84	Chiche 85	Chiche 86	Chiche 87	Chiche 88	Chiche 89	Chiche 90	Chiche 91	Chiche 92	Chiche 93	Chiche 94	Chiche 95	Chiche 96	Chiche 97	Chiche 98	Chiche 99	Chiche 100	Chiche 101	Chiche 102	Chiche 103	Chiche 104	Chiche 105	Chiche 106	Chiche 107	Chiche 108	Chiche 109	Chiche 110	Chiche 111	Chiche 112	Chiche 113	Chiche 114	Chiche 115	Chiche 116	Chiche 117	Chiche 118	Chiche 119	Chiche 120	Chiche 121	Chiche 122	Chiche 123	Chiche 124	Chiche 125	Chiche 126	Chiche 127	Chiche 128	Chiche 129	Chiche 130	Chiche 131	Chiche 132	Chiche 133	Chiche 134	Chiche 135	Chiche 136	Chiche 137	Chiche 138	Chiche 139	Chiche 140	Chiche 141	Chiche 142	Chiche 143	Chiche 144	Chiche 145	Chiche 146	Chiche 147	Chiche 148	Chiche 149	Chiche 150	Chiche 151	Chiche 152	Chiche 153	Chiche 154	Chiche 155	Chiche 156	Chiche 157	Chiche 158	Chiche 159	Chiche 160	Chiche 161	Chiche 162	Chiche 163	Chiche 164	Chiche 165	Chiche 166	Chiche 167	Chiche 168	Chiche 169	Chiche 170	Chiche 171	Chiche 172	Chiche 173	Chiche 174	Chiche 175	Chiche 176	Chiche 177	Chiche 178	Chiche 179	Chiche 180	Chiche 181	Chiche 182	Chiche 183	Chiche 184	Chiche 185	Chiche 186	Chiche 187	Chiche 188	Chiche 189	Chiche 190	Chiche 191	Chiche 192	Chiche 193	Chiche 194	Chiche 195	Chiche 196	Chiche 197	Chiche 198	Chiche 199	Chiche 200	Chiche 201	Chiche 202	Chiche 203	Chiche 204	Chiche 205	Chiche 206	Chiche 207	Chiche 208	Chiche 209	Chiche 210	Chiche 211	Chiche 212	Chiche 213	Chiche 214	Chiche 215	Chiche 216	Chiche 217	Chiche 218	Chiche 219	Chiche 220	Chiche 221	Chiche 222	Chiche 223	Chiche 224	Chiche 225	Chiche 226	Chiche 227	Chiche 228	Chiche 229	Chiche 230	Chiche 231	Chiche 232	Chiche 233	Chiche 234	Chiche 235	Chiche 236	Chiche 237	Chiche 238	Chiche 239	Chiche 240	Chiche 241	Chiche 242	Chiche 243	Chiche 244	Chiche 245	Chiche 246	Chiche 247	Chiche 248	Chiche 249	Chiche 250	Chiche 251	Chiche 252	Chiche 253	Chiche 254	Chiche 255	Chiche 256	Chiche 257	Chiche 258	Chiche 259	Chiche 260	Chiche 261	Chiche 262	Chiche 263	Chiche 264	Chiche 265	Chiche 266	Chiche 267	Chiche 268	Chiche 269	Chiche 270	Chiche 271	Chiche 272	Chiche 273	Chiche 274	Chiche 275	Chiche 276	Chiche 277	Chiche 278	Chiche 279	Chiche 280	Chiche 281	Chiche 282	Chiche 283	Chiche 284	Chiche 285	Chiche 286	Chiche 287	Chiche 288	Chiche 289	Chiche 290	Chiche 291	Chiche 292	Chiche 293	Chiche 294	Chiche 295	Chiche 296	Chiche 297	Chiche 298	Chiche 299	Chiche 300	Chiche 301	Chiche 302	Chiche 303	Chiche 304	Chiche 305	Chiche 306	Chiche 307	Chiche 308	Chiche 309	Chiche 310	Chiche 311	Chiche 312	Chiche 313	Chiche 314	Chiche 315	Chiche 316	Chiche 317	Chiche 318	Chiche 319	Chiche 320	Chiche 321	Chiche 322	Chiche 323	Chiche 324	Chiche 325	Chiche 326	Chiche 327	Chiche 328	Chiche 329	Chiche 330	Chiche 331	Chiche 332	Chiche 333	Chiche 334	Chiche 335	Chiche 336	Chiche 337	Chiche 338	Chiche 339	Chiche 340	Chiche 341	Chiche 342	Chiche 343	Chiche 344	Chiche 345	Chiche 346	Chiche 347	Chiche 348	Chiche 349	Chiche 350	Chiche 351	Chiche 352	Chiche 353	Chiche 354	Chiche 355	Chiche 356	Chiche 357	Chiche 358	Chiche 359	Chiche 360	Chiche 361	Chiche 362	Chiche 363	Chiche 364	Chiche 365	Chiche 366	Chiche 367	Chiche 368	Chiche 369	Chiche 370	Chiche 371	Chiche 372	Chiche 373	Chiche 374	Chiche 375	Chiche 376	Chiche 377	Chiche 378	Chiche 379	Chiche 380	Chiche 381	Chiche 382	Chiche 383	Chiche 384	Chiche 385	Chiche 386	Chiche 387	Chiche 388	Chiche 389	Chiche 390	Chiche 391	Chiche 392	Chiche 393	Chiche 394	Chiche 395	Chiche 396	Chiche 397	Chiche 398	Chiche 399	Chiche 400	Chiche 401	Chiche 402	Chiche 403	Chiche 404	Chiche 405	Chiche 406	Chiche 407	Chiche 408	Chiche 409	Chiche 410	Chiche 411	Chiche 412	Chiche 413	Chiche 414	Chiche 415	Chiche 416	Chiche 417	Chiche 418	Chiche 419	Chiche 420	Chiche 421	Chiche 422	Chiche 423	Chiche 424	Chiche 425	Chiche 426	Chiche 427	Chiche 428	Chiche 429	Chiche 430	Chiche 431	Chiche 432	Chiche 433	Chiche 434	Chiche 435	Chiche 436	Chiche 437	Chiche 438	Chiche 439	Chiche 440	Chiche 441	Chiche 442	Chiche 443	Chiche 444	Chiche 445	Chiche 446	Chiche 447	Chiche 448	Chiche 449	Chiche 450	Chiche 451	Chiche 452	Chiche 453	Chiche 454	Chiche 455	Chiche 456	Chiche 457	Chiche 458	Chiche 459	Chiche 460	Chiche 461	Chiche 462	Chiche 463	Chiche 464	Chiche 465	Chiche 466	Chiche 467	Chiche 468	Chiche 469	Chiche 470	Chiche 471	Chiche 472	Chiche 473	Chiche 474	Chiche 475	Chiche 476	Chiche 477	Chiche 478	Chiche 479	Chiche 480	Chiche 481	Chiche 482	Chiche 483	Chiche 484	Chiche 485	Chiche 486	Chiche 487	Chiche 488	Chiche 489	Chiche 490	Chiche 491	Chiche 492	Chiche 493	Chiche 494	Chiche 495	Chiche 496	Chiche 497	Chiche 498	Chiche 499	Chiche 500	Chiche 501	Chiche 502	Chiche 503	Chiche 504	Chiche 505	Chiche 506	Chiche 507	Chiche 508	Chiche 509	Chiche 510	Chiche 511	Chiche 512	Chiche 513	Chiche 514	Chiche 515	Chiche 516	Chiche 517	Chiche 518	Chiche 519	Chiche 520	Chiche 521	Chiche 522	Chiche 523	Chiche 524	Chiche 525	Chiche 526	Chiche 527	Chiche 528	Chiche 529	Chiche 530	Chiche 531	Chiche 532	Chiche 533	Chiche 534	Chiche 535	Chiche 536	Chiche 537	Chiche 538	Chiche 539	Chiche 540	Chiche 541	Chiche 542	Chiche 543	Chiche 544	Chiche 545	Chiche 546	Chiche 547	Chiche 548	Chiche 549	Chiche 550	Chiche 551	Chiche 552	Chiche 553	Chiche 554	Chiche 555	Chiche 556	Chiche 557	Chiche 558	Chiche 559	Chiche 560	Chiche 561	Chiche 562	Chiche 563	Chiche 564	Chiche 565	Chiche 566	Chiche 567	Chiche 568	Chiche 569	Chiche 570	Chiche 571	Chiche 572	Chiche 573	Chiche 574	Chiche 575	Chiche 576	Chiche 577	Chiche 578	Chiche 579	Chiche 580	Chiche 581	Chiche 582	Chiche 583	Chiche 584	Chiche 585	Chiche 586	Chiche 587	Chiche 588	Chiche 589	Chiche 590	Chiche 591	Chiche 592	Chiche 593	Chiche 594	Chiche 595	Chiche 596	Chiche 597	Chiche 598	Chiche 599	Chiche 600	Chiche 601	Chiche 602	Chiche 603	Chiche 604	Chiche 605	Chiche 606	Chiche 607	Chiche 608	Chiche 609	Chiche 610	Chiche 611	Chiche 612	Chiche 613	Chiche 614	Chiche 615

Figura N°2.2



2.15 Unidad Hidrográfica Achamayo

2.15.1 Reconocimiento del Recurso Hídrico Superficial

La sub-cuenca del río Achamayo, representa un caso típico de cuenca con un uso intensivo del agua y multisectorial del agua. Los recursos hídricos en especial en el periodo de estiaje no cubren los requerimientos de los diferentes sectores de la cuenca; existe fuertes déficit del agua.

El mayor del uso del agua se destina al uso agrícola y que tiene limitado su desarrollo en función de la disponibilidad existente.

Es notable el uso no consuntivo del agua representado por el uso energético en la Central Hidroeléctrica de Ingenio, existiendo además el uso intensivo del agua piscícola representado por una serie de piscigranjas existentes.

2.15.2 Ubicación Geográfica

La subcuenca de Achamayo se encuentra entre las coordenadas UTM 455752 E, 8710493 N y 491983 E, 8675181 N.

El río Achamayo se inicia por el desagüe de la laguna del circo glaciar denominado Putcacocha, emplazado a 4730 msnm, en la base del nevado Putcacocha, el mismo que es la divisoria de aguas con el río Ene en la cordillera oriental; siguiendo la dirección bajo la denominación de río Chonta, este río erosiona la antigua meseta central, formando un valle fluvial hasta el centro poblado Yuraccasha, desde donde la dirección cambia haciendo una parábola, para luego seguir la dirección N hasta el centro poblado de Sutule, que se emplaza a 4000 msnm, luego el curso del río sigue la dirección SE.

Hasta aquí ha recorrido por una estrecha quebrada que modeló al abrirse paso, a este sector del río se le denomina Tucupuñunan; también tiene afluentes muy importantes en su margen derecha, el río Malmamera no es más que el desagüe de la laguna Quiullacocha, iniciando su recorrido en forma perpendicular al río Achamayo.

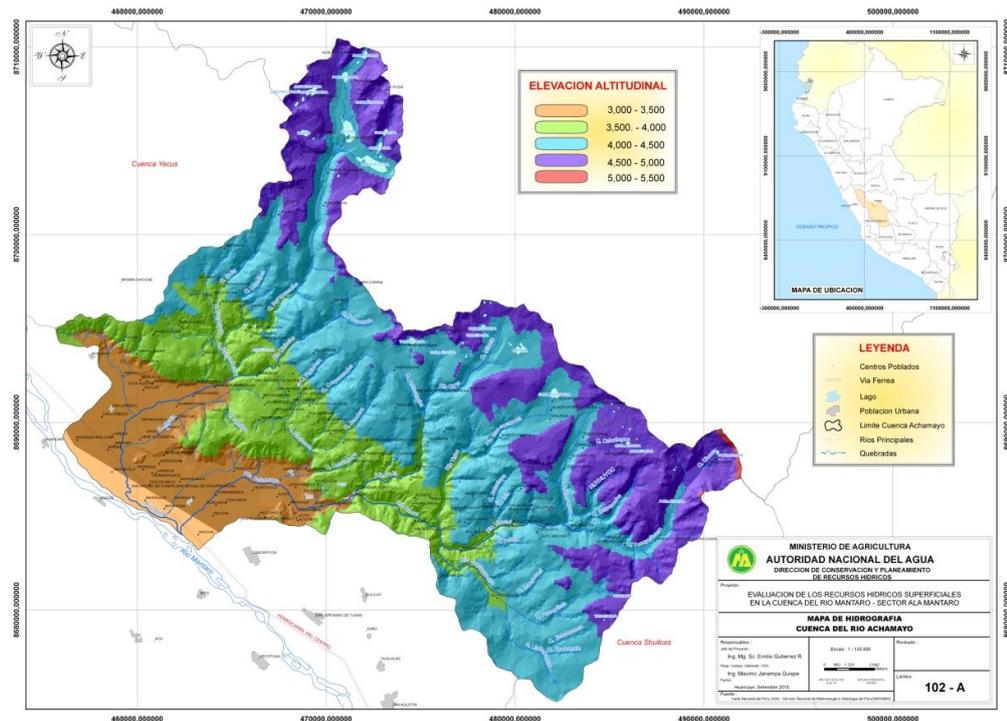
2.15.3 Demarcación Hidrográfica

La unidad hidrográfica de Achamayo está dentro de la cuenca del Mantaro que está conformada por una extensión hidrográfica de 498,92 km². En la Lámina N° 102-A, se muestran los detalles de afluentes y del sistema de la red hidrográfica de la cuenca del río Achamayo.

2.15.4 Demarcación Política

Políticamente la unidad hidrográfica de Achamayo pertenece a los distritos de Santa Rosa de Ocopa, Quichua (Ingenio) y Heroínas Toledo.

Lámina N° 102-A



2.15.5 Ecología

Hay 4 formaciones principales que predominan en la cuenca, la misma que se muestra en la Lámina N° 103 denominado Mapa Ecológico – Cuenca del río Achamayo.

Primeramente la formación Nival Tropical (NT) con el 0,48 % del área de la cuenca (2,4 km²), y que está en proceso de extinción. La zona nival tropical posee elevaciones superiores a 4 700 msnm y con temperaturas promedio por debajo de 1,5°C. Las masas de hielo actúan regulando el régimen hidrológico de los riachuelos, manantiales, lagunas y son las principales fuentes de suministros de aguas subterráneas para el desarrollo de vegetación.

La otra formación predominante es el páramo muy húmedo-Subalpino Tropical (pmh-SaT), que ocupa el 51,3 % del área de la cuenca (256 km²), geográficamente ocupa la parte oriental de la cordillera central, entre los 3900 y 4500 msnm; la biotemperatura media anual máxima es de 6°C y la media anual mínima es de 3,8 °C.

Sigue la formación bosque húmedo – Montano Tropical (bh-MT), con el 22,15 % del área de la cuenca (110,5 km²). Se extiende entre los 2800 msnm y 3800 msnm y comprende la parte baja de la cuenca; la biotemperatura media anual máxima es de 13,1 °C y la media anual mínima es de 7,3 °C.

La otra formación es la tundra pluvial – Alpino Tropical (tp-AT) con el 15,16 % del área de la cuenca (75,6 km²). Geográficamente esta formación ocupa la franja inmediata inferior del piso nival entre los 4300 y 5000 msnm a lo largo de la cordillera central de los andes.

El relieve topográfico es predominantemente abrupto y bajo el modelaje glacial, con afloramientos rocosos, la biotemperatura media anual es de 3,2 °C, el promedio máximo de precipitación anual es de 1000 mm.

2.15.6 Características Fisográficas

En las subcuenca altas del río Achamayo, fisiográficamente predomina un paisaje montañoso y colinoso, que presenta un relieve abrupto, de moderado a fuertemente disectado.

El río Achamayo discurre con una pendiente media de 3,32 %, la altitud media de la cuenca es de 4137 msnm. El área de la cuenca es de 498,9 km², la longitud de los ríos (incluye afluentes) de 358,4 km, el factor de forma 0,7 y el coeficiente de compacidad es de 1,79. En la Lámina N°101 se muestra los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Achamayo.

2.15.7 Recursos Hídricos Superficiales

El río Achamayo tiene tres afluentes principales con idéntico régimen de caudales sostenidos en el periodo de estiaje. En la fecha de evaluación (agosto – 2010) en la parte media de las tres cuencas se aforaron caudales promedios de 500 l/s en cada uno de los 2 afluentes principales (Chía y Rangra).

Este régimen de caudales está sostenido por una serie de lagunas y unos pequeños nevados, específicamente en el sector del río Rangra.

2.15.8 Principales Afluentes del Río Achamayo

El río Achamayo tiene tres afluentes principales, el río Chía-Ingenio, Rangra y Rurupancha (Chicche).

2.15.9 Lagunas Principales

Las Lagunas Grupo Seco-Achamayo, esta subcuenca se emplazan sobre los 4000 msnm, suman en total 46 y ocupan una superficie total aproximada de 322,7 ha de los cuales 16 tienen la forma ovalada, 8 son de forma alargada, e irregular, 7 tienen la forma triangular y circular. Asimismo cabe resaltar que 25 lagunas son cerradas (sin desagüe), 12 dan origen a ríos y 9 son atravesados por los ríos, es decir son cauces fluviales.

De igual modo la laguna de Huascacocha tiene una superficie aproximada de 67 ha, Paccha 57 ha; por ambas pasan importantes ríos que aguas abajo se denomina río Seco. Asimismo la laguna de Chalhuacocha con 21,5 ha abastece de agua para dar origen al río Achamayo.

2.15.10 Canales Principales

La Subcuenca del río Achamayo comprende las microcuencas de Chicche y río Seco y está constituido por 05 estructuras de captación: 01 Toma recolectora de manantiales, 01 toma directa lateral y 03 bocatomas.

El esquema de canales principales del río Achamayo se presenta en la Figura N°2.3

III. CLIMATOLOGIA EN LA CUENCA MANTARO

3.1 Variables Climáticas

La mayor parte de la información presentada en el presente capítulo, se obtuvo de fuentes secundarias tales como datos estadísticos, mapas, bases de datos del Climatic Research Unit (CRU) de la University of East Anglia, Atlas Climático de Precipitación y Temperatura del Aire en la Cuenca del Río Mantaro, estudios previos, etc.

3.1.1 Temperatura

La distribución espacial de la temperatura del aire fue obtenida sobre la base de datos históricos de 181 estaciones virtuales del CRU para el período 1960-1990. El análisis completo de esta variable, con mapas de isotermas a nivel anual generados por interpolación para toda la cuenca Mantaro, a modo de ejemplo los mapas: N° 26(Isoterma Cuenca del Mantaro, mes de Julio), N°30(Isoterma Cuenca del Mantaro, mes de Julio), N°44(Isoterma Cuenca del río Yauli, mes de Enero) y N°105(Isoterma Cuenca del río Achamayo, mes de Enero), son mostrados mas adelante.

En el Anexo de Láminas se presenta la siguiente información: Mapas del N°20 al 31- Isotermas Medias Mensuales Cuenca del río Mantaro, Mapas del N°45 al 56 - Isotermas Mínimas Cuenca del río Yauli, Mapas del N°64 al 75 - Isotermas Mínimas Cuenca del río Yacus y Mapas del N°109 al 120 - Isotermas Mínimas Cuenca del río Achamayo.

Temperatura mínima del aire

Distribución temporal

Las temperaturas mínimas del aire tienen un ciclo anual bien definido, principalmente en las zonas con mayor altitud. En toda la cuenca, los mínimos valores se registran en los meses de junio y julio, y los máximos en los meses de enero a marzo.

En las estaciones por debajo de los 1000 msnm, por lo general el rango anual de la temperatura oscila entre 14,4 y 19,1°C.

En las estaciones ubicadas entre los 2000 y 3000 msnm, por lo general el rango anual de la temperatura varía entre 6,0 y 11,1°C.

El análisis de temperatura a nivel espacial se ha clasificado por nivel de altitud de la cuenca del Mantaro como se puede apreciar en el Cuadro N°3.1 (Anexo I – Cuadros), de temperatura mínima, mientras que el Gráfico N°3.1 la variación mensual.

Cuadro N°3.1

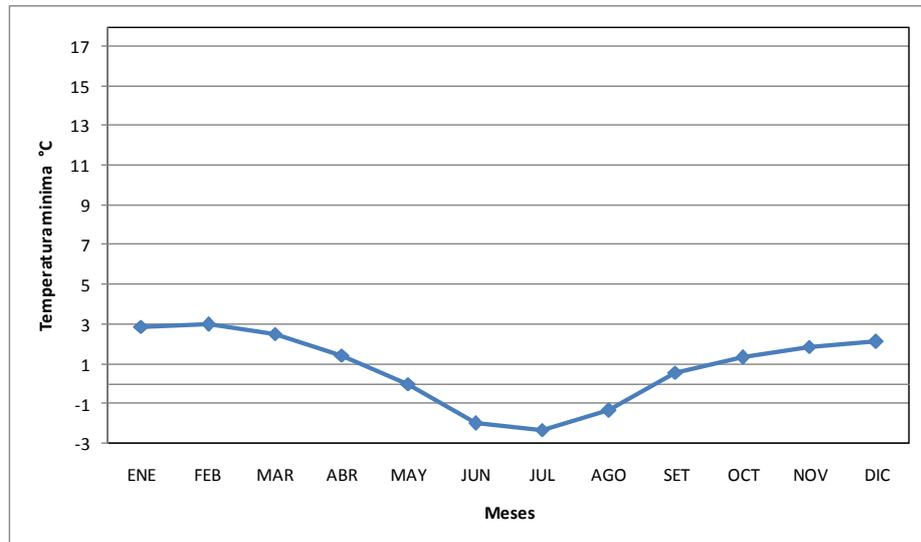
PROMEDIOS Y RANGOS TÉRMICOS ANUALES DE LA TEMPERATURA MÍNIMA EN LA CUENCA DEL RÍO MANTARO(°C)

ELEV	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<1000	18.87	19.16	18.82	18.05	16.61	14.98	14.45	15.10	16.25	16.72	18.03	18.15
1000-2000	15.65	15.98	15.43	14.77	13.35	11.50	11.17	12.10	13.52	13.85	15.27	15.15
2000-3000	10.83	11.12	10.46	9.67	8.29	6.22	6.08	7.33	9.21	9.53	10.81	10.50
3000-4000	3.96	4.11	3.57	2.55	1.13	-0.87	-1.14	-0.06	1.89	2.55	3.21	3.35
>4000	-1.12	-1.07	-1.47	-2.67	-4.17	-6.13	-6.56	-5.66	-3.71	-2.73	-2.54	-2.07

Fuente: Elaboración propia con apoyo del modelo climático del CRU

Gráfico N°3.1

COMPORTAMIENTO ANUAL DE LA TEMPERATURA MÍNIMA DEL AIRE PROMEDIO PARA TODA LA CUENCA DE RÍO MANTARO (PERÍODO 1960 – 1990)



Fuente: Elaboración propia con apoyo del modelo climático del CRU

Temperatura máxima del aire
Distribución temporal

El promedio para toda la cuenca de la temperatura máxima del aire, en función de los meses del año, presenta dos mínimos y dos máximos. Los valores mínimos de la temperatura máxima se registran en el mes de enero y febrero.

El promedio máximo principal se registra en el mes de noviembre y un máximo secundario en junio. Los mayores valores de la temperatura máxima en la cuenca se alcanzan en noviembre, posiblemente debido a que el aire va adquiriendo condiciones más cálidas, pero aún la nubosidad es escasa durante este mes.

La variación de la temperatura máxima durante el año es pequeña y presenta valores por debajo de los 2°C.

El análisis de temperatura máxima a nivel espacial se ha clasificado por nivel de altitud de la cuenca del Mantaro como se puede apreciar en el Cuadro N°3.2 (Anexo I – Cuadros), de temperatura máxima, mientras que el Gráfico N°3.2 la variación mensual.

Cuadro N°3.2

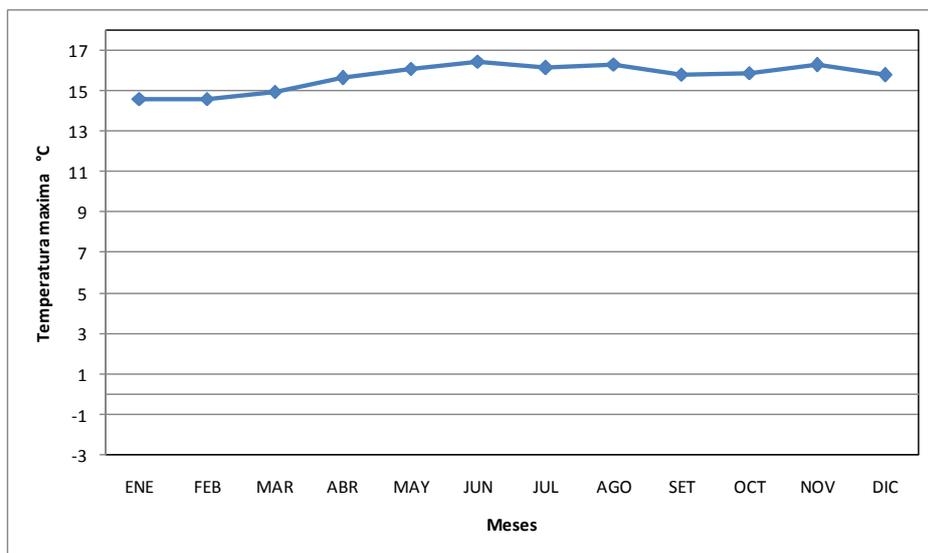
PROMEDIOS Y RANGOS TÉRMICOS ANUALES DE LA TEMPERATURA MÁXIMA EN LA CUENCA DE RÍO MANTARO (°C)

ELEV	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<1000	28.57	28.84	28.98	28.87	27.79	27.10	26.83	27.54	27.87	27.76	28.69	29.09
1000-2000	26.02	26.28	26.37	26.77	26.18	25.77	25.63	26.37	26.42	26.08	27.13	26.98
2000-3000	21.86	22.10	22.25	23.03	23.16	23.25	23.25	23.86	23.61	23.13	24.12	23.33
3000-4000	15.72	15.75	16.05	16.81	17.27	17.64	17.39	17.64	17.15	17.08	17.61	17.01
>4000	10.94	10.87	11.33	12.00	12.61	13.15	12.66	12.68	12.02	12.31	12.45	12.03

Fuente: Elaboración propia con apoyo del modelo climático del CRU

Gráfico N°3.2

COMPORTAMIENTO ANUAL DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE PROMEDIO PARA TODA LA CUENCA DE RÍO MANTARO (PERÍODO 1960 – 1990)



Fuente: Elaboración propia con apoyo del modelo climático del CRU

Temperatura media del aire

Distribución temporal

La temperatura media del aire presenta los valores más bajos en julio y los máximos en noviembre. El rango anual de la temperatura media oscila entre los 2,1°C para toda la cuenca.

Distribución espacial

El promedio anual de la temperatura media del aire presenta valores alrededor de los 4,3°C en las partes altas de la cuenca (por encima de los 4000 msnm).

La temperatura se incrementa llegando hasta 8,1°C y 10,4°C para el rango de altitud entre los 3000 y 4000 msnm.

La temperatura se oscila entre 14,6°C y 17,4°C para el rango de altitud entre los 2000 y 3000 msnm.

En el mes de julio, se registran los valores más bajos de los promedios multianuales de la temperatura media del aire con valores de hasta 6,9 °C.

El promedio multianual de la temperatura media del aire tiene valores máximos en el mes de noviembre en donde alcanza una temperatura de 9,0 °C.

El análisis de temperatura a nivel espacial se ha clasificado por nivel de altitud de la cuenca del Mantaro como se puede apreciar en el Cuadro N°3.3 (Anexo I – Cuadros), de temperatura media, mientras que el Gráfico N°3.3 la variación mensual.

Cuadro N°3.3

PROMEDIOS Y RANGOS TÉRMICOS ANUALES DE LA TEMPERATURA MEDIA EN LA CUENCA DE RÍO MANTARO (°C)

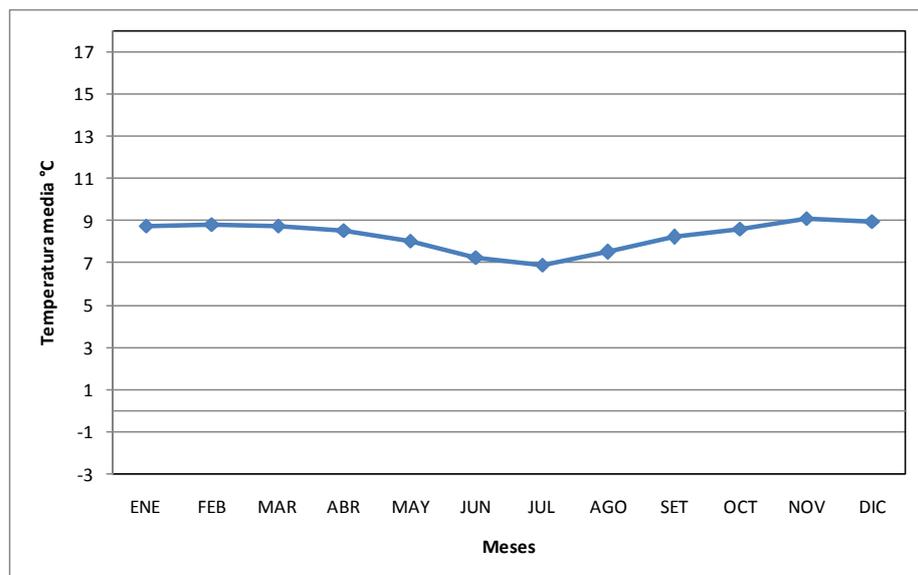
ELEVACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<1000	23.72	24.00	23.90	23.46	22.20	21.04	20.64	21.32	22.06	22.24	23.36	23.62
1000-2000	20.83	21.13	20.90	20.77	19.77	18.63	18.40	19.23	19.97	19.97	21.20	21.07
2000-3000	16.34	16.61	16.36	16.35	15.73	14.74	14.66	15.59	16.41	16.33	17.46	16.91
3000-4000	9.84	9.93	9.81	9.68	9.20	8.38	8.13	8.79	9.52	9.81	10.41	10.18
>4000	4.91	4.90	4.93	4.66	4.22	3.51	3.05	3.51	4.16	4.79	4.96	4.98

Fuente: Elaboración propia con apoyo del modelo climático del CRU

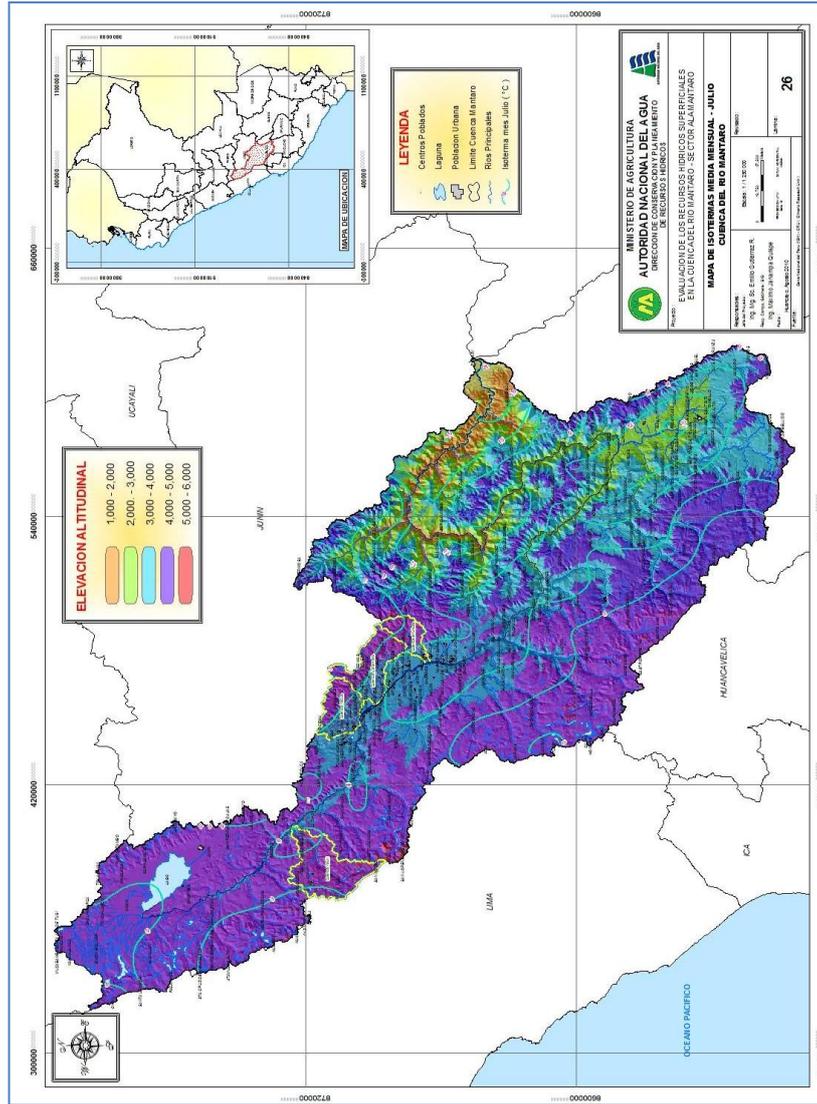
Como se puede observar en el cuadro anterior la temperatura va descendiendo a medida que la altitud se incrementa, lo que indica que afecta directamente a otros factores climáticos.

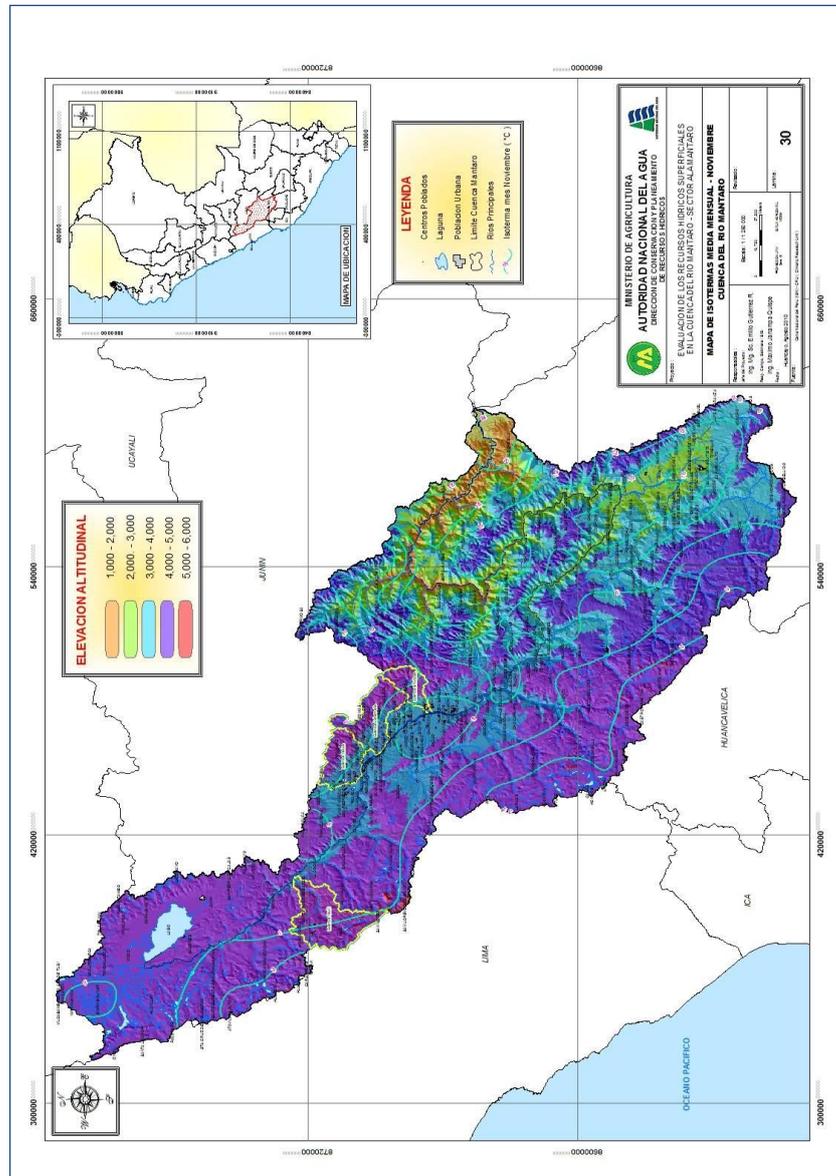
Gráfico N°3.3

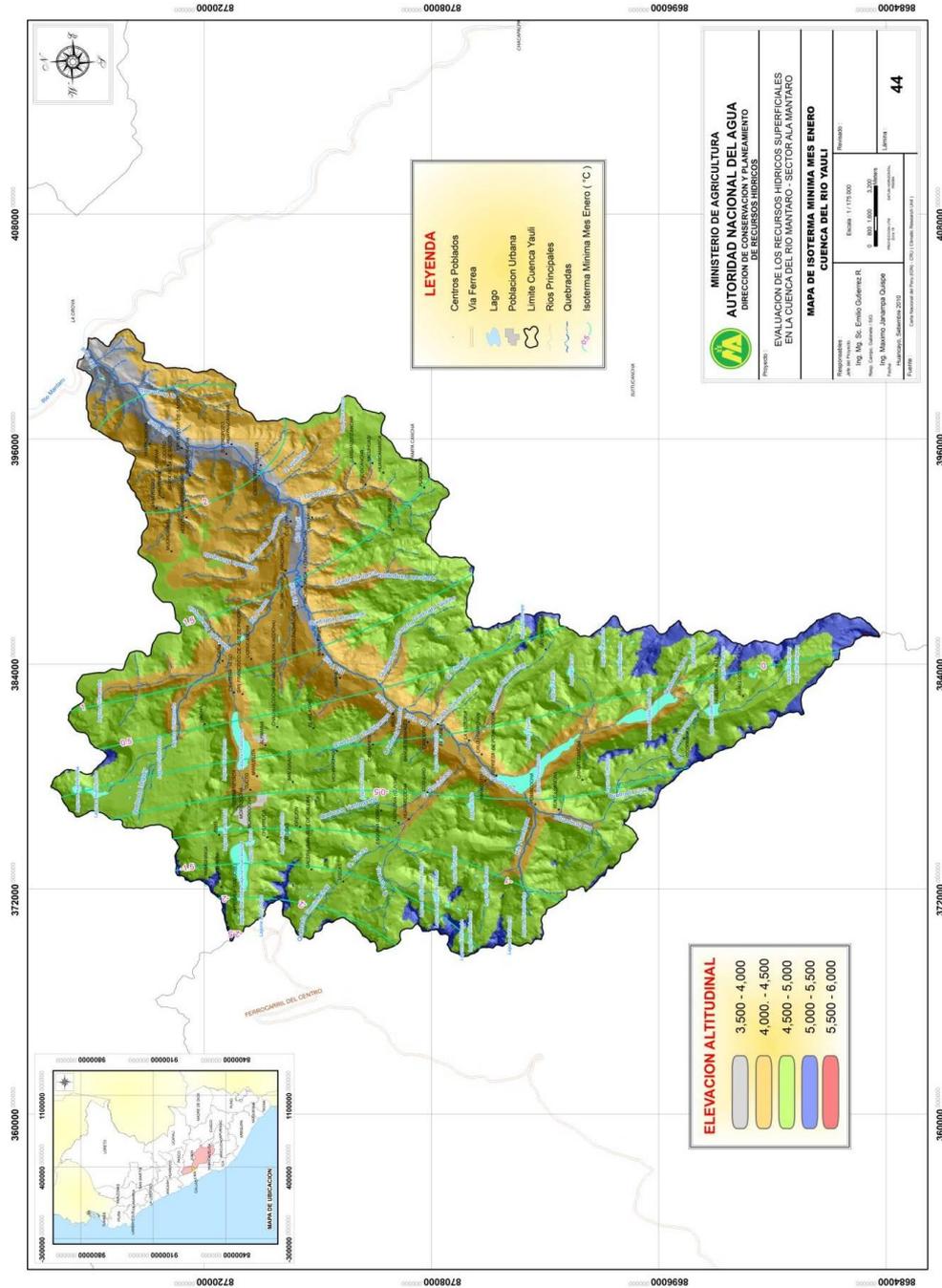
COMPORTAMIENTO ANUAL DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE PROMEDIO PARA TODA LA CUENCA DE RÍO MANTARO (PERÍODO 1960 – 1990)

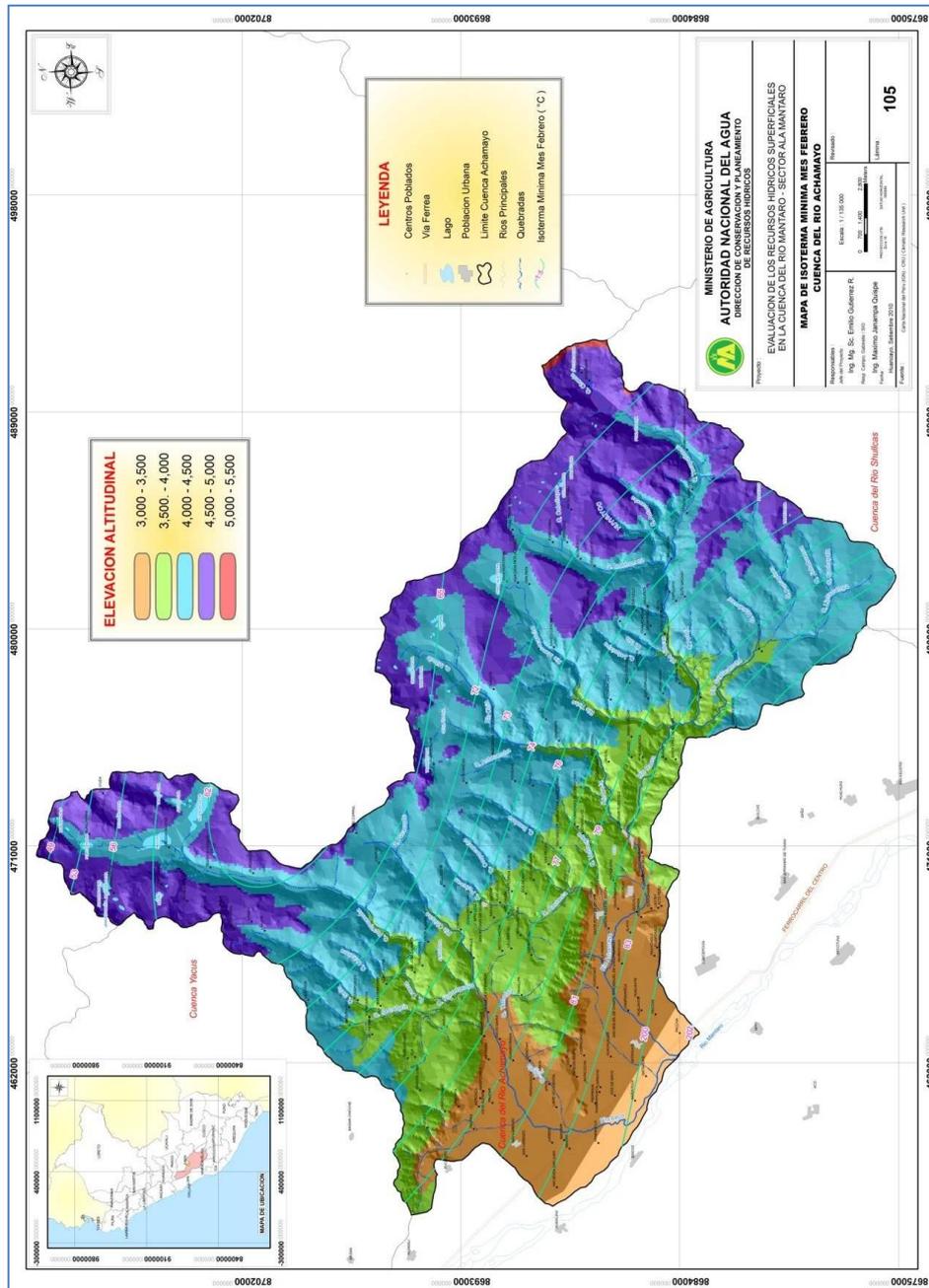


Fuente: Elaboración propia con apoyo del modelo climático del CRU







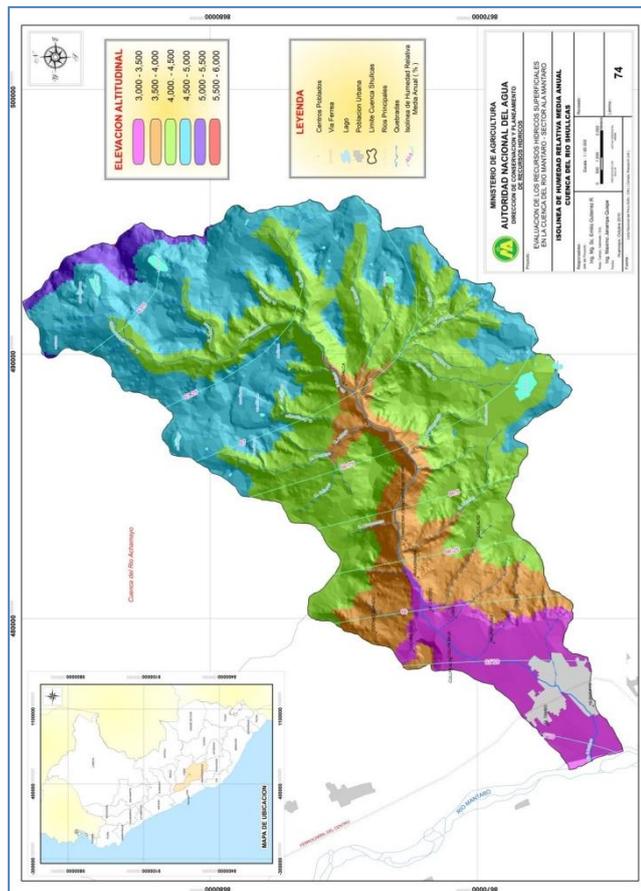
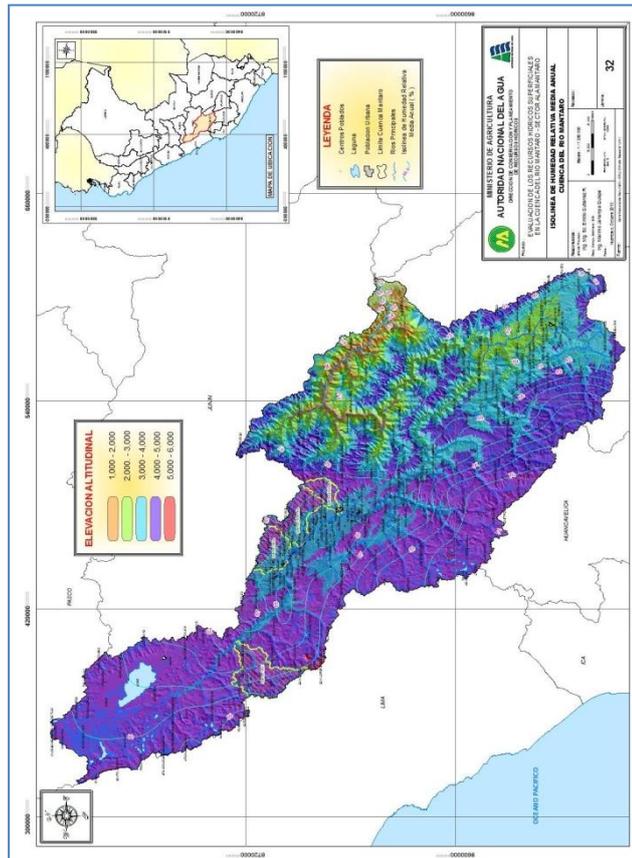


3.1.2 Humedad Relativa

La Humedad relativa media anual tiene un rango de 80,12 % en el mes de enero y 53,63 % en el mes de Julio en la cuenca del Mantaro, la variación mensual de la humedad con la altitud es mostrado en el Cuadro N°3.4 (Anexo I – Cuadros), este cuadro muestra la variación mensual de la humedad relativa para el rango comprendido entre 553 hasta los 4985 msnm, información que ha servido para elaborar las isolíneas de humedad. En el Anexo de Láminas se presenta la siguiente información: Mapas N°32 Isolínea de Humedad Relativa Media Anual – Cuenca del río Mantaro, Mapas N°32 al 39 Mapas de Humedad Relativa media mensual para los meses de enero hasta julio; Mapas N°57 Isolínea de Humedad Relativa Media Anual – Cuenca del río Yauli, Mapas N°76 Isolínea de Humedad Relativa Media Anual – Cuenca del río Shullcas, Mapas N°99 Isolínea de Humedad Relativa Media Anual – Cuenca del río Yacus y Mapas N°121 Isolínea de Humedad Relativa Media Anual – Cuenca del río Achamayo.

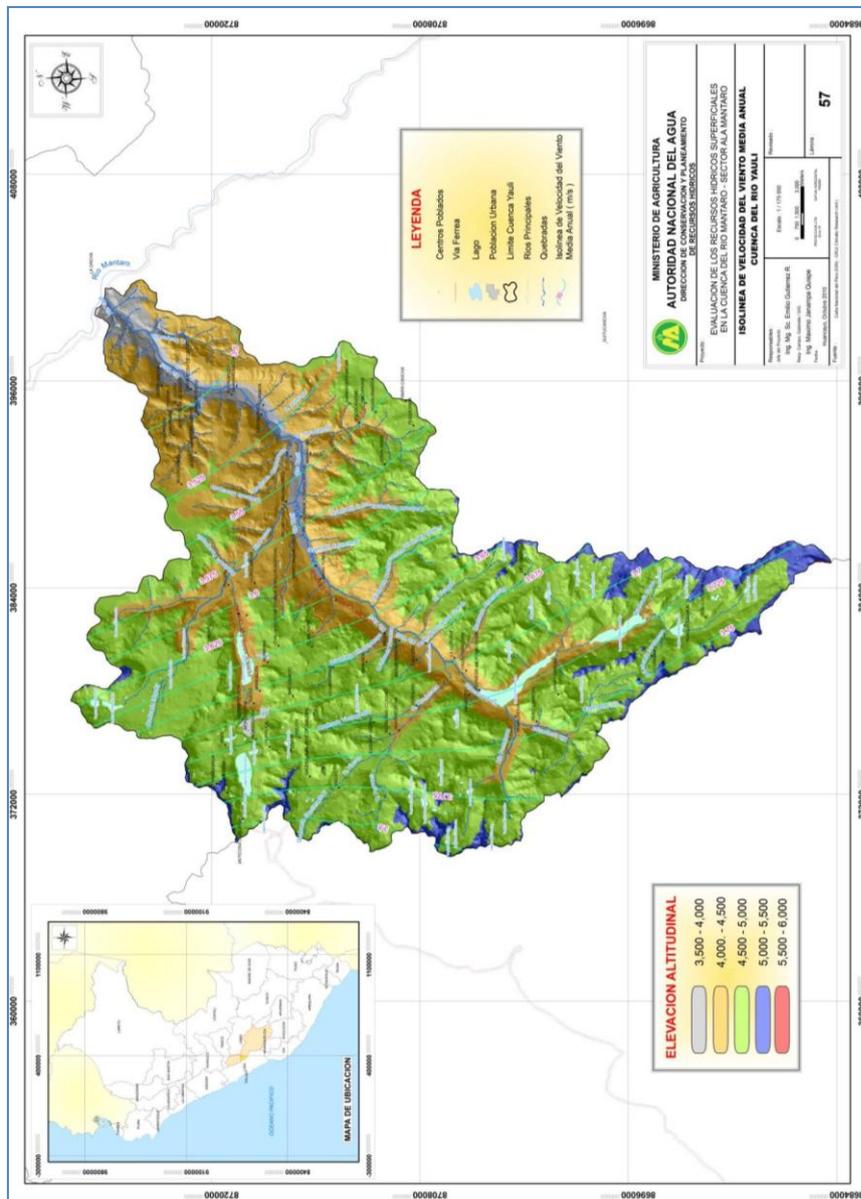
Cuadro N°3.4

HUMEDAD RELATIVA DE LA CUENCA DEL MANTARO.												
ELEVACIÓN	MESES											
	msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV
553 -1000	71.56	73.42	73.66	71.8	69.66	69.94	68.78	67.8	67.7	69.22	67.8	69.96
1000 - 1500	71.3	73.4	73.8	71.4	68.6	68.3	67.3	66.5	66.8	68.5	66.9	69.3
1500 - 2000	67.45	70.15	71.20	67.20	63.05	61.45	60.40	60.30	61.10	62.50	60.60	64.20
2000 - 2500	65.33	68.13	69.77	64.47	59.57	56.87	55.73	56.40	57.63	58.57	56.63	61.07
2500 - 3000	67.56	69.95	71.76	66.14	60.57	57.03	55.80	56.96	58.92	60.75	58.80	63.21
3000 - 3500	68.86	69.63	72.50	65.70	60.38	55.35	53.63	56.57	59.13	60.01	58.77	63.64
3500 - 4000	73.14	72.32	75.17	68.33	62.91	57.05	54.46	58.32	62.20	63.57	63.29	67.78
4000 - 4500	76.42	73.50	77.35	69.78	64.98	58.16	55.14	60.86	64.96	66.00	66.47	70.91
4500 - 4985	80.12	74.02	79.70	70.70	67.32	59.16	55.60	64.21	68.12	67.59	69.29	74.06
Fuente: Elaboración ANA												



3.1.3 Velocidad de Viento

En función a la información disponible de velocidad de viento a nivel de la cuenca del río Mantaro se ha elaborado los Mapas de variación media anual de la velocidad del viento para la cuenca del río Mantaro y las subcuencas de los ríos Mantaro (Mapa N°40), Yauli (Mapa N°57) , Shullcas(Mapa N°75), Yacus(Mapa N°96) y Achamayo(Mapa N° 117), y que se presenta en el Anexo de Láminas; a continuación se presenta las Láminas N° 57 y 75 que corresponden a las isólinas de velocidad de viento anual en las subcuenca de los ríos Yauli y Shullcas y su variación altitudinal.



3.1.4 Precipitación.

Las precipitaciones, como promedio, se inician para toda la cuenca en el mes de julio y se incrementan gradualmente en los meses de agosto y setiembre, haciéndose más significativas a partir de octubre hasta alcanzar valores máximos en febrero.

Los meses de máximas precipitaciones son enero, febrero y marzo, en abril la precipitación disminuye bruscamente, para luego alcanzar los valores mínimos en junio. Este patrón se cumple en casi todas las estaciones de la cuenca. El 83% de la precipitación anual ocurre entre los meses de octubre a abril, de los cuales el 48% están distribuidos casi equitativamente entre los meses de enero, febrero y marzo.

La cantidad de precipitación que acumula cada estación es variable, dependiendo principalmente de:

La ubicación geográfica. Se observa un ligero aumento de las precipitaciones en las estaciones ubicadas en la parte norte y oeste de la cuenca.

La altitud. Reportándose que en las estaciones ubicadas en las partes más altas de la cuenca, los acumulados de lluvias son mayores que en las ubicadas en los valles. Sin embargo, esta dependencia está condicionada por otros aspectos físicos, como son el grado de exposición del terreno al sol, la influencia de la brisa de montaña–valle-montaña, la dirección de los flujos de viento cargados de humedad, entre otros factores.

Análisis precipitación vs. Altitud

El análisis de precipitación media a nivel espacial se ha clasificado por nivel de altitud de la cuenca del Mantaro, esta se ha efectuado para los rangos entre 553 hasta los 4985 msnm, cada 500 m. En el Cuadro N°3.5 (Anexo I – Cuadros), se muestra la variación mensual de la precipitación, información que ha servido para elaborar las isoyetas total anual de la cuenca del río Mantaro (Lámina N°7), así como de las subcuencas de los ríos Yauli (Lámina N°42), Shullcas (Lámina N°60), Yacus (Lámina N°81) y Achamayo (Lámina N°102) respectivamente. Así mismo se ha elaborado las isoyetas mensuales para la cuenca de río Mantaro (enero hasta diciembre), cuyos mapas a nivel de la cuenca se muestran en las Láminas N°08 al 19 y que forma parte del Anexo de Láminas.

Cuadro N°3.5

Variación Media Mensual de la Precipitación - Altitud (mm/mes)

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA CUENCA DEL MANTARO.												
ELEVACIÓN	MESES											
msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
553 - 1000	180.64	162.96	154	97.18	56.92	39.38	38.9	50.9	81.04	111.84	116.24	155.02
1000 - 1500	195.1	171.9	170	106.8	67.3	44.4	42.9	55.9	91.3	119.8	121.2	165.2
1500 - 2000	138.20	123.15	123.00	66.40	35.10	19.15	23.45	29.60	57.00	73.55	77.30	112.35
2000 - 2500	124.93	118.23	111.57	51.13	26.23	12.57	16.57	20.87	44.27	59.60	64.00	94.13
2500 - 3000	130.97	127.99	125.55	57.00	29.84	14.33	20.86	24.79	52.85	66.21	71.31	103.96
3000 - 3500	127.12	135.90	131.96	49.25	22.95	9.80	14.18	22.76	43.36	60.09	64.89	90.89
3500 - 4000	131.72	145.75	140.17	62.46	27.72	10.71	13.33	23.68	45.65	69.65	73.97	104.77
4000 - 4500	132.83	147.55	140.45	65.83	24.51	9.16	11.46	19.62	43.74	68.31	72.41	107.75
4500 - 4985	144.45	153.65	143.92	71.09	23.40	7.25	9.18	15.15	39.78	63.50	71.01	110.02

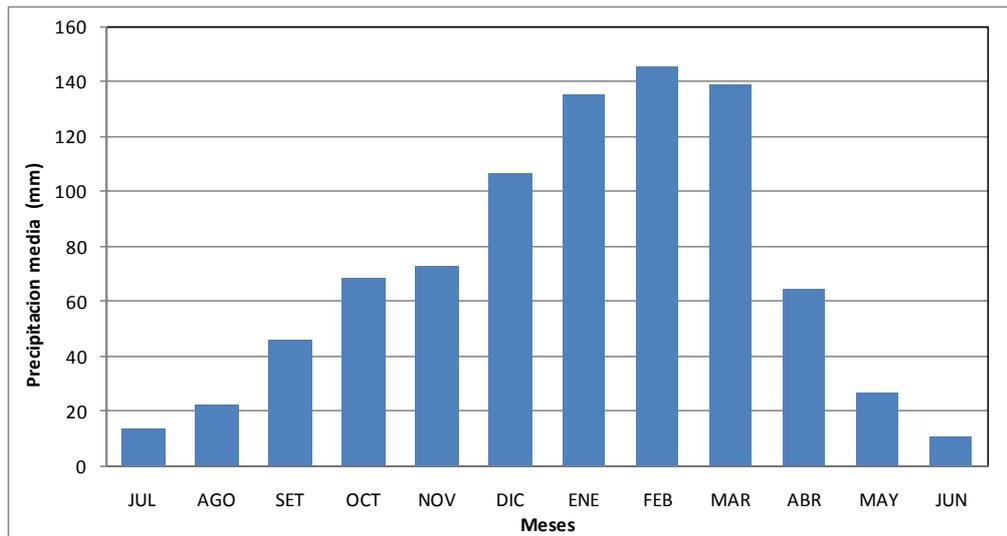
Fuente: Elaboración ANA

Distribución espacial

En el Gráfico N°3.4 se presenta la distribución promedio mensual de la precipitación en la cuenca río Mantaro, y este indica que a medida que se desciende hacia el valle del Mantaro, las precipitaciones disminuyen, y se observan tres núcleos importantes de valores mínimos de precipitaciones.

Gráfico N°3.4

Distribución promedio de la precipitación mensual para toda la cuenca del río Mantaro (periodo 1960-1990)



Fuente "Elaboración propia con apoyo del modelo climático del CRU

IV. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

Información Pluviométrica de la zona de Estudio

De acuerdo con los registros, el periodo de lluvias ocurre generalmente entre noviembre y abril, el resto del año la precipitación es muy baja. La precipitación es el fenómeno meteorológico mejor registrado en la cuenca del río Mantaro, en cuanto a su densidad, sin embargo las subcuencas en estudio carecen de estaciones.

Se utilizarán las estaciones cercanas a la zona de estudio, y que se usarán para las evaluaciones, para definir las distribuciones espaciales de la precipitación.

La información más abundante existente en las cuencas de estudio corresponde a datos de lluvia, las estaciones escogidas para el análisis, cuentan con información variable en cuanto al número de años de registro.

Información Disponible

En la Lámina N°3 se presentan las estaciones pluviométricas, de las cuales se dispone la información histórica, con sus respectivas altitudes, y cuya información a ser utilizada se muestra en el Cuadro N°4.1 (Anexo I – Cuadros).

Cuadro N°4.1
ESTACIONES METEOROLÓGICAS – SENAMHI

N°	ESTACIONES	TIPO	CUENCA	UBICACIÓN POLÍTICA			UBICACIÓN GEOGRÁFICA		ALTITUD (msnm)
				DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	
1	LA OROYA	PLU	MANTARO	JUNIN	YAULI	LA OROYA	75°54'0"	11°31'0"	3750
2	MARCOPOMACOCHA	CO	MANTARO	JUNIN	YAULI	MARCAPOMACOCHA	76°19'30"	11°24'16"	4479
3	JAUJA	CO	MANTARO	JUNIN	JAUJA	JAUJA	75°28'28"	11°47'01"	3322
4	INGENIO	CO	MANTARO	JUNIN	HUANCAYO	INGENIO	75°15'21"	11°52'46"	3450
5	COMAS	CO	MANTARO	JUNIN	CONCEPCION	COMAS	75°07'44"	11°44'54"	3300
6	HUAYTAPALLANA	PLU	MANTARO	JUNIN	HUANCAYO	PARIAHUANCA	75°02'0"	12°01'0"	4400
7	HUAYAO	PLU	MANTARO	JUNIN	HUANCAYO	SICAYA	75°16'0"	12°02'0"	3315
8	VIQUES	CO	MANTARO	JUNIN	HUANCAYO	VIQUES	75°13'41"	12°09'21"	3186
9	SANTA-ANA	MAP	MANTARO	JUNIN	HUANCAYO	TAMBO	75°13'15"	12°00'15"	3295

En los Cuadros N°4.2 al N°4.10 (Anexo I – Cuadros), y que forma parte del Anexo de Cuadros se presentan los registros históricos existentes para las principales estaciones de interés a evaluar.

Se utilizará los registros de 9 estaciones consideradas de interés para las subcuencas en estudio, teniendo un periodo variable entre 1970-2008.

Esta información se homogenizará y extenderá para un período común de registro de 1970 al 2008.

Las estaciones por su cercanía al área de estudio corresponden a La Oroya, Marcopomacocha, Jauja, Ingenio, Comas, Huaytapallana, Huayao, Viques y Santa Ana.

La precipitación es el elemento básico que determina el comportamiento hidrológico de una cuenca y como tal debe analizarse su comportamiento estacional, multianual e incluso regional.

4.1 Análisis de Consistencia

Este análisis consistió en detectar y eliminar posibles inconsistencias y no homogeneidades, de las series históricas para obtener registros más confiables y de menor riesgo, para ello se realizó el análisis gráfico, doble masa y estadístico si fuera necesario.

4.1.1 Análisis Gráfico

Se elaboraron hidrogramas a nivel mensual y anual con la finalidad de investigar posibles saltos o tendencias durante el periodo de registro de la información, así como para detectar valores extremadamente altos o bajos que no reflejen el comportamiento de la variable en el periodo de registro.

Los hidrogramas se usaron también con la finalidad de establecer el período de registro más confiable en cada serie, es decir estos fueron comparados simultáneamente con la finalidad de visualizar si tenían un comportamiento similar.

En los Gráficos N°4.1 al 4.9 se muestra los hidrogramas históricos de precipitación total anual, mientras que en los Gráficos del 4.10 al 4.18, se muestran los hidrogramas mensuales de las estaciones pluviométricas que se ubican en el ámbito de la cuenca del río Mantaro y subcuencas vecinas, información que se encuentra en el Anexo de Gráficos.

4.1.2 Análisis de Doble Masa

Se efectuó el análisis de doble masa para las estaciones que se ubican en la cuenca del río Mantaro y subcuencas vecinas con la finalidad de conocer la consistencia de la información de precipitación.

El análisis de doble masa se basó en el criterio de que los valores acumulados de la precipitación, en cada estación, graficados con los valores acumulados de una estación modelo o base, para un período considerado, deben ser una línea recta de pendiente constante, además se debe tener cuidado, pues los cambios en la ubicación de las estaciones, toma de datos (metodología, instrumentación, personal operador), puedan afectar tal relación.

Para efectuar el análisis de doble masa, se optó por agruparlas teniendo como criterio la distribución espacial dentro de las subcuencas, régimen pluviométrico y período de registro concurrente, en el Cuadros N°4.11 al 4.14 (Anexo I – Cuadros), se muestra la información que ha servido para definir los periodos de análisis, así se estableció lo siguiente:

- Cuenca Yacus-Achamayo: estaciones Jauja, Ingenio y Comas, periodo 1970-2008
- Cuenca Shullcas: estaciones Huaytapallana, Huayao y Viques, periodo 1970-2008.
- Cuenca Yauli: estaciones La Oroya y Marcopomacocha, periodo 1985-2008
- Cuenca Shullcas: estaciones Huayao y Santa Ana, periodo 1992-2008.

En el Gráficos N°4.19 al 4.22 se presenta los Diagramas de Doble Masa correspondiente a la información histórica de la precipitación total anual de cada una de las estaciones; de la evaluación de los gráficos, las estaciones siguen una tendencia recta, infiriéndose que, la información presentada es consistente, información que es corroborada por los histogramas mensuales y anuales, lo cual nos indicaría la consistencia de la información pluviométrica.

Gráfico N°4.19

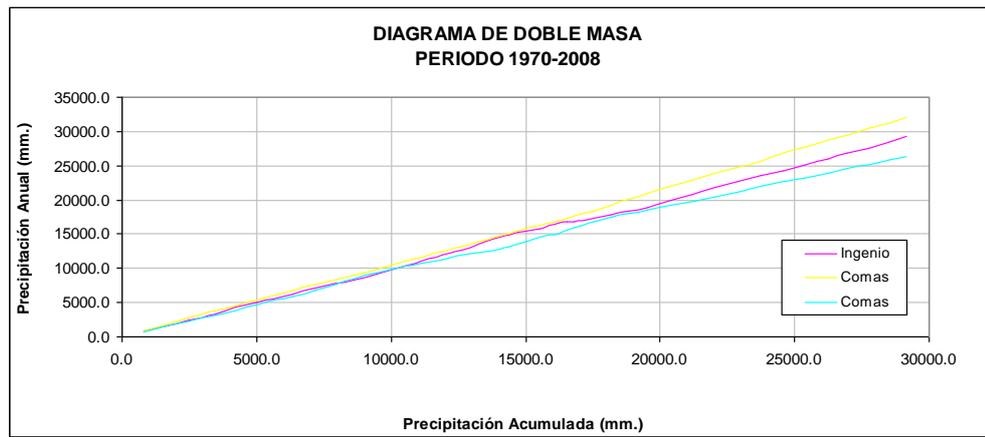


Gráfico N°4.20

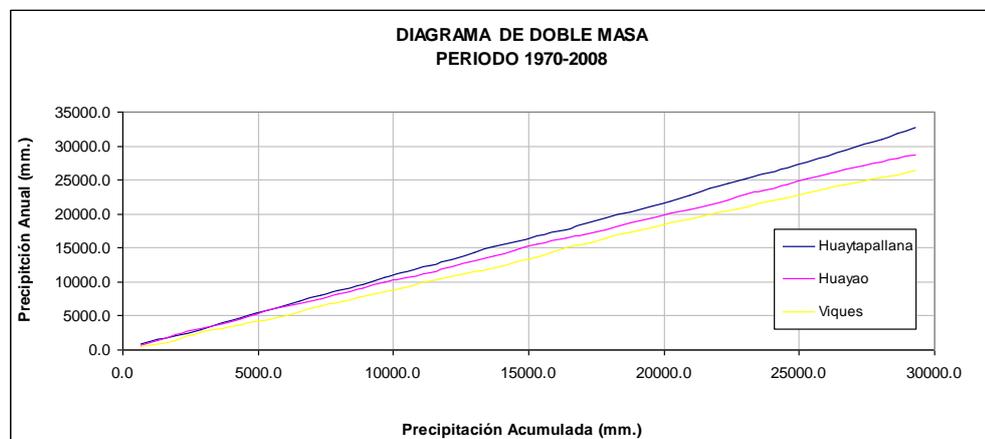


Gráfico N°4.21

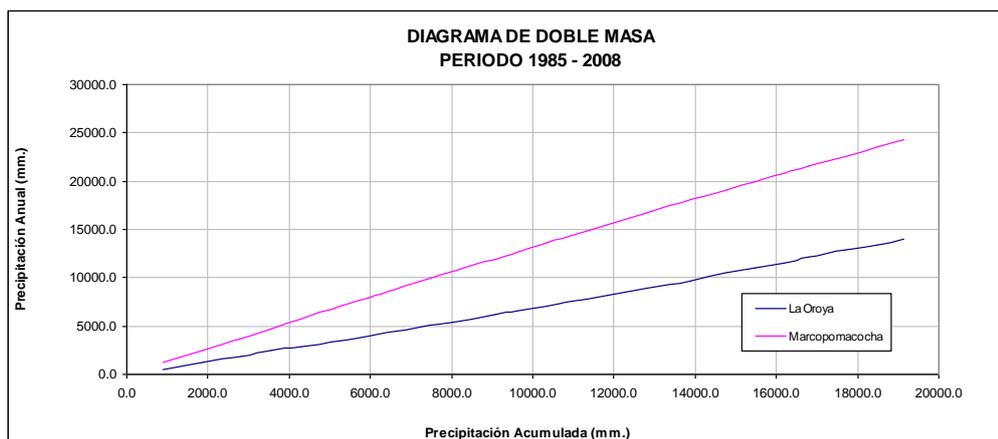
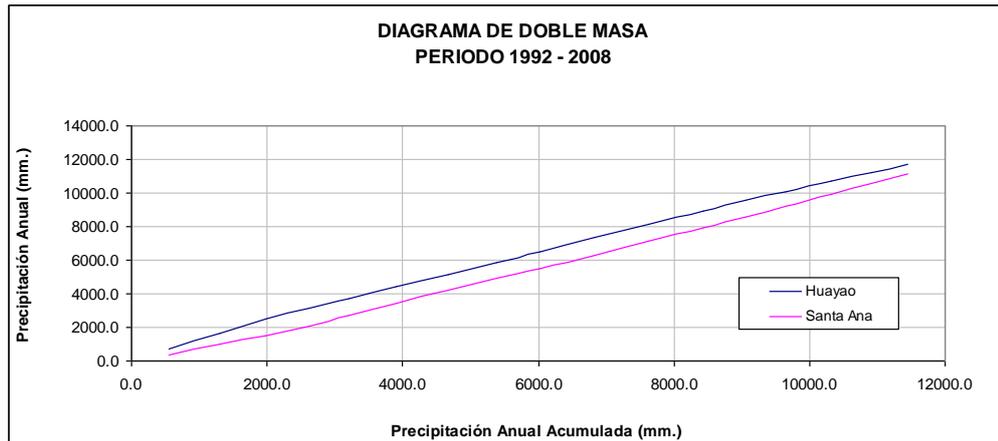


Gráfico N°4.22



Análisis Estadístico

No fue necesario efectuar análisis estadístico, dada la consistencia de los datos verificados a nivel anual, mensual y mediante el diagrama de doble masa.

Análisis de Tendencias

No se evidenciaron tendencias en las series históricas de precipitación, que hayan requerido ser corregidas.

4.2 Completación y Extensión de Información

Realizado el análisis de consistencia de la información histórica, se procedió a la completación de datos faltantes y extensión de los registros a un período común 1970-2008, que corresponde a 39 años.

La completación y extensión de los datos se realizó utilizando el Software denominado HEC4 del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) que forma parte del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE), muy conocido por su validez en el campo de la Hidrología.

En los Cuadros N°4.15 al 4.23 (Anexo I - Cuadros), se muestran los registros completados y/o extendidos de las estaciones pluviométricas que se ubican en el ámbito de estudio.

4.3 Variabilidad Especial y Temporal

Distribución Espacial de las Precipitaciones

En función a la isoyetas anuales a nivel de la cuenca de río Mantaro, la Lámina N°07 muestra la distribución espacial de la precipitación a nivel anual; de esta se infiere que en la parte norte de la cuenca del río Mantaro en el Lago Junín el rango de la precipitación se encuentra entre 800 y 1160 mm/año, en las nacientes del río Yauli y límite con cuenca del río Yacus, la variación se encuentra entre 600 y 920 mm/año. Para las cuencas Yacus, Achamayo y Shullcas en rango se encuentra entre 590 y 950 mm/año, mayores detalles de la distribución espacial de la precipitación se muestran en las Lámina N°7, 42, °60, 81 y 102.

En la confluencia del río Mantaro con el río Ene (en la selva de los departamentos de Junín y Huancavelica), la precipitación anual llega a alcanzar hasta 1200 mm/año.

Variabilidad temporal de las Precipitaciones y Persistencias

En los Cuadros N° 4.24 al N° 4.32, se muestra el resumen estadístico de la serie, sus valores medios, persistencias al 25%, 50% y 75%, y variación mensual para cada una de las 9 estaciones consideradas y cuya información forma parte del Anexo I – Cuadros. En el Cuadro N°4.33 se presenta un resumen de estas persistencias.

En los Gráficos N° 4.23 al Gráfico N° 4.31 se muestra la variación mensual de la precipitación de cada estación y sus valores de persistencia al 75% (años seco), persistencia al 25% (año húmedo) y persistencia al 50% (año medio).

Guadro N°4.33

ANÁLISIS DE FRECUENCIAS ESTACION - LA OROYA

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	106.6	104.1	100.9	64.8	26.6	28.2	16.9	25.1	52.6	71.2	77.7	95.7
50%	81.9	89.8	87.2	43.4	17.8	6.6	9.9	8.4	35.6	52.7	57.8	79.0
75%	52.9	68.2	51.7	26.6	8.0	0.5	2.4	4.5	25.8	38.3	43.2	61.4

ESTACION - MARCOPOMACOCHA

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	190.6	224.6	213.8	85.0	45.7	26.4	20.2	34.7	69.8	115.7	116.1	150.4
50%	149.5	141.4	155.6	66.1	30.5	11.0	9.4	25.2	52.4	71.4	75.1	115.0
75%	121.0	119.6	124.4	48.9	12.4	6.2	5.1	13.6	36.2	45.7	47.5	91.5

ESTACION - JAUJA

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	139.3	152.1	130.7	54.1	14.1	7.8	6.3	8.3	34.2	71.1	89.5	110.1
50%	123.8	122.2	108.5	36.3	8.9	2.4	2.0	3.0	22.5	62.1	62.1	99.3
75%	84.7	96.6	82.8	26.3	4.6	0.0	0.3	0.4	12.1	46.9	46.0	78.5

ESTACION - INGENIO

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	179.5	177.8	144.9	66.1	25.0	14.1	14.1	16.8	37.4	84.9	101.7	142.0
50%	136.9	125.2	113.8	42.8	17.8	7.3	3.4	9.4	27.8	65.2	72.5	112.8
75%	81.2	84.6	58.2	27.5	5.5	0.0	0.0	1.2	10.7	43.5	48.4	61.7

ESTACION - COMAS

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	144.6	137.2	147.8	72.3	30.1	15.7	21.5	31.0	67.3	91.8	99.7	122.3
50%	114.0	121.7	107.9	56.3	21.0	10.6	15.3	21.7	49.0	67.5	80.0	101.7
75%	90.3	102.4	86.4	43.6	15.0	5.6	7.8	11.9	37.5	57.4	61.9	84.7

ESTACION - HUAYTAPALLANA

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	179.3	175.1	147.8	76.2	33.4	11.7	9.2	21.3	56.3	93.1	120.9	128.3
50%	141.8	140.4	127.3	64.0	21.9	5.1	0.8	13.5	42.2	68.1	79.8	105.2
75%	109.6	128.2	109.6	46.9	13.9	0.6	0.0	3.8	26.4	45.7	60.1	83.4

ESTACION - HUAYAO

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	153.0	159.6	137.1	82.0	24.0	13.8	9.7	22.3	56.7	76.3	84.3	118.2
50%	118.0	129.0	107.7	46.0	17.8	4.0	6.4	16.4	40.2	64.4	57.7	87.6
75%	93.5	83.2	75.5	27.0	7.0	1.3	1.5	7.3	22.8	44.8	47.5	71.5

ESTACION - VIQUES

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	131.7	141.9	108.1	48.6	34.1	32.4	32.2	33.0	41.6	75.7	69.0	99.5
50%	85.5	99.0	74.3	35.3	25.8	11.5	11.1	27.7	35.9	48.8	49.4	57.3
75%	54.1	61.1	51.0	29.3	2.6	1.1	0.2	3.9	23.4	37.3	37.2	42.5

ESTACION - SANTA ANA

PROB.(%)	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
25%	120.9	133.7	121.5	54.8	14.6	9.3	7.3	14.0	39.0	78.7	87.8	133.2
50%	103.6	107.1	87.5	36.5	9.9	3.0	2.8	8.7	22.6	52.7	72.3	97.5
75%	71.3	91.0	60.9	27.2	5.4	1.0	0.5	4.1	14.9	34.1	60.3	79.1

4.4 Análisis de Años Secos y Años Húmedos

De la revisión efectuada de los datos mensuales de precipitación registrada en las principales estaciones, que cuentan con datos desde el año 1970 hasta el 2008, se identifica las precipitaciones máximas y mínimas de la serie, cuyos valores permiten identificar los años en secos y húmedos.

Se puede considerar los años representativos de 1973 y 1993 como representativas de condiciones húmedas y secas en la cuenca.

Años húmedos de 1973,1974

Durante el año húmedo 1973 principalmente, la precipitación anual presentó los núcleos de máximos valores en la parte occidental, alcanzando los 1 500 mm/año en la parte alta de la subcuenca del río Pachacayo, 1 200 mm/año en la zona de las subcuencas del río Achamayo Cunas y Vilca Moya, y 1 300 mm/año en la parte occidental de la subcuenca del río Huarpa; en la zona de La Oroya, las precipitaciones alcanzaron los 800 mm/año, y en el valle del Mantaro llegaron a 900 mm/año. En la parte central de la cuenca, entre las subcuencas de los ríos Huanchuy, Upamayo, y parte baja del Ichu, se observa un núcleo inferior a 800 mm/año, llegando hasta 600 mm/año en la parte central del Huanchu.

Años secos de 1991,1992

En el año 1992, las precipitaciones en la parte centro-occidental de la cuenca alcanzaron los 300 mm/año (subcuencas de los ríos Yacus, Pachacayo, Cunas, Vilca Moya). Solo en el extremo nor-occidental y sur-occidental estas alcanzan los 800 mm/año y 700 mm/año, respectivamente. En la región de La Oroya las precipitaciones alcanzaron solo 400 mm/año, la zona del valle del Mantaro se encuentra entre 300 mm/año y 500 mm/año (cuencas de los ríos Achamayo y Yacus y al sur, entre Pampas, Acobamba y Huanta se tienen valores entre 300 mm/año y 400 mm/año). Un núcleo de 700 mm/año se observa desde el distrito de Tres de Diciembre (Chupaca) hasta Vilca en Huancavelica.

4.5 Gradiente de Precipitación - Altitud

Se ha realizado el análisis de la precipitación vs altitud, para definir la distribución de la precipitación en el ámbito de las zonas de estudio, habiéndose utilizado para ello la información pluviométrica de estaciones Marcopomacocha, Jauja, Ingenio, Comas, Huaytapallana, Viques y Santa Ana.

En Cuadro N°4.34 (Anexo I – Cuadros), se presenta la relación de estaciones utilizadas, mientras que en el Gráfico N°4.32 la relación precipitación-altitud.

Como puede observarse de los resultados obtenidos y del gráfico presentado, existe una relación aceptable que define que la altitud tiene una incidencia en la precipitación.

Para las estaciones evaluadas se tiene un coeficiente de correlación del orden del 0,802, mientras que el coeficiente de determinación es de 0,895 que es aceptable.

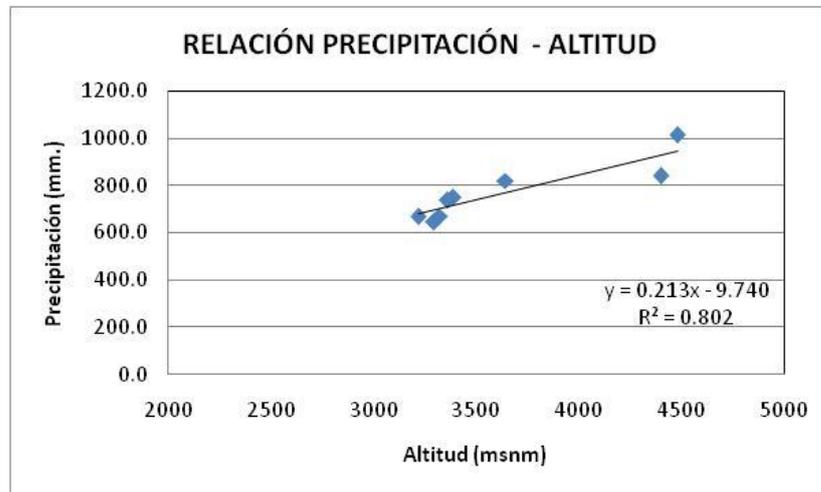
Como se ha indicado en esta subregión de análisis de las 4 subcuencas es ostensible la carencia de estaciones entre los 3600 y 4700 msnm que permitan definir un régimen de precipitaciones en las cuencas, sin embargo las estaciones muestran un patrón aceptable de esta variable.

Guadro N°4.34

RELACION PRECIPITACIÓN - ALTITUD

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN (mm.)	ALTITUD (msnm)
Marcopomacocha	1012.2	4479
Jauja	671.5	3322
Ingenio	749.4	3390
Comas	820.4	3640
Huaytapallana	840.3	4400
Huayao	736.4	3360
Viques	667.2	3218
Santa Ana	644.7	3295

Gráfico N°4.32



4.6 Diagnóstico de la Red Hidrométrica

La Lámina N°03, se muestra la localización de estaciones hidrometeorológicas en la cuenca con una buena cantidad de estaciones pluviométricas e hidrométricas de la cuenca controladas por diversas instituciones como Electroperu, Senamhi, IGP, Electroandes, etc.

Esta profusión de entidades que captan información, no permite una centralización de datos y la coordinación efectiva para la toma y procesamiento de información y que además se tiene diversos grados de confiabilidad en la toma de datos o registros.

Aparentemente se tiene una buena densidad de estaciones en comparación con otras cuencas del Perú.

Diagnóstico de la red pluviométrica

Se tiene una serie de estaciones localizadas generalmente en la parte baja y media de las subcuencas no disponiéndose de una adecuada red de estaciones en la cuenca alta entre los 3500 a 4800 msnm..

, O.

s

En el caso de las subcuencas Yacus y Achamayo no hay estaciones pluviométricas en la zona alta y media de la cuenca entre los 3500 a 4700 msnm, es importante determinar los aportes de lluvias a estas altitudes en donde se generan los máximos aportes de la cuenca.

Asi mismo en la subcuenca del río Shullcas sólo se tiene la estación pluviográfica de Huaytapallana ubicada a 4500 msnm (controlada por Electroperu).

Esta situación de carencia de suficiente información en zonas altas es relevante especialmente en subcuencas de pequeña y mediana extensión en donde se plantean importantes esquemas de regulación en la cuenca del río Mantaro.

Diagnóstico de la red Hidrométrica

La red de estaciones hidrométricas es sólo disponible en algunos sectores de la cuenca como la estación hidrométrica Puente Stuart que controla un área de cuenca de 6000 km².

Igualmente no se tiene estaciones hidrométricas en cuencas de pequeña y mediana extensión con extensión entre 200 y 1500 km².

Una excepción la constituye las estaciones hidrométricas localizadas en pequeñas cuencas que en la margen derecha tiene instaladas Electroperú (caso de las estaciones hidrométricas Pachacayo, Piñascocha), estas estaciones están principalmente orientadas para fines de regulación hidroeléctrica.

En subcuencas de la margen derecha del Mantaro como son Yacus, Achamayo y otras subcuencas de pequeña extensión no existen estaciones hidrométricas. En estas zonas se localizan importantes áreas de uso agrícola que requieren de información hidrométrica registrada.

En la cuenca del río Shullcas hay una estación hidrométrica con toma irregular de información y con inconsistencias en la captación y dado el importante uso

poblacional y agrícola del agua es conveniente implementar una estación operativa.

En la subcuenca del río Yauli que presenta un sistema regulado, se tiene 3 estaciones hidrométricas operado por una empresa minera, este sistema regulado tiene fines de generación eléctrica.

Se debe implementar una red de estaciones hidrométricas o hidrográficas en pequeñas subcuencas con áreas de 200 a 1000 km² de extensión, que son zonas en donde se desarrollan importantes áreas agrícolas.

V. ANÁLISIS DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL Y MODELAMIENTO HIDROLÓGICO

El análisis principal de la escorrentía y modelamiento hidrológico se efectuará en las subcuencas priorizadas del río Yauli, Yacus, Achamayo y Shullcas, dado que en ellas se producen el uso intensivo y directo de los recursos hídricos disponibles.

En estas 4 subcuencas, no hay captaciones directas del río Mantaro, dado la fuerte contaminación existente en éste río y sólo utilizan principalmente los recursos hídricos que se generan en su propia subcuenca.

Sin embargo se indica el potencial de recursos hídricos del río Mantaro en el sector que se localiza en la estación hidrográfica del Puente Stuart, localizado en las cercanías de Jauja.

5.1 Caudales en el Río Mantaro

Descripción de la Red Hidrográfica en la cuenca del río Mantaro

En el estudio “Diagnóstico de la Gestión del Agua en la Cuenca del Mantaro”, desarrollado por el Ing. Alfredo Valverde, se señala que la red hidrometeorológica de la cuenca del Mantaro está conformada por 171 estaciones meteorológicas y pluviométricas y 42 hidrológicas, y que los registros del Mantaro datan desde 1939, año en que se instaló la primera estación hidrométrica de Malpaso, y por los años 50 se instalaron las estaciones de Upamayo en la salida del Lago Junín y de la Mejorada sobre el río Mantaro. En el Cuadro N°5.1 (Anexo I – Cuadros), se muestra las estaciones hidrométricas operadas por Electroperú para el período 1965-2005 y el caudal medio.

Cuadro N°5.1

Estaciones Hidrométricas y Caudal Medio Anual del Río Mantaro

Código	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Area	Caudal medio anual	Periodo
C201	Upamayo	10° 55'	76° 16'	4 080	2860	21.83	1965-2005
C257	Puente Chúlec	11° 30'	75° 55'	3 710	6020	55.63	1965-2005
C268	Cochas Túnel	11° 51'	75° 44'	3650	490	5.97	1965-2005
C269	Piñascocha	11° 51'	75° 45'	3 750	195	1.53	1965-2005
C270	Pachacayo	11° 48'	76° 43'	3650	720	9.60	1965-2005
C254	Puente Stuart	11°48'	75° 29'	3 350	9130	85.40	1965-2005
C261	Quillón	12° 23'	75° 09'	3 190	1325	10.43	1965-2005
C262	Moya	12° 24'	75° 08'	3 180	1730	24.30	1965-2005
C274	Chinchi	12° 32'	74° 55'	2 830	1420	16.30	1963-1997
C213	La Mejorada	12° 31'	74° 55'	2 799	18775	170.99	1965-2005

Fuente: Electroperú

En el Esquema N°5.1, se muestra el diagrama hidrológico de la cuenca del río Mantaro, en donde se puede observar que la cuenca está conformada por Sistemas de Reservorios o Lagunas (Lago Junín, Presa Upamayo, Laguna Huallacocha Alta, Laguna Huallacocha Baja, Laguna Pomacocha, Laguna Huascacocha, Laguna Pachacayo, Laguna Yuracocha, Laguna Ñahuincocha, Laguna Carhuacocha y Laguna Huaylacancha); y Centrales Hidroeléctricas (Embalse de Malpaso, Subsistema Hidroeléctrico Pachachaca, Subsistema

Hidroeléctrico La Oroya, Subsistema Hidroeléctrico Malpaso, Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo y Central Hidroeléctrica Restitución).

Recursos Hídricos Superficiales

Caudales Regulados

Las estaciones principales en el cauce principal del Mantaro registradas por Electroperú son: Upamayo, Pte. Chulec, Puente Stuart y Mejorada que disponen de registros del periodo de 1965 a 2004, estas descargas mensuales y anuales del río Mantaro han sido analizadas y consistenciadas por los Servicios de Hidrología de la Empresas Eléctricas. En el Cuadro N°5.2 (Anexo I – Cuadros), se muestra los caudales medios mensuales y anuales en m³/s de las estaciones hidrológicas de la cuenca del Mantaro.

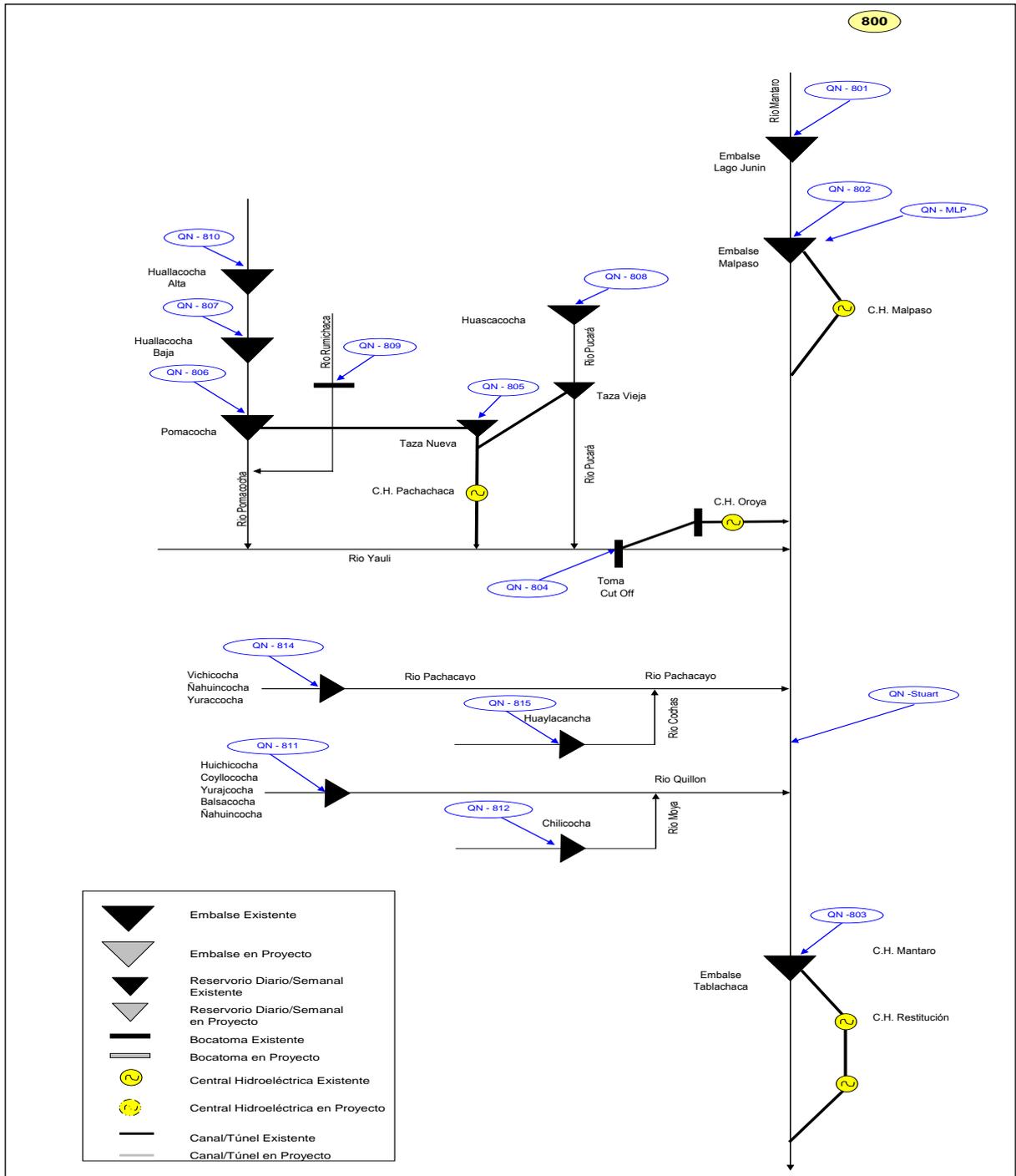
Cuadro N°5.2

Estaciones hidrométricas y caudal medio anual del río Mantaro

MES	Upamayo	Pte. Chulec	Moya	Quillón	Pte. Stuart	La Mejorada
ene	8.52	58.40	36.77	15.95	93.32	236.40
feb	16.39	90.84	55.96	24.70	150.93	364.52
mar	27.99	112.31	57.12	26.06	181.80	387.95
abr	22.74	71.96	31.79	14.27	118.08	240.03
may	17.31	43.02	19.63	7.44	65.14	126.12
jun	24.69	41.82	13.90	4.98	57.54	98.88
jul	31.20	44.90	11.90	4.42	57.68	93.67
ago	34.08	46.56	10.44	3.84	56.48	91.06
sep	28.69	41.76	10.17	3.81	54.37	86.64
oct	21.29	37.91	10.97	4.66	52.16	89.17
nov	16.76	37.24	13.07	6.12	53.82	103.11
dic	12.27	40.89	19.91	8.85	63.20	134.32
Anual	21.83	55.63	24.30	10.43	83.71	170.99

Fuente: Estudio "Diagnostico de la Gestión del Agua en la Cuenca del Mantaro"

Esquema N°5.1 Diagrama Hidrológico de la cuenca del río Mantaro



Fuente: Estudio "Diagnostico de la Gestión del Agua en la Cuenca del Mantaro"

Caudales Naturalizados

Las series de los caudales registrados en las estaciones hidrométricas ubicadas en el cauce del río Mantaro están afectadas por la regulación del Lago Junín.

Para el proceso de naturalización de la información de descargas en la estación hidrométrica del Puente Stuart se utiliza el caudal histórico registrado en la estación, el caudal medio mensual natural del Lago Junín y el caudal de descarga registrado en el Lago Junín.

$$Q_{n,PteStuart} = Q_{r,PteStuart} + Q_{n,LagoJunin} - Q_{d,LagoJunin}$$

Donde:

$Q_{n,PteStuart}$, Caudal Naturalizado en el Pte. Stuart

$Q_{r,PteStuart}$, Caudal Registrado en el Pte. Stuart

$Q_{n,LagoJunin}$, Caudal natural del Lago Junín, de la estación Upamayo

$Q_{d,LagoJunin}$, Caudal de descarga del Lago Junín.

Los caudales registrados del Puente Stuart y del Lago Junin, se muestra en los Cuadros N° 5.3 y 5.4 (Anexo I - Cuadros).

Cuadro 5.3
Registro Histórico de Descarga Medias Mensuales (m³/s)
Estación Puente Stuart

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
1965	50.44	154.63	194.16	73.53	40.95	21.53	20.48	17.24	26.19	26.72	23.81	47.77	58.12
1966	123.08	86.30	126.74	49.75	37.60	20.98	13.99	16.14	19.11	41.74	62.84	125.04	60.28
1967	101.36	346.45	328.22	113.62	54.46	37.05	33.36	23.63	26.79	57.43	37.63	70.56	102.55
1968	92.93	118.30	209.44	79.85	41.83	32.64	37.45	34.22	29.32	38.67	69.43	54.85	69.91
1969	44.36	110.65	119.46	136.77	38.39	28.84	18.58	23.03	19.40	30.17	27.78	97.81	57.94
1970	284.30	198.96	153.23	133.38	89.88	42.79	26.16	30.44	42.16	36.72	33.27	81.36	96.05
1971	143.99	213.73	210.72	136.63	47.63	34.14	32.25	30.96	31.25	43.44	37.24	61.13	85.26
1972	151.47	108.91	285.36	198.55	88.06	42.00	32.65	27.50	30.95	36.76	35.60	71.40	92.43
1973	191.67	313.66	430.73	287.29	79.93	53.44	36.77	31.82	50.96	66.97	89.88	99.13	144.35
1974	262.02	394.56	416.95	185.57	68.88	36.03	53.27	41.82	43.12	42.96	48.43	54.90	137.38
1975	102.08	138.18	329.58	108.82	102.49	57.19	37.50	27.97	38.26	49.29	41.99	50.59	90.33
1976	174.20	303.45	272.84	131.41	64.49	51.12	38.12	36.40	44.53	52.35	46.46	40.24	104.63
1977	61.36	135.80	192.05	102.46	55.02	37.60	26.71	21.36	26.57	37.58	92.33	99.87	74.06
1978	117.76	358.10	200.75	93.35	52.38	38.91	33.82	28.94	44.09	34.52	51.16	66.36	93.35
1979	61.17	149.24	375.71	204.82	68.49	41.05	36.93	38.32	34.19	33.87	40.96	39.79	93.71
1980	65.18	79.97	131.20	89.08	35.89	26.53	22.76	21.59	24.12	38.42	62.94	77.87	56.30
1981	79.76	284.95	300.17	94.06	35.44	46.37	36.49	42.60	35.24	33.19	75.02	126.92	99.18
1982	222.30	313.45	182.64	132.47	57.74	55.35	35.69	31.55	31.61	53.17	102.78	112.33	110.92
1983	152.02	70.42	138.87	107.80	52.00	40.27	28.44	42.04	25.50	27.07	24.69	49.98	63.26
1984	62.43	279.80	277.40	170.39	74.88	52.58	35.84	32.30	39.27	37.54	41.52	86.92	99.24
1985	98.67	143.44	185.49	178.61	85.50	67.97	37.94	27.23	49.06	56.43	47.66	61.40	86.62
1986	142.38	279.71	345.37	266.17	175.97	66.77	57.49	50.24	59.09	49.62	49.85	60.93	133.63
1987	190.60	181.24	132.16	64.00	41.74	31.03	28.73	28.22	34.15	31.64	44.18	84.40	74.34
1988	198.00	243.28	176.37	204.12	73.77	51.07	38.17	35.26	28.71	34.71	32.47	55.79	97.64
1989	163.87	230.06	178.90	184.20	88.92	55.35	37.62	40.36	36.40	48.70	59.29	60.34	98.67
1990	108.00	119.73	108.22	65.72	43.89	45.93	32.43	29.38	31.17	52.02	108.94	91.88	69.78
1991	95.73	91.10	218.45	101.64	72.34	43.60	38.19	40.48	46.58	36.13	37.19	33.39	71.24
1992	47.60	30.39	77.27	38.10	19.34	18.35	12.62	15.68	18.48	20.66	16.65	17.66	27.73
1993	45.55	158.64	156.46	112.16	92.82	41.98	29.61	24.35	24.53	48.76	124.72	177.36	86.41
1994	183.84	281.47	238.80	238.22	104.87	67.08	49.24	37.87	44.16	40.81	49.35	62.31	116.50
1995	69.02	71.01	157.95	109.83	38.04	25.09	29.14	24.85	30.26	40.92	38.92	36.25	55.94
1996	65.70	106.87	112.11	128.83	52.07	31.47	30.85	26.95	28.63	31.42	43.15	41.42	58.29
1997	76.84	183.97	131.43	60.85	30.89	25.08	19.88	22.03	23.23	20.95	36.57	68.59	58.36
1998	120.24	219.45	169.72	128.81	55.01	35.35	33.92	34.11	35.59	55.28	51.32	38.27	81.42
1999	66.12	250.36	208.52	151.36	81.87	47.53	36.63	29.33	29.88	36.66	26.43	63.04	85.64
2000	175.98	273.88	279.49	174.29	88.73	48.86	37.46	36.36	33.87	51.58	34.91	75.67	109.26
2001	233.92	227.54	300.75	134.06	55.44	40.66	29.72	22.96	27.90	26.32	53.62	79.50	102.70
2002	50.37	107.09	182.53	119.65	51.92	38.36	28.68	21.39	32.48	41.11	90.81	128.66	74.42
2003	117.29	174.78	253.65	142.34	65.69	48.45	46.42	45.89	39.52	44.41	55.76	79.34	92.80
2004	66.15	114.08	81.03	55.36	42.42	42.77	43.19	34.50	40.82	56.90	46.95	89.46	59.47
PROMED.	121.49	191.19	214.27	132.20	63.69	41.73	33.38	30.68	33.93	41.09	52.36	73.01	85.75
MAXIMO	284.30	394.56	430.73	287.29	175.97	67.97	57.49	50.24	59.09	66.97	124.72	177.36	144.35
MINIMO	44.36	30.39	77.27	38.10	19.34	18.35	12.62	15.68	18.48	20.66	16.65	17.66	27.73

Fuente: Estudio "Diagnostico de la Gestión del Agua en la Cuenca del Mantaro"

Cuadro N° 5.4
Registro Histórico de Descargas Medias Mensuales (m³/s) del Lago Junín

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
1965	9.79	5.09	0.00	6.30	19.65	41.73	31.29	31.66	18.59	16.25	17.25	10.54	17.35
1966	1.79	4.53	0.28	10.46	13.96	25.33	46.11	54.17	35.19	18.46	16.07	5.32	19.31
1967	10.11	0.00	17.14	28.65	26.58	38.93	26.91	31.67	38.33	20.30	22.76	15.35	23.06
1968	7.00	12.00	0.15	4.05	10.99	21.81	36.97	39.65	17.13	6.80	1.63	4.58	13.56
1969	6.09	3.86	0.66	1.00	9.86	19.61	49.51	-99.99	15.11	27.14	16.90	-99.99	-99.99
1970	0.00	0.00	15.24	34.01	29.45	27.88	44.59	48.51	16.01	12.20	25.33	20.07	22.77
1971	20.71	0.00	44.70	33.17	14.96	15.72	29.15	34.22	44.21	13.08	4.93	3.85	21.56
1972	0.00	10.86	47.96	89.82	12.54	25.39	36.23	49.44	27.69	13.00	10.64	2.32	27.16
1973	0.00	12.09	62.60	96.24	-99.99	-99.99	29.60	32.27	26.79	15.86	6.92	13.69	-99.99
1974	63.85	97.51	91.37	62.19	17.53	9.52	22.29	34.33	34.30	27.14	18.43	7.87	40.53
1975	4.18	4.01	29.70	17.24	28.09	26.46	27.20	36.93	-99.99	15.34	4.13	4.92	-99.99
1976	6.36	60.07	89.89	19.76	27.78	35.35	41.17	35.93	14.79	8.58	7.69	13.73	30.09
1977	8.23	6.61	6.70	6.80	31.25	23.95	22.19	39.95	23.52	28.97	10.44	7.84	18.04
1978	5.40	56.53	47.93	10.84	11.95	22.18	25.39	15.52	17.89	23.25	12.15	14.62	21.97
1979	-99.99	24.18	71.38	53.98	16.39	23.85	26.92	25.98	22.70	20.77	17.85	15.99	-99.99
1980	14.63	7.59	-99.99	9.59	25.34	21.79	32.88	26.73	22.60	11.07	10.13	8.57	-99.99
1981	8.19	9.34	53.88	19.55	23.73	33.93	44.54	30.85	36.29	17.17	12.03	28.52	26.50
1982	67.82	81.01	34.79	33.37	31.90	-99.99	-99.99	47.74	33.56	23.23	8.66	11.88	-99.99
1983	17.43	14.99	13.07	21.48	31.14	34.49	50.91	54.69	46.24	32.94	21.61	11.35	29.20
1984	4.29	2.22	22.39	30.16	19.89	38.44	24.29	34.39	48.55	32.22	31.16	24.15	26.01
1985	24.67	11.22	1.17	0.87	18.96	29.66	45.12	46.51	-99.99	38.69	32.02	17.92	-99.99
1986	0.87	1.40	78.47	62.29	31.27	64.16	47.98	37.90	-99.99	-99.99	-99.99	22.47	-99.99
1987	3.43	0.92	6.37	30.99	32.27	21.41	29.41	-99.99	30.27	27.21	16.83	11.42	-99.99
1988	10.52	21.64	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	43.86	32.25	23.80	18.76	16.16	25.60	-99.99
1989	7.01	5.74	55.09	7.88	28.62	37.01	43.63	44.30	40.44	32.36	-99.99	31.53	-99.99
1990	8.25	8.02	9.26	4.88	8.24	4.53	17.58	29.04	21.69	10.48	2.55	10.72	11.27
1991	0.90	4.78	16.92	4.51	10.60	18.88	37.94	45.19	48.63	29.78	20.18	23.92	21.85
1992	10.27	0.86	0.74	0.74	4.35	9.66	15.37	-99.99	10.87	1.05	5.40	4.61	-99.99
1993	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	18.04	26.65	32.44	27.50	-99.99	0.81	0.94	-99.99
1994	47.38	134.60	-99.99	-99.99	25.73	46.18	39.69	46.78	52.16	-99.99	-99.99	21.68	-99.99
1995	1.84	0.98	0.98	0.98	7.39	22.71	25.14	32.00	22.24	17.50	14.72	10.98	13.12
1996	0.00	0.01	0.03	0.03	0.03	17.87	23.44	26.65	30.56	24.29	18.22	6.61	12.31
1997	0.12	0.12	0.12	0.12	3.55	15.24	20.32	-99.99	-99.99	-99.99	8.80	10.21	-99.99
1998	0.00	0.00	0.00	27.22	5.38	28.82	33.60	42.31	32.78	19.41	22.40	22.65	19.55
1999	0.21	0.21	0.21	27.50	10.80	12.58	20.36	34.86	35.78	29.08	43.34	10.84	18.81
2000	0.05	0.05	40.61	39.48	13.91	21.94	28.36	34.93	39.77	24.74	40.87	9.99	24.56
2001	0.03	54.32	90.59	27.31	10.80	18.94	24.62	36.38	32.98	34.11	16.16	25.93	31.01
2002	7.36	0.65	12.78	23.62	16.83	21.22	29.90	43.02	36.52	23.66	4.29	6.35	18.85
2003	4.22	14.66	58.57	44.68	22.51	21.00	26.83	34.81	42.53	36.29	22.68	4.75	27.79
2004	0.00	0.00	0.00	0.00	6.07	6.95	6.76	29.67	14.52	10.91	17.54	9.43	8.49

(-99.99) Sin Datos

Fuente: Estudio "Diagnostico de la Gestión del Agua en la Cuenca del Mantaro"

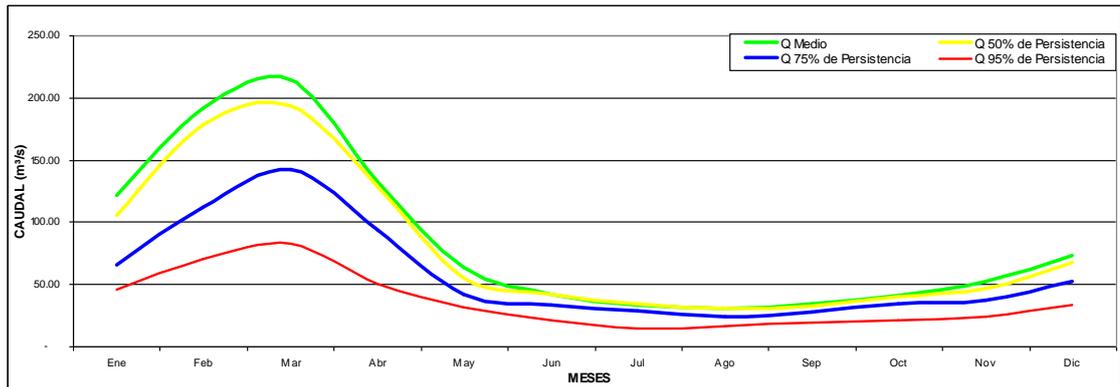
En el Cuadro N° 5.5 (Anexo I – Cuadros), y Gráfico N° 5.1, se presenta las descargas naturalizadas en el Puente Stuart para diferentes persistencias.

Cuadro N°5.5
Descargas Medias, al 50%, 75% y 95% de Persistencia
Estación Pte Stuart (m³/s)

Nº de Orden	Persistencia F= (m/n+1)*100	MES											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q Medio		121.49	191.19	214.27	132.20	63.69	41.73	33.38	30.68	33.93	41.09	52.36	73.01
Q 50% de Persistencia		105.04	178.01	193.11	128.82	55.23	41.52	33.87	29.91	32.05	39.74	46.71	67.48
Q 75% de Persistencia		65.81	111.51	142.46	93.53	41.98	33.02	28.69	23.81	27.07	34.03	36.73	51.65
Q 95% de Persistencia		45.65	70.45	82.39	50.03	31.12	21.01	14.22	16.20	19.12	21.22	23.85	33.53

Fuente: Profodua-Estudios Mantaro-Etapa 1

Gráfico N°5.1
Histograma de las Descargas Medias, al 50%, 75% y 95% de Persistencia
Estación Pte Stuart (m³/s)



Fuente: Elaboración Propia

La descarga media anual es de 21,80 m³/s en la estación de Upamayo, 83,70 m³/s en Puente Stuart y 170,99 m³/s en la Mejorada. La máxima descarga media mensual ocurrida ha sido de 737,4 m³/s y la mínima de 44,97 m³/s. La máxima descarga media anual registrada en La Mejorada ha sido de 283,5 (1986) y la mínima 61,90 m³/s (1992).

En la Mejorada la máxima descarga media mensual ocurrida ha sido de 737,4 m³/s y la mínima, de 44,97 m³/s, la máxima descarga media anual registrada ha sido de 283,5 m³/s (1986) y la mínima 61,90 m³/s (1992).

5.2. Análisis de las Descargas Medias Mensuales en la Subcuenca del Río Yauli

5.2.1 Series de Caudales Medios Mensuales Registrados

La subcuenca del río Yauli tiene sus dos principales afluentes regulados en varias lagunas, en donde se distinguen dos sistemas principales y que son las siguientes:

a) Sistema regulado del río Pomacocha

Este sistema comprende a las lagunas reguladas Huallacocha Alta, Huallacocha Baja y la principal laguna de Pomacocha.

b) Sistema regulado del río Pucará

Este sistema comprende las lagunas reguladas de Huacracocha y Huascacocha.

En el Esquema N°5.2 se muestra el diagrama topológico del sistema de lagunas y la hidrografía de la cuenca.

A la salida de las 2 lagunas principales se tienen dos estaciones hidrométricas (laguna Pomacocha y laguna Huascacocha) y que son controlados por la Empresa Electroandes.

Para las dos estaciones hidrométricas se tienen los registros de caudales regulados medios mensuales tomados para el período 1965-2005. En el Cuadro N°5.6 (Anexo VI – Descargas), se tienen los registros de la estación Pomacocha, localizado a salida de la laguna mas grande y principal del sistema; así mismo en el Cuadro N°5.7(Anexo I – Cuadros), se muestra los registros de caudales regulados del río Pucará en donde se localiza la laguna Huascacocha.

Del Cuadro N° 5.6 (Anexo I – Cuadros), de descargas reguladas del río Pomacocha se tiene un caudal medio regulado anual de 2,51 m³/s y considerando un área de cuenca de 184 km² se tiene un rendimiento específico de 13,6 lt /s/ km² lo que estaría en el promedio de la región cuyos valores se muestran en el Cuadro N° 5.7(Anexo I – Cuadros), que corresponden a registros de pequeñas y medianas subcuencas del río Mantaro.

CUADRO N° 5.6

CAUDAL REGULADO (m²/s) - CUENCA DEL RIO YAULI -SECTOR SALIDA POMACOCHA

Estacion : POMACOCHA

Fuente: Electroandes S.A.

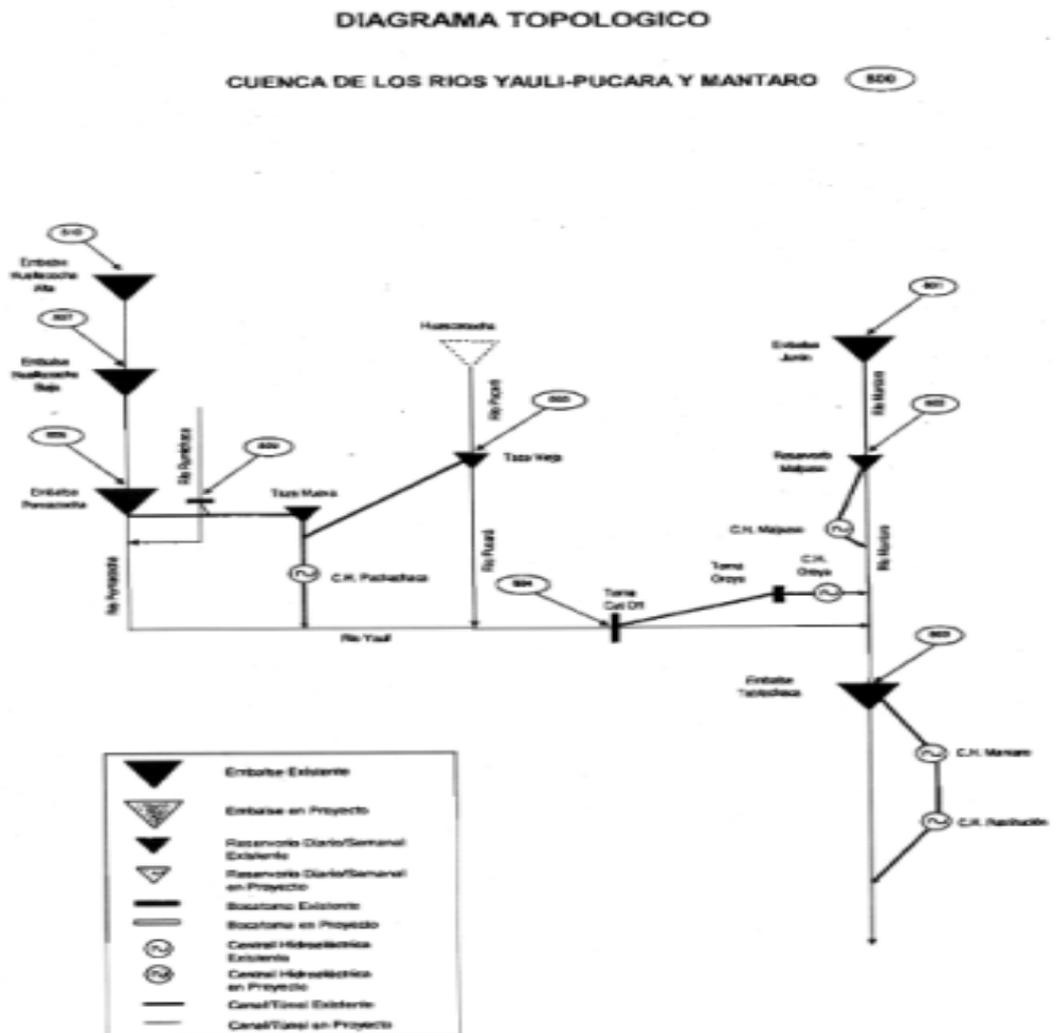
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	2.157	2.125	2.041	2.064	2.013	2.191	2.705	2.404	2.507	2.302	2.273	2.275
1966	1.746	1.759	1.369	2.018	1.968	2.776	2.608	2.704	2.623	2.417	2.239	2.269
1967	2.106	1.119	3.500	3.204	2.363	2.421	2.174	2.642	3.082	3.444	3.482	2.992
1968	4.747	2.657	1.738	1.941	1.687	1.771	2.284	3.090	1.910	1.662	1.554	1.598
1969	1.682	1.755	1.539	1.400	1.705	1.639	2.080	2.835	2.481	2.543	2.560	2.009
1970	1.266	1.273	2.984	4.094	2.435	2.245	2.289	2.462	2.058	1.918	2.660	2.673
1971	2.816	1.889	6.047	4.339	2.522	2.231	3.267	4.121	3.478	2.678	2.307	2.457
1972	1.667	1.538	2.312	3.343	2.328	2.623	3.067	2.510	2.889	2.410	2.585	2.174
1973	2.671	1.203	3.411	5.468	2.585	2.700	3.397	3.561	3.708	4.005	4.023	3.275
1974	2.799	2.270	2.944	4.897	3.001	2.295	2.678	2.558	4.223	3.668	2.788	2.104
1975	0.399	0.231	0.251	2.385	1.592	1.156	3.799	3.819	3.198	2.906	3.209	4.103
1976	1.625	0.397	2.438	3.873	3.243	3.583	3.483	3.673	2.075	3.023	2.712	2.906
1977	3.611	1.903	2.013	1.669	1.358	1.931	3.163	5.722	3.709	2.662	2.722	1.757
1978	1.435	1.781	1.518	1.795	2.055	2.009	3.152	1.735	3.630	3.739	1.675	0.890
1979	0.780	0.318	0.449	2.789	1.655	3.000	3.879	3.990	4.495	4.568	2.957	1.264
1980	0.557	0.483	0.372	0.086	0.799	2.169	3.436	4.256	3.340	0.652	0.806	2.590
1981	0.562	1.277	3.901	3.045	1.673	4.308	5.192	4.358	4.698	4.892	5.003	4.183
1982	SI	SI	3.571	3.010	2.234	3.570	4.677	2.328	4.141	3.067	4.315	1.704
1983	0.982	1.171	0.548	0.610	1.219	2.151	3.548	5.018	4.382	3.605	1.644	1.722
1984	0.764	1.129	1.580	4.973	2.642	1.769	2.974	4.821	3.757	3.602	3.832	1.909
1985	3.314	1.683	0.599	3.274	2.004	2.726	3.549	3.957	4.850	4.589	3.665	0.723
1986	0.740	0.553	3.169	5.027	4.349	3.597	3.803	2.552	3.298	3.601	4.157	4.854
1987	1.418	1.089	0.696	1.023	1.468	1.594	3.042	1.725	2.560	1.728	1.447	2.440
1988	2.413	1.297	3.454	2.633	2.010	2.604	3.058	0.041	4.077	2.097	1.292	2.409
1989	1.451	1.088	4.670	3.975	3.070	3.491	3.638	3.568	2.784	3.428	3.419	3.756
1990	1.131	4.498	3.549	0.239	0.231	0.192	0.422	2.040	3.215	1.576	0.580	1.187
1991	0.195	0.336	2.242	2.201	1.595	1.351	2.411	3.889	4.337	4.899	2.642	3.536
1992	1.572	1.117	0.348	0.385	0.469	0.261	0.505	2.119	1.784	0.475	3.005	2.635
1993	0.347	1.277	2.434	3.842	1.658	2.226	2.409	3.089	2.939	2.629	0.989	1.013
1994	1.656	0.747	0.285	5.770	3.059	3.794	3.473	4.375	5.731	4.026	3.074	1.936
1995	0.950	0.602	0.539	0.796	2.073	1.820	2.047	2.367	2.406	2.232	1.628	1.243
1996	0.410	0.401	0.483	0.408	1.696	2.031	3.035	3.028	4.714	4.770	1.831	0.435
1997	0.455	0.328	0.407	0.401	0.546	1.186	2.009	2.915	3.371	4.928	4.269	2.305
1998	0.541	0.298	1.980	3.064	2.437	3.918	4.191	4.163	4.200	1.941	1.277	1.090
1999	0.357	0.358	0.392	4.771	2.337	1.414	1.951	4.498	5.395	4.868	4.395	1.986
2000	SI	6.747	4.726	3.964	2.246	1.549	1.954	3.360	5.095	2.727	4.529	3.938
2001	SI	0.231	6.570	4.122	1.456	1.928	2.312	3.749	3.389	4.578	4.614	2.661
2002	0.946	0.525	0.479	0.495	1.533	2.197	3.995	4.176	4.751	4.511	3.453	2.805
2003	2.478	0.366	2.295	4.480	2.457	1.696	3.742	4.640	4.511	2.683	1.460	0.718
2004	0.327	0.253	0.125	0.327	1.469	2.937	4.661	5.851	5.238	1.174	0.357	0.215
2005	0.216	2.091	4.301	3.567	3.075	3.356	4.661	5.858	5.641	2.160	0.708	0.615
PROM	1.456	1.299	2.312	2.737	2.021	2.313	3.028	3.448	3.671	3.065	2.646	2.172
D. ES	1.060	1.277	1.774	1.645	0.605	0.921	0.993	1.185	1.069	1.221	1.242	1.096
MAX	4.747	6.747	6.570	5.770	4.349	4.308	5.192	5.861	5.731	4.928	5.030	4.656
MIN	0.195	0.000	0.215	0.239	0.231	0.192	0.422	0.841	1.764	0.475	0.357	0.215

Cuadro N°5.7
Análisis Regional de Descargas - Subcuenca del Río Mantaro (m³/s)

N°	ESTACION	AREA km2	ALTITUD msnm	DESCARGA PRODUCIDA		PRECIPITACIÓN		RENDIMIENTO l/s/km2	C.E.
				m3/s	MMC	mm	MMC		
1	San Juan	916	4100	9.69	305.58	833	763.03	10.58	0.400
2	C.Colorado	261	4100	2.17	68.4	833	763.04	8.31	0.315
3	Anchachuco	169	4125	2.35	74.11	833	763.05	13.91	0.526
4	Carhuacayan	456	4150	6.24	196.78	887	763.06	13.68	0.487
5	Casaracra	317	4000	6.25	64.96	840	763.07	6.50	0.244
6	Cut Off	549	4000	6.26	175.34	765	763.08	10.13	0.417
7	Huari	467	3700	6.27	203.72	679	763.09	13.83	0.642
8	Pachachaca	186	4250	6.28	61.18	717	763.10	10.43	0.459
9	Pachacayo	720	3700	6.29	308.11	679	763.11	13.57	0.630
10	Pinascocha	195	3800	6.30	49.51	842	763.12	8.05	0.302
11	Cochas	481	3800	6.31	199.31	679	763.13	13.14	0.610
12	Yanacocha	915	3500	6.32	174.08	676	763.14	6.03	0.280
13	Yuracmayo	101	4300	6.33	67.17	704	763.15	21.09	0.945

Fuente: Elaboración propia

ESQUEMA N° 5.2



5.2.2 Descargas Medias Mensuales Naturalizadas

En base a los registros de niveles de lagunas que controla la empresa Electroandes, para el sistema del río Pomacocha, ésta entidad plantea las siguientes consideraciones en el proceso de naturalización de caudales:

- Se dispone de datos de caudal regulado en la estación Pomacocha.
- El embalse Huallacocha Baja inició su operación en 1917 y el embalse Pomacocha en 1942.
- El embalse Huallacocha Alta inició su operación en 1917, es estacional, y su cambio de volumen se considera despreciable para efectos de este análisis.

Fórmula de naturalización:

$$Q_{N-PMCH} = Q_{RPMCH} + (\Delta V/\Delta t)_{PMCH} + (\Delta V/\Delta t)_{HLLB}$$

Donde:

Q_{N-PMCH} : Caudal natural en la estación Pomacocha.

Q_{RPMCH} : Caudal regulado, estimado en la estación Pomacocha.

$(\Delta V/\Delta t)_{PMCH}$: Variación de volumen del embalse Pomacocha.

$(\Delta V/\Delta t)_{HLLB}$: Variación de volumen del Embalse Huallacocha Baja.

Con el caudal natural obtenido y el área de drenaje de la subcuenca se calculó el caudal específico de la subcuenca Pomacocha- Huallacocha.

El resultado del proceso de naturalización de caudales del río Pomacocha se muestra en el Cuadro N°5.8(Anexo VI – Descargas).

Para obtener los valores de caudales generados para la cuenca total del río Yauli que es de 690 km², los valores del Cuadro N° 5.8 se corrigen por área o sea el factor de área es $K= 690/184$, $K= 3,75$; y con este factor de ajuste se generaran los caudales de la cuenca, haciéndose esto para conservar el rendimiento específico registrado en la subcuenca (10,7 lts/s/km²).

En el Cuadro N° 5.9 (Anexo I – Cuadros), se muestra los caudales medios mensuales generados para el río Yauli para el período 1965-2005. El caudal promedio anual es de 7,47 m³/s, y el caudal mensual varía de 15,32 m³/s que se presenta en el mes de marzo, y de 3,76 m³/s mínimo que se presenta en julio (período de estiaje).

De lo observado en campo la mayor parte de estos recursos hídricos está regulada en lagunas y son utilizados para fines energéticos de 2 centrales hidroeléctricas.

Se tiene un canal principal de derivación de recursos regulados de 15 km de longitud y con capacidad de derivar 7 m³/s. Este canal sale de laguna de Pomacocha.

A la fecha del último control de campo (31 octubre del 2010), el canal a la altura de Yauli conducía 4 m³/s y el río tenía un caudal de 0,300 m³/s; en donde se observó el vertimiento de aguas contaminadas al río a 2 km aguas arriba de la ciudad de Yauli (Plano de aforos efectuados N° 58).

CUADRO N° 5.8

CAUDALES MEDIOS MENSUALES NATURALIZADOS (m²/s)

CAUDAL INCREMENTAL ENTRE EMBALSE HUALLACocha BAJA Y EMBALSE POMACocha

Cuenca: RIO YAULI

Fuente: ELECTROANDES S.A.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1965	1.486	3.201	2.991	1.517	0.942	0.911	0.546	0.664	0.794	8.985	1.313	1.413	1.372
1966	2.530	1.927	2.481	1.372	0.861	0.712	0.663	0.892	0.825	1.616	1.427	2.666	1.503
1967	2.169	5.069	4.524	2.103	1.473	1.047	0.913	0.817	0.587	1.161	1.014	1.157	1.836
1968	3.314	1.779	2.622	1.804	1.176	0.884	0.128	0.612	0.836	1.230	1.344	1.911	1.503
1969	1.181	2.034	2.707	2.494	0.980	0.732	0.620	0.420	0.527	1.003	0.937	2.616	1.354
1970	4.156	3.152	2.362	2.669	1.598	0.895	0.693	0.567	1.106	1.244	0.979	1.834	1.773
1971	2.250	3.562	4.566	2.845	1.173	0.917	0.572	0.536	0.649	0.934	0.832	1.561	1.701
1972	2.266	2.479	4.159	3.234	1.246	0.691	0.635	0.554	0.650	1.128	0.875	1.595	1.626
1973	2.785	3.830	4.447	3.562	1.590	1.075	0.905	0.807	1.948	1.512	1.512	2.824	2.166
1974	3.482	4.106	4.366	3.070	0.455	0.408	0.300	0.409	0.887	1.225	1.457	1.506	1.807
1975	1.524	1.850	4.179	2.224	1.727	0.759	0.690	1.001	0.909	0.663	0.904	1.406	1.525
1976	3.256	4.106	4.060	2.483	1.437	1.244	1.099	1.188	1.051	0.933	1.175	1.485	1.960
1977	1.761	3.667	2.858	1.593	1.260	0.766	1.299	0.914	1.202	1.165	1.979	1.626	1.674
1978	2.309	4.120	2.042	1.226	0.842	0.894	0.858	0.714	1.247	0.961	1.131	1.139	1.438
1979	0.950	3.384	4.172	2.131	0.972	0.814	1.008	0.886	0.983	1.147	0.704	1.075	1.517
1980	1.792	1.529	2.057	1.126	0.647	0.552	1.046	0.615	0.636	1.587	1.411	2.644	1.255
1981	2.120	4.839	3.362	2.014	1.053	1.539	1.549	1.446	1.366	2.060	2.272	3.270	2.840
1982	2.638	4.502	2.939	1.975	0.882	0.798	1.091	0.831	0.602	1.533	2.151	1.776	1.610
1983	1.993	1.457	1.827	1.517	0.915	0.800	1.599	1.243	1.405	1.150	0.871	2.014	1.370
1984	1.721	5.155	4.256	3.264	1.603	1.125	0.861	1.136	1.065	1.288	1.263	2.358	2.092
1985	1.789	3.013	3.720	3.431	1.152	0.842	0.803	0.804	1.196	1.106	1.450	1.459	1.737
1986	2.934	4.409	4.496	3.391	2.611	1.243	1.146	0.867	1.123	1.117	1.300	1.822	2.205
1987	2.707	2.972	2.171	1.090	0.810	0.734	0.963	0.530	1.011	0.773	1.016	1.801	1.381
1988	3.007	3.059	2.739	2.454	1.223	1.095	1.038	0.431	0.968	0.554	0.727	1.337	1.561
1989	2.499	4.027	3.905	2.543	1.275	1.198	1.049	0.897	0.795	1.235	1.169	1.029	1.802
1990	2.352	3.136	3.256	0.709	0.470	0.406	0.442	0.612	0.946	0.661	1.210	1.461	1.341
1991	1.442	2.082	3.809	1.428	0.982	0.765	0.469	0.986	1.164	1.479	0.903	1.258	1.397
1992	1.519	0.958	1.069	0.721	0.465	0.487	0.426	1.050	0.887	0.677	1.746	1.746	0.979
1993	1.766	3.015	5.116	2.561	1.149	0.559	0.596	0.516	0.711	0.917	1.761	2.816	1.624
1994	3.010	4.468	4.232	3.755	1.750	1.161	1.057	1.638	1.569	1.190	1.111	0.806	2.146
1995	2.292	1.501	2.554	1.747	1.153	0.651	0.483	0.415	0.430	0.775	0.693	0.757	1.121
1996	1.455	2.878	2.751	2.323	0.845	0.575	0.595	0.632	0.826	0.839	0.786	1.040	1.295
1997	2.159	3.560	1.860	0.871	0.557	0.403	0.578	0.647	0.854	1.082	1.266	1.755	1.299
1998	2.808	3.255	3.550	2.163	1.105	0.943	1.159	0.975	0.745	0.150	0.740	0.769	1.613
1999	1.405	4.487	2.937	3.272	1.519	0.707	0.637	0.963	1.580	1.295	1.202	2.068	1.839
2000	2.834	3.534	4.432	2.646	1.414	0.780	0.742	0.805	1.193	1.277	1.181	1.616	1.870
2001	3.766	3.025	5.272	2.267	1.214	0.711	0.774	0.762	0.914	1.081	1.664	1.397	1.904
2002	1.263	2.364	3.895	2.057	1.163	0.933	1.142	1.115	1.437	1.730	1.763	2.200	1.755
2003	2.294	2.776	4.906	2.926	1.282	0.733	0.675	1.170	0.556	1.170	0.696	1.929	1.771
2004	1.906	2.412	1.926	1.371	0.604	0.836	1.002	1.106	0.810	1.586	1.745	2.828	1.443
2005	2.545	2.562	3.103	2.275	1.222	1.029	1.149	1.762	0.791	0.858	0.921	1.053	1.631
PROM	2.260	3.160	3.334	2.169	1.142	0.832	0.854	0.857	0.941	1.161	1.228	1.714	1.640
DES. E	0.755	1.570	1.003	0.816	0.413	0.249	0.295	0.317	0.274	0.299	0.412	0.811	0.298
MAXIM	4.156	5.155	5.272	3.755	2.611	1.539	1.599	1.762	1.580	2.060	2.272	3.270	2.240
MINIM	0.950	5.155	1.069	0.708	0.485	0.403	0.300	0.409	0.430	0.654	0.636	8.757	0.979

CUADRO N° 5.9



CAUDALES MEDIOS MENSUALES NATURALIZADOS EN EL RIO YAULI (en m3/s)

PERIODO 1965-2005

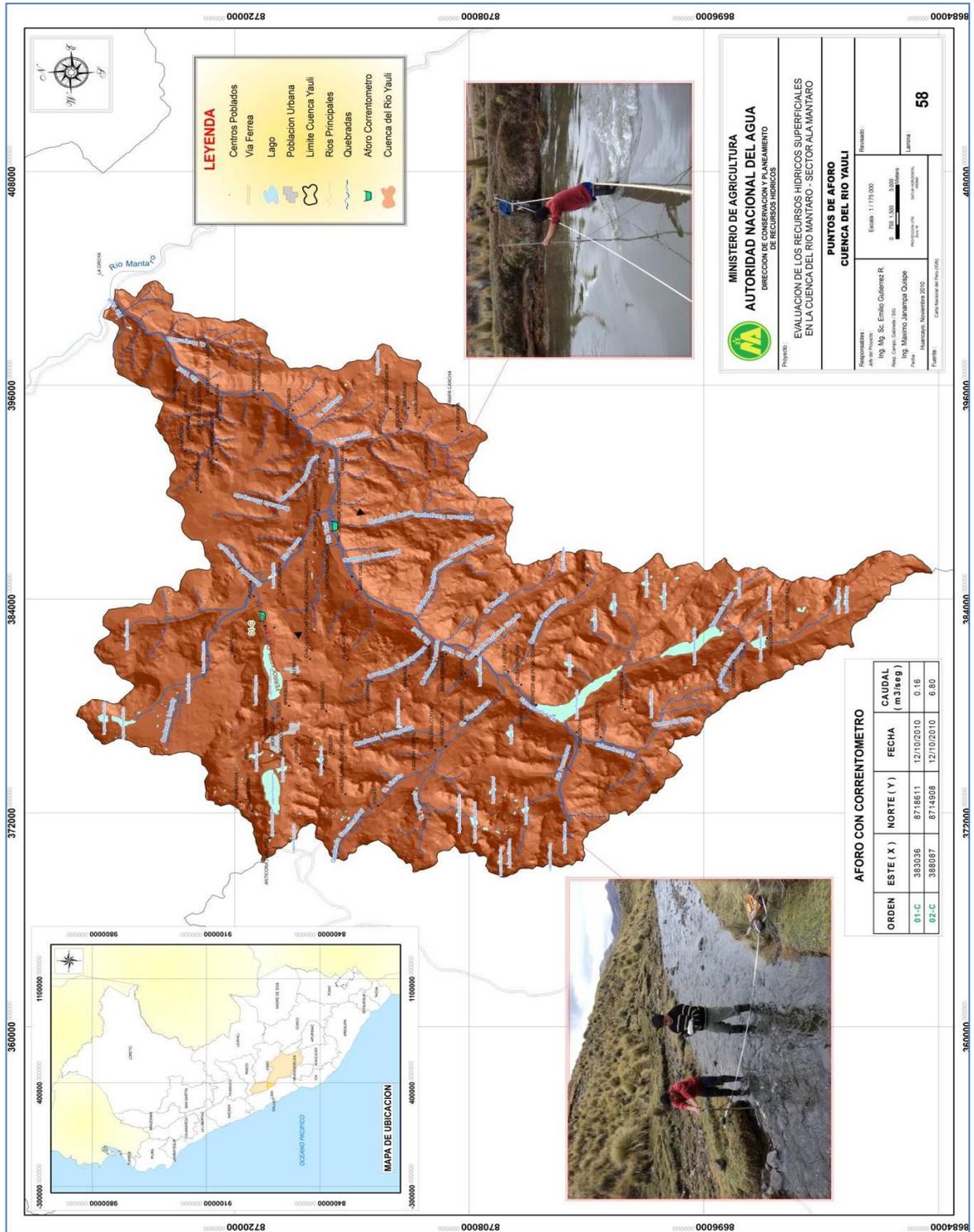
Cuenca: RIO YAULI

Area de cuenca : 690 km2

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1965	6.732	14.501	13.549	6.872	4.267	4.127	2.473	3.008	3.597	40.702	5.948	6.401	6.215
1966	11.461	8.729	11.239	6.215	3.900	3.225	3.003	4.041	3.737	7.320	6.464	12.077	6.809
1967	9.826	22.963	20.494	9.527	6.673	4.743	4.136	3.701	2.659	5.259	4.593	5.241	8.317
1968	15.012	8.059	11.878	8.172	5.327	4.005	0.580	2.772	3.787	5.572	6.088	8.657	6.809
1969	5.350	9.214	12.263	11.298	4.439	3.316	2.809	1.903	2.387	4.544	4.245	11.850	6.134
1970	18.827	14.279	10.700	12.091	7.239	4.054	3.139	2.569	5.010	5.635	4.435	8.308	8.032
1971	10.193	16.136	20.684	12.888	5.314	4.154	2.591	2.428	2.940	4.231	3.769	7.071	7.706
1972	10.265	11.230	18.840	14.650	5.644	3.130	2.877	2.510	2.945	5.110	3.964	7.225	7.366
1973	12.616	17.350	20.145	16.136	7.203	4.870	4.100	3.656	8.824	6.849	6.849	12.793	9.812
1974	15.773	18.600	19.778	13.907	2.061	1.848	1.359	1.853	4.018	5.549	6.600	6.822	8.186
1975	6.904	8.381	18.931	10.075	7.823	3.438	3.126	4.535	4.118	3.003	4.095	6.369	6.908
1976	14.750	18.600	18.392	11.248	6.510	5.635	4.978	5.382	4.761	4.226	5.323	6.727	8.879
1977	7.977	16.612	12.947	7.216	5.708	3.470	5.884	4.140	5.445	5.277	8.965	7.366	7.583
1978	10.460	18.664	9.250	5.554	3.814	4.050	3.887	3.234	5.649	4.353	5.123	5.160	6.514
1979	4.304	15.330	18.899	9.653	4.403	3.687	4.566	4.014	4.453	5.196	3.189	4.870	6.872
1980	8.118	6.926	9.318	5.101	2.931	2.501	4.738	2.786	2.881	7.189	6.392	11.977	5.685
1981	9.604	21.921	15.230	9.123	4.770	6.972	7.017	6.550	6.188	9.332	10.292	14.813	12.865
1982	11.950	20.394	13.314	8.947	3.995	3.615	4.942	3.764	2.727	6.944	9.744	8.045	7.293
1983	9.028	6.600	8.276	6.872	4.145	3.624	7.243	5.631	6.365	5.210	3.946	9.123	6.206
1984	7.796	23.352	19.280	14.786	7.262	5.096	3.900	5.146	4.824	5.835	5.721	10.682	9.477
1985	8.104	13.649	16.852	15.542	5.219	3.814	3.638	3.642	5.418	5.010	6.569	6.609	7.869
1986	13.291	19.973	20.367	15.361	11.828	5.631	5.191	3.928	5.087	5.060	5.889	8.254	9.989
1987	12.263	13.463	9.835	4.938	3.669	3.325	4.362	2.401	4.580	3.502	4.602	8.159	6.256
1988	13.622	13.857	12.408	11.117	5.540	4.960	4.702	1.952	4.385	2.510	3.293	6.057	7.071
1989	11.320	18.242	17.690	11.520	5.776	5.427	4.752	4.063	3.601	5.595	5.296	4.661	8.163
1990	10.655	14.206	14.750	3.212	2.129	1.839	2.002	2.772	4.285	2.994	5.481	6.618	6.075
1991	6.532	9.431	17.255	6.469	4.448	3.465	2.125	4.467	5.273	6.700	4.091	5.699	6.328
1992	6.881	4.340	4.843	3.266	2.106	2.206	1.930	4.757	4.018	3.067	7.909	7.909	4.435
1993	8.000	13.658	23.175	11.601	5.205	2.532	2.700	2.337	3.221	4.154	7.977	12.756	7.357
1994	13.635	20.240	19.171	17.010	7.928	5.259	4.788	7.420	7.108	5.391	5.033	3.651	9.721
1995	10.383	6.800	11.570	7.914	5.223	2.949	2.188	1.880	1.948	3.511	3.139	3.429	5.078
1996	6.591	13.037	12.462	10.523	3.828	2.605	2.695	2.863	3.742	3.801	3.561	4.711	5.866
1997	9.780	16.127	8.426	3.946	2.523	1.826	2.618	2.931	3.869	4.901	5.735	7.950	5.884
1998	12.720	14.745	16.082	9.798	5.006	4.272	5.250	4.417	3.375	0.680	3.352	3.484	7.307
1999	6.365	20.326	13.305	14.822	6.881	3.203	2.886	4.362	7.157	5.866	5.445	9.368	8.331
2000	12.838	16.009	20.077	11.986	6.405	3.533	3.361	3.647	5.404	5.785	5.350	7.320	8.471
2001	17.060	13.703	23.882	10.270	5.499	3.221	3.506	3.452	4.140	4.897	7.538	6.328	8.625
2002	5.721	10.709	17.644	9.318	5.268	4.226	5.173	5.051	6.510	7.837	7.986	9.966	7.950
2003	10.392	12.575	22.224	13.255	5.807	3.320	3.058	5.300	2.519	5.300	3.153	8.738	8.023
2004	8.634	10.926	8.725	6.211	2.736	3.787	4.539	5.010	3.669	7.185	7.905	12.811	6.537
2005	11.529	11.606	14.057	10.306	5.536	4.661	5.205	7.982	3.583	3.887	4.172	4.770	7.388
PROM	10.323	14.280	15.322	9.969	5.170	3.796	3.757	3.860	4.395	5.975	5.591	7.825	7.473
DEST	3.326	4.807	4.710	3.683	1.876	1.122	1.439	1.444	1.463	5.783	1.840	2.832	1.536
MAX	18.827	23.352	23.882	17.010	11.828	6.972	7.243	7.982	8.824	40.702	10.292	14.813	12.865
MIN	4.304	4.340	4.843	3.212	2.061	1.826	0.580	1.853	1.948	0.680	3.139	3.429	4.435

Fuente : Elaboración propia

PLANO N° 58 –AFOROS EJECURADOS RIO YAULI



5.2.3 Persistencia de Caudales

Obtenida la serie de descargas medias mensuales, se ha sometido a un

análisis de persistencia de caudales tal como se muestra en el Cuadro N°5.10 (Anexo I – Cuadros), y Gráfico N°5.2.

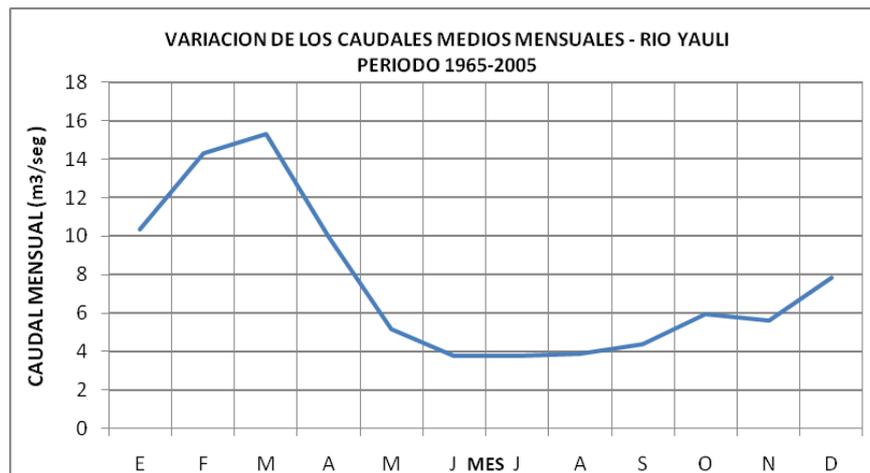
Cuadro N°5.10

Variación de los Caudales Medios Mensuales en el Yauli (m³/s)

N°	CAUDAL MEDIO	D.EST	CAUDAL 75% PERSIST.	CAUDAL 90% PERSIST.	MAX.	MÍN.
ENE	10.32	3.33	8.08	6.13	18.83	4.30
FEB	14.28	4.81	11.03	8.21	23.35	4.34
MAR	15.32	4.71	12.14	9.38	23.88	4.84
ABR	9.97	3.68	7.48	5.32	17.01	3.21
MAY	5.17	1.88	3.9	2.8	11.83	2.06
JUN	3.8	1.12	3.04	2.38	6.97	1.83
JUL	3.76	1.44	2.78	1.94	7.24	0.58
AGO	3.86	1.44	2.89	2.04	7.98	1.85
SET	4.4	1.46	3.41	2.55	8.82	1.95
OCT	5.97	5.78	2.07	2.6	40.7	0.68
NOV	5.59	1.84	4.35	3.27	10.29	3.14
DIC	7.83	2.83	5.91	4.25	14.81	3.43
AÑO	7.47	1.54	6.44	5.53	12.87	4.43

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°5.2



El caudal medio anual al 75% de persistencia es de 6,44 m³/s y el caudal para el año seco o 90% de persistencia es de 5,53 m³/s, siendo la distribución del caudal mensual lo que se muestra en el gráfico anterior.

Dado que en esta cuenca se dá el caso especial de que los recursos hídricos se regulan y se utilizan para fines energéticos casi exclusivamente, esta variación de caudales influiría en la generación de energía para los complejos mineros existentes en esta cuenca, principalmente en la zona de la Oroya.

5.2.4 Demanda Hídrica

Como se ha indicado, la cuenca del río Yauli, constituye un caso excepcional

de cuenca cuya orientación minera y energética a influido en la demanda de agua.

El sistema de uso de recursos hídricos de la cuenca que incluye regulaciones y represamientos importantes (sistema Pomacocha y canales de derivación) está orientado casi exclusivamente y principalmente al uso energético en 2 centrales hidroeléctricas, principalmente la Central Hidroeléctrica de Pachachaca y luego la Central Hidroeléctrica La Oroya.

Este sistema de uso de aguas está vigente desde los años 1950 en donde se acentúa la explotación minera en la cuenca.

El sistema de uso energético se complica al existir la contaminación de aguas superficiales del río Yauli a la cual se suma la grave contaminación del aire en la ciudad de La Oroya y áreas adyacentes de la cuenca.

En ese panorama el uso agropecuario del agua es muy limitado, aun existiendo comunidades campesinas en la zona.

Para uso agropecuario (riego de pastos cultivados en altura) sólo quedarían las muy escasas fuentes no contaminadas de pequeños manantiales y afluentes menores muy limitados.

Los efectos de la contaminación del río Yauli, se sienten hasta sectores más allá del límite de la cuenca.

5.2.5 Balance Hídrico

De lo arriba indicado la casi totalidad del recurso hídrico está orientado al uso energético, es posible que exista pequeñas áreas agrícolas susceptibles de instalación y desarrollo de pastos cultivados bajo riego. La otra limitación importante es la altitud sobre los 4000 msnm de la zona que obstaculiza el desarrollo de cultivos.

Habría que evaluar los recursos hídricos del río Yauli especialmente en el sector de la cuenca del río Pomacocha y ver sus posibilidades de uso parcial en riego de pastos cultivados, la principal limitante es la contaminación del agua superficial.

5.2.6 Máximas Avenidas en el Río Yauli

La cuenca del río Yauli tiene sus caudales máximos regulados por una serie de lagunas y represamientos en su cuenca alta y media.

Destacan los sistemas regulados de la cuenca Pomacocha con 3 lagunas controladas (190 km² de área regulada) y la subcuenca Pucará con los sistemas de la laguna Huascacocha y Huacracocha; no deben de esperarse por tanto en esta cuenca grandes avenidas.

De todas formas se presenta los cálculos de avenidas potenciales efectuados por el método de Creager. Este procedimiento indirecto por fórmulas regionales se emplea en vista de que se carece de información de caudales de avenidas registradas.

Método de las envolventes de Creager

La estimación de las descargas máximas para diferentes períodos de retorno, se ha realizado utilizando el procedimiento regional apoyado en las Curvas Envolventes de Creager.

Este método inicialmente desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica

por W. Creager, estableció una curva envolvente de una serie de observaciones de descargas máximas. Esta curva es de la forma:

$$Q = 46 \times C \times A^n$$

$$n = 0.894 \times A^{(-0.048)}$$

Donde:

Q = Descarga máxima en pies³/sg.

A = Área de la cuenca en millas².

C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca.

Ante la ausencia de mediciones hidrométricas, profesionales de la Cooperación Energética Peruana-Alemana y de la ex-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ex-ONERN) con el objetivo de realizar el análisis regional de avenidas, adecuaron para el país las relaciones anteriores.

La fórmula de Creager puede expresarse en función del área de la cuenca y el período de retorno:

$$Q_{\max} = (C_1 + C_2) \log(T) A^{m A^{-n}}$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo en m³/s

T = Período de retorno en años

C = Coeficientes

Para la Región N° 6, donde se ubica la cuenca del río Yauli, se tienen los valores: C1 = 0,11, C2 = 0,26, m = 1,24 y n = -0,04.

Los resultados obtenidos definen la descarga máxima para las secciones de interés en la cuenca del río Yauli

CAUDALES MÁXIMOS RIO YAULI – MÉTODO DE CREAGER

$$QT = 100 \text{ años} = 377 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$QT = 1000 \text{ años} = 566 \text{ m}^3/\text{s}$$

La relación de caudales de avenidas, potenciales, está por el orden de los 0,55 m³/s/km² valor que está dentro de márgenes aceptables para la región.

Como se ha indicado, dado el grado de regulación de la cuenca, más del 25% del área de la cuenca, las descargas máximas esperadas serían mucho menores.

5.3 Descargas Medias Mensuales en la Subcuenca de Río Shullcas

5.3.1 Series de Caudales Medios Mensuales Registrados



En el río Shullcas existe 2 estaciones hidrométricas, una controlada por el ALA Mantaro y otra controlada por el Senamhi.

La localización de ambas estaciones corresponden a zonas antes de derivación de aguas para fines poblacionales (Sedam Huancayo) y la derivación de aguas para fines de riego, en donde las proporciones de uso están divididas en partes iguales aproximadamente.

Se dispone de registros históricos de la estación hidrométrica Chamisería (3440 msnm), para el período 1975-2008, tal como se muestra en el Cuadro N° 5.11 (Anexo I – Cuadros), cuyos registros faltantes han sido completados por procedimientos estadísticos (Fuente ALA-Mantaro).

El caudal medio anual es de 3,65 m³/s, variando entre 1,21 m³/s en el mes de agosto y de 10,37 m³/s en el mes de febrero.

Si consideramos los registros de precipitación de la estación de Huaytapallana como representativos de la cuenca y que tiene una precipitación media anual de 857 mm/año y que dá un coeficiente de escorrentía de C= 0,68 lo que es un valor alto para la cuenca.

Esto se podría deber a fallas en la toma de información del período de avenidas, principalmente, de los meses de Enero a Abril.

Las dos estaciones hidrométricas existentes no estarían equipadas para aforos de avenidas que requieren estructuras adicionales.

Se ha efectuado una campaña de aforos puntuales el año de 2010, en el período de estiaje que confirma los caudales limitados del río Shullcas (1,00 a 1,2 m³/s en noviembre 2010). Estos aforos se localizaron aguas arriba de la estación Chamisería; en la Lámina N° 76 se muestra la ubicación del punto de aforos y que forma parte del Anexo de Láminas.

CUADRO N° 5.11

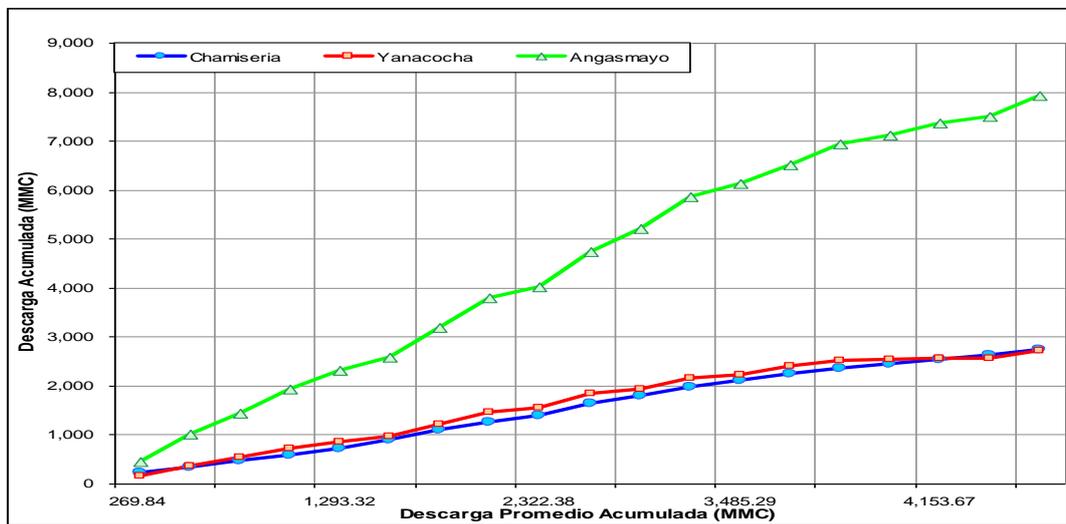
5.3.2 Consistencia y Confiabilidad de la Información

Si consideramos los registros de precipitación de la estación de Huaytapallana como representativos de la cuenca y que tiene una precipitación media anual de 840 mm/año, se obtiene un coeficiente de escorrentía de $C= 0.68$ lo que es un valor alto para la cuenca.

Esto hace necesario la corrección de caudales principalmente caudales de avenidas en donde se ha detectado deficiencias de medición por falta de equipo complementario de aforo de avenidas.

Un análisis doble masa efectuada por Profodua en tres estaciones de caudales de ríos adyacentes, Chamisería, Yanacocha y Angasmayo, indica que los registros de la estación Chamisería son los más regulares de la zona, en el Gráfico N°5.3 se muestra el Diagrama de Doble Masa.

Gráfico N°5.3
Diagrama Doble Masa
Estación Shullcas – Yanacocha-Angasmayo



Fuente : Estudio Profodua-Cuenca del río Shullcas

5.3.3 Caudales Medios Mensuales

Primeramente se va a seguir un proceso para la corrección de caudales como se describe a continuación.

Corrección de caudales-cálculo del caudal medio anual por regionalización

Para proceder a la corrección de caudales, procederemos al cálculo del caudal medio anual esperado en la cuenca por el método de regionalización y comparado con el caudal medio anual registrado procedemos a obtener el factor de corrección de caudales a aplicar a la serie histórica.

Caudales Medios Anuales Obtenidos por Regionalización

Se procede obteniendo los caudales medios anuales registrados en cuencas cercanos al proyecto del sistema del río Mantaro, y se sigue los siguientes pasos:

- Recopilación de información de caudales registrados en estaciones próximas al área del estudio.
- Correlacionar la información de caudales recopilados vs. área de cuenca.
- Correlación entre los valores medio multianuales de caudal medio multianual, para las estaciones seleccionadas.
- Aplicación de la expresión matemática obtenida a las áreas de cuenca involucradas.

En el Cuadro N°5.12 (Anexo I – Cuadros), se presentan las estaciones que registran los caudales y que se ubican en cuencas pertenecientes a la vertiente del río Mantaro principalmente.

Cuadro N°5.12

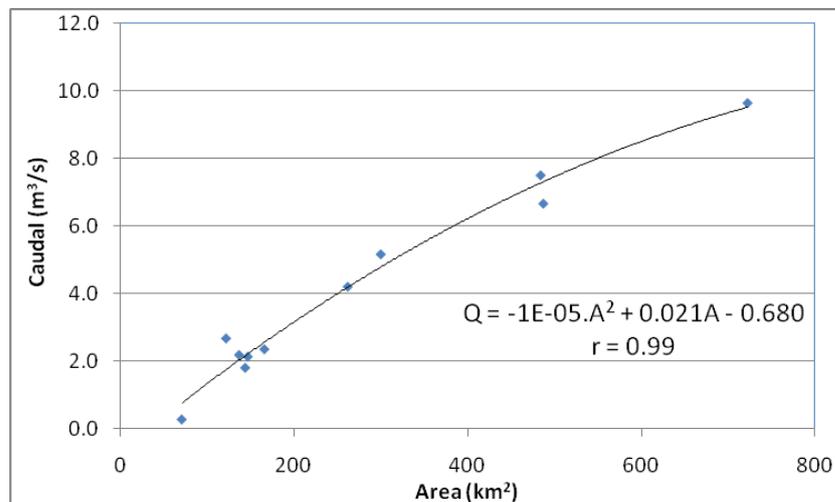
Estaciones Correlacionadas en la Cuenca Mantaro

CUENCA	ESTACIÓN	AREA (km2)	Q (m3/s)
Chillón	Pariacancha	122	2.67
Mantaro	Río Pallanga	137	2.18
Mantaro	Huaron	262	4.20
Mantaro	Carhuc ayan	484	7.50
Mantaro	Pachacayo	722	9.64
Mantaro	Cochas Túnel	487	6.66
Mantaro	Pomacocha	166	2.35
Mantaro	Huascacocha	71	0.27
Mantaro	Marcopomacocha	147	2.13
Mantaro	Canchayoc	144	1.80
Mantaro	Corpacancha	300	5.16

Con estas estaciones se ha procedido a efectuar la correlación entre caudal vs. área de cuenca, tal como se muestra en el Gráfico N°5.4

Gráfico N°5.4

Correlación entre Caudal – Area
Cuenca del Río Mantaro



Como se puede observar, se ha obtenido una muy buena correlación, a través de una expresión polinómica, con un coeficiente de ajuste de $r=0,99$. Esta correlación demuestra también el caudal medio anual tiene una relación directa con el área de cuenca, la cual es expresada a través de la siguiente expresión matemática:

$$Q = -1E-05*(X)^2 + 0.021*(X) - 0,680 \quad r^2 = 0.976$$

Donde:

Q = Caudal medio anual (m^3/s)

X = Área de cuenca (km^2)

A partir de esta expresión matemática obtenida y con el área de cuenca del río Shullcas hasta la estación Chamisería ($183 km^2$), se obtiene el caudal medio anual correspondiente, a la cuenca como se muestra a continuación:

$$Q = -0,00001*(183)^2 + 0.021*(183) - 0,680 = 2,83 m^3/s$$

Por tanto, para la cuenca del río Shullcas se ha obtenido un caudal medio anual de $2,83 m^3/s$, los cuales representan un volumen total anual de $89 Hm^3$ (MMC), que corresponde a un rendimiento específico de $15 l/s/km^2$ que es un valor aceptable en la región.

El factor de corrección sería de $2,83/3,65 = 0,775$ que se aplicará al registro histórico de caudales en especial al período de avenidas.

Esta corrección parcial a descargas mensuales del período de avenidas enero-abril se muestra en el Cuadro N° 5.13 (Anexo I – Cuadros), quedando la serie definida de esa forma. No se corrigen los caudales de estiaje que por su baja descarga, han sido medidos sin mucho error.

Para el período de estiaje las descargas varían de $1,215 m^3/s$ a $1,47 m^3/s$ que corresponden al período de junio a octubre que son los meses más críticos por las fuertes demandas de uso poblacional y agrícola que se presentan.

Estos valores de estiaje son más regulares y coinciden con los aforos puntuales efectuados durante la ejecución del estudio.

Estos valores de estiaje se reparten proporcionalmente 50% para uso poblacional y 50% para uso agrícola.

Al respecto se debe de indicar que estos caudales de estiaje están regulados muy parcialmente en las lagunas Lazo Huntay y Chispicocha del sistema del nevado Huaytapallana y éstas lagunas están en proceso de extinción si no se regula y opera adecuadamente.

Otra laguna que aporta al sistema es el Huacracocho y cuyos recursos hídricos regulados se aportan al río Shullcas en el período de estiaje de acuerdo a requerimientos de los usos poblacionales y agrícolas.

Como se ha indicado los valores de registros de caudales son altos en avenidas para los meses de Enero y Marzo, esto se debería a que la estación hidrométrica de Chamisería no estaría equipada para el aforo de caudales altos.

El caudal mensual presentando para el período de avenidas en el mes de

febrero es de 8,03 m³/s lo que nos estaría indicando que existe un fuerte potencial de regulación en la cuenca que no está siendo utilizada.

Las alternativas de regulación son necesarias de ejecutar pues en la cuenca existes fuertes déficit de suministro de agua, especialmente en lo relativo a usos poblacionales de la ciudad de Huancayo.

CUADRO N° 5.13
REGISTROS CORREGIDOS DE LA ESTACION SHULLCAS

DIRECCION REGIONAL AGRARIA JUNIN

ADMINISTRACION TECNICA DEL DISTRITO DE RIEGO MANTARO

REGISTRO DE INFORMACION HIDROMETRICA - RIO SHULLCAS.

1.- CUENCA HIDROGRAFICA : Río Mantaro **UBICACIÓN GEOGRAFICA**
 2.- NOMBRE DEL RIO : Río Shullcas Este : 484,449 m.
 3.- ESTACION HIDROMETRICA : Chamisería (p.a. Toma 24 - Rumihu Norte : 8'673,402 m
 Resp. Area Hidrometría : Téc. Hidro. Hugo A. Pelayo Carrillo Cota : 3,602 m.s.n.m.

AÑO	DESCARGAS MEDIAS MENSUALES RIO SHULLCAS EN M3./SEG.												MEDIA ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1985	6.33	9.03	9.13	4.38	2.50	1.66	1.25	1.04	1.29	1.23	2.51	5.10	3.79
1986	7.70	10.59	10.52	9.04	4.59	2.46	1.44	1.27	1.14	1.05	1.12	3.96	4.57
1987	8.35	5.65	4.38	3.02	1.85	1.27	1.26	1.20	1.17	1.33	2.87	4.21	3.05
1988	10.60	7.70	5.21	6.80	2.41	1.54	1.57	1.45	1.36	1.14	1.00	1.70	3.54
1989	5.01	14.02	5.29	3.87	2.46	1.67	1.10	1.04	0.99	1.27	1.58	1.56	3.32
1990	4.61	2.09	1.89	1.89	1.30	1.29	1.16	1.03	0.92	1.86	4.67	3.04	2.15
1991	4.12	2.05	4.29	2.20	1.57	1.09	1.01	1.12	1.23	1.25	1.92	1.86	1.98
1992	1.92	3.12	2.56	4.06	1.39	1.19	1.14	1.12	1.08	1.05	1.00	1.06	1.72
1993	3.17	3.18	3.56	3.25	2.68	1.63	1.34	1.24	1.24	1.33	2.31	6.15	2.59
1994	6.46	12.49	10.25	8.07	3.34	1.60	1.40	1.24	1.10	1.30	1.23	2.04	4.21
1995	3.36	6.97	7.85	3.68	2.36	2.43	2.35	2.00	2.18	2.26	1.61	2.33	3.28
1996	4.04	11.42	6.29	4.67	2.12	1.71	1.52	1.43	1.33	1.40	1.49	2.49	3.32
1997	5.75	6.62	6.80	2.63	1.42	1.16	1.59	1.52	1.42	1.30	2.26	6.39	3.24
1998	7.34	12.34	7.77	4.43	1.69	1.11	1.06	0.96	1.21	1.39	2.97	4.04	3.86
1999	5.12	11.45	9.56	4.41	1.90	1.96	1.84	1.58	1.54	2.12	1.29	2.77	3.79
2000	6.78	17.83	13.43	5.25	1.50	1.20	0.89	0.81	1.10	1.26	1.19	1.85	4.42
2001	13.59	16.97	11.12	5.97	1.80	1.35	1.33	1.22	1.28	1.42	1.81	4.07	5.16
2002	1.75	8.30	9.87	6.11	1.90	1.36	1.12	1.10	1.33	1.63	2.34	4.14	3.41
2003	3.97	8.55	10.19	6.74	2.70	1.42	1.28	1.15	1.03	1.04	1.20	2.42	3.47
2004	3.14	6.92	4.53	2.54	1.97	1.76	1.40	1.08	1.23	1.23	1.89	5.14	2.74
2005	2.96	3.19	4.77	2.00	1.43	1.13	0.96	1.05	0.97	1.66	1.55	2.73	2.03
2006	6.39	6.77	3.46	3.60	1.65	1.50	1.25	1.20	1.17	1.26	1.76	3.21	2.77
2007	5.29	3.67	5.08	2.99	1.71	1.24	1.34	1.20	1.15	1.19	1.75	2.41	2.42
2008	6.93	5.03	4.06	1.67	1.07	0.97	1.04	1.04	1.03	1.13	1.17	1.36	2.21
2009	1.43	4.90	3.69	2.43	1.26	1.16	1.12	1.10	1.15	1.21	1.93	2.64	2.00
MEDIA	5.45	8.03	6.62	4.23	2.02	1.47	1.31	1.21	1.23	1.37	1.86	3.15	3.16
DESVE	2.79	4.44	3.12	1.97	0.76	0.38	0.31	0.24	0.25	0.31	0.81	1.46	0.90
MIN	1.43	2.05	1.89	1.67	1.07	0.97	0.89	0.81	0.92	1.04	1.00	1.06	1.72
MAX	13.59	17.83	13.43	9.04	4.59	2.46	2.35	2.00	2.18	2.26	4.67	6.39	5.16

Nota : valores completados por correlación en color celeste

Fuente : Elaboración propia

5.3.4 Persistencia de Caudales

Los registros corregidos de la estación hidrométrica Chamisería ha sido caracterizado en su persistencia tal como se presenta en el Cuadro N°5.14 (Anexo I – Cuadros), y Gráfico N°5.5 en donde se muestra las variaciones mensuales.

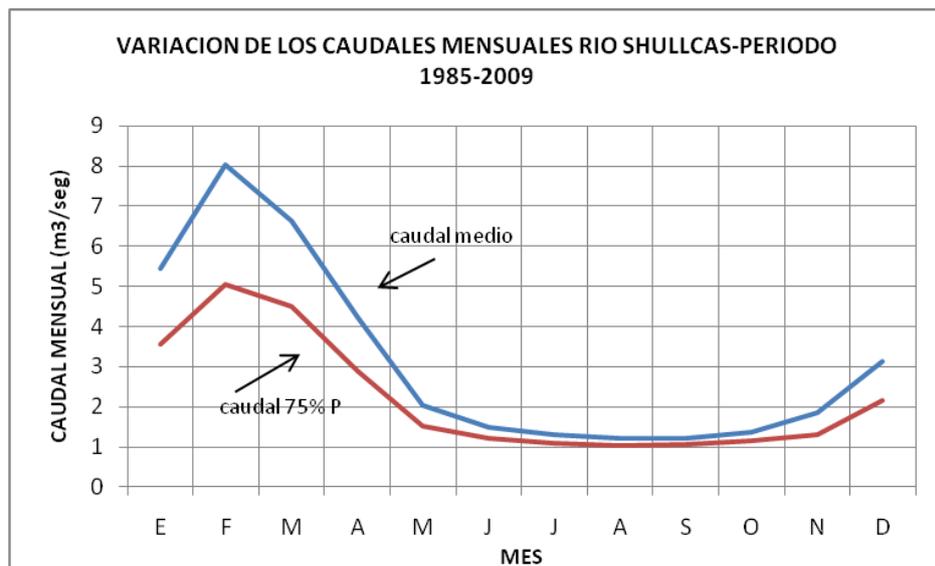
El caudal medio anual de la serie es de 3,162 m³/s ó 99,7 Hm³ (MMC) y para una persistencia al 75% el caudal es de 2,552 m³/s y para el año seco (caudal al 90% de persistencia) el caudal es de 2,00 m³/s.

Cuadro N°5.14
Variación de los Caudales Medios Mensuales y
Persistencia en el Río Shullcas

N°	CAUDAL MEDIO (m3/s)	D.EST	CAUDAL 75% PERSIST.	MAX. 90% PERSIST.
ENE	5.445	2.790	3.562	1.868
FEB	8.033	4.440	5.036	2.341
MAR	6.621	3.122	4.514	2.618
ABR	4.228	1.971	2.897	1.701
MAY	2.023	0.763	1.508	1.045
JUN	1.475	0.384	1.215	0.982
JUL	1.310	0.309	1.102	0.914
AGO	1.208	0.241	1.045	0.899
SET	1.226	0.247	1.059	0.909
OCT	1.372	0.312	1.162	0.973
NOV	1.857	0.808	1.311	0.821
DIC	3.147	1.461	2.161	1.274
AÑO	3.162	0.904	2.552	2.004

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°5.5



5.3.5 Demanda Hídrica

Los recursos hídricos de la cuenca están orientados exclusivamente para el uso poblacional y agrícola compartido equitativamente.

Este reparto de caudales es principalmente crítico en el período de estiaje, desde los meses de julio a octubre en donde el caudal disponible fluctúa entre los 1,1 m³/s. a 1,3 m³/s.

El aporte de caudales regulados no es mayormente significativo y apenas llegarían al 20 % del caudal indicado.

Estos caudales de estiaje están totalmente compartidos entre los 2 usos y es causa frecuente de conflictos, al ser los recursos hídricos insuficientes para las demandas.

Demandas poblacionales

Las demandas poblacionales estarían por los 614 l/s en estiaje (ago-set), que es la capacidad de la planta de tratamiento de agua potable, y las demandas agrícolas y poblacionales se distribuyen en forma equitativa 50% cada uno según acuerdo.

Se debe tomar nota que la Resolución Administrativa N°036-2005 solamente concedía el permiso de uso de agua hasta el 15 de mayo del 2008 indicado en el Cuadro N° 5.15 (Anexo I – Cuadros).

Cuadro N°5.15

Demanda Poblacional

Autorizada a Sedan Huancayo (Hm³)

N°	RESOL. ADMIN.		TOTAL
	021-1994	036-2005	
ENE	1.250	0.130	1.380
FEB	1.130	0.130	1.260
MAR	1.250	0.130	1.380
ABR	0.680	0.130	0.810
MAY	0.700	0.070	0.770
JUN	0.680		0.680
JUL	0.700		0.700
AGO	0.700		0.700
SET	0.680		0.680
OCT	0.700		0.700
NOV	0.680		0.680
DIC	0.700	0.070	0.770
AÑO	9.850	0.650	10.500

Fuente: Elaboración propia

En Cuadro N°5.16 (Anexo I – Cuadros), se presenta la demanda poblacional actual servida por el río Shullcas.

Cuadro N°5.16
Demanda Poblacional
Cuenca del Río Shullcas(m³/s)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614

Fuente: ALA Mantaro y Profodua

Una proyección de la demanda poblacional al futuro se muestra en en cuadro adjunto, incando esto que se va a requerir mayores fuentes de agua para estas demandas.

**AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO SHULLCAS
REQUERIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE AGUA PARA USO POBLACIONAL (Hm3)**

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
27.17	27.50	27.84	28.18	24.50	24.81	24.91	25.02	25.14	25.26	25.39

2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
25.53	25.67	25.81	25.91	26.12	26.08	26.04	26.01	25.99	25.97

Fuente: Elaboración propia

Demandas Agrícolas Brutas Actuales

Las demandas agrícolas se establecen sobre los requerimientos de 1700 ha que es la superficie actualmente cultivada, 964 ha disponen de riego y el resto del área se cultiva en secano. En el Cuadro N° 5.17 (Anexo I – Cuadros), se muestra las demandas agrícolas resumidas.

Cuadro N°5.17
Demandas Agrícolas Actuales – Shullcas (m³/s)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
0.23	0.09	0.11	0.33	0.47	0.57	0.59	0.51	0.44	0.48	0.47	0.42

Fuente: Profodua

Demandas Totales

En el siguiente Cuadro N° 5.18 (Anexo I – Cuadros), se presentan las demandas totales

Cuadro N°5.18
Demandas Totales en la Cuenca – Shullcas (m³/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Usos Agrícolas	0.230	0.090	0.110	0.330	0.470	0.570	0.590	0.510	0.440	0.480	0.470	0.420
Población-Sedam	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.614	0.610	0.614	0.614
Otros - Población	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170
Demanda Total	1.014	0.874	0.894	1.114	1.254	1.354	1.374	1.294	1.224	1.260	1.254	1.204

Fuente: Profodua - ALA Mantaro



5.3.6 Balance Hídrico

En el siguiente Cuadro N° 5.19 (Anexo I – Cuadros), se muestra el balance hídrico entre la disponibilidad del río Shullcas al 75% de persistencia y las demandas totales sobre estos recursos.

Cuadro N°5.19
Balance Hídrico - Shullcas (m³/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Oferta 75%	3.562	5.036	4.514	2.897	1.508	1.215	1.102	1.045	1.059	1.162	1.311	2.161
Demanda Total	1.014	0.874	0.894	1.114	1.254	1.354	1.374	1.294	1.224	1.264	1.254	1.204
Balance	2.548	4.162	3.620	1.783	0.254	-0.139	-0.272	-0.249	-0.165	-0.102	0.057	0.957

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se puede observar que existe déficit desde el mes junio a octubre, si el reparto es proporcional vigente se cumple, los déficit estarían distribuidos.

Sin embargo estos usos actuales generan conflictos, aunque según ley hay preponderancia a los usos poblacionales.

Se observa que existen importantes excedentes de agua principalmente del período lluvioso Enero-Abril, habiendo la disponibilidad hídrica suficiente para acciones de regulación, embalses, o generación hídrica por cosecha de aguas.

5.3.7 Potencial Hidrológico de los Recursos Hídricos Río Shullcas

Como se ha indicado los recursos hídricos de estiaje en uso intensivo están en el orden de 1 m³/s a 1,5 m³/s, lo que no cubre las demandas de los sectores de uso poblacional y agropecuario.

La regulación muy parcial que actualmente se ejecuta no llega a los 4 Hm³ estando las lagunas Lazo Huntay y Chispicocha prácticamente agotadas (observación del mes de octubre del 2010).

Los recursos hídricos disponibles llegan a un total anual de 3,16 m³/s o 99,7 Hm³, o sea el potencial de regulación es alto.

Hay diferentes estudios que plantean el mejoramiento o ampliación de los embalses actualmente utilizados parcialmente.

Ni aun así, queda una amplia disponibilidad de agua de avenidas para regulación adicional.

Es conveniente plantear algunas medidas para una regulación adicional que deben de ser evaluadas a detalle.

Dado que las demandas poblacionales son fuertes, se debería de investigar otras fuentes para este propósito, como son las aguas subterráneas en que Sedam ya hace un uso intenso o también buscar otras fuentes de aguas superficiales.

Actualmente la Junta de Usuarios desarrolla proyectos de optimización de uso de aguas por tecnificación de riego y mejoramiento de canales que es otra forma de uso racional del agua.

Planteamientos de regulación y cosecha de aguas.

Se sugiere los siguientes planteamientos para aumentar la disponibilidad de agua para el período de estiaje.

- Regulación por embalses pequeños y medianos:

Se ha detectado 2 vasos de mediana capacidad que involucran las subcuencas de las lagunas de Lazo Huntay y Chispicocha.

- Regulación por embalses de detención en el eje del río Shullcas:

Esto con el fin de aumentar la infiltración en el período de avenidas y lograr que estos caudales infiltrados fluyan para el período de estiaje. Esta medida se efectuaría en la cuenca media del río entre las cotas 3200 a 4000 msnm.

- Regulación por cosecha de aguas y forestación intensiva:

Esto con el fin de aumentar la infiltración en el período de avenidas empleando los procedimientos de la implantación de zanjas de infiltración y forestación intensiva.

Entre las altitudes de 3900-4600 msnm existen amplias áreas susceptibles de ser empleadas para cosechas de aguas por zanjas de infiltración.

A esta medida se sumaría las acciones de forestación intensiva con especies nativas en esta importante zona de la cuenca alta.

Con estas acciones se conseguiría aumentar significativamente el caudal en período de estiaje.

Para las posibilidades de regulación en las Láminas N°77 y N°78 se muestran las áreas para posibles regulaciones y que forma parte del Anexo de Láminas.

5.3.8 Máximas Avenidas

- a) Cálculo indirecto por envolventes de Creager

La estimación de las descargas máximas para diferentes períodos de retorno, se ha realizado utilizando el procedimiento regional apoyado en las Curvas Envolventes de Creager.

Este método inicialmente desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica por W. Creager, estableció una curva envolvente de una serie de observaciones de descargas máximas. Esta curva es de la forma:

$$Q = 46 \times C \times A^n$$
$$n = 0.894 \times A^{(-0.048)}$$

Donde:

Q	=	Descarga máxima en pies ³ /sg.
A	=	Área de la cuenca en millas ² .
C	=	Coeficiente que depende de las características de la cuenca.

Ante la ausencia de mediciones hidrométricas, profesionales de la Cooperación Energética Peruana-Alemana y de la ex-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ex-ONERN) con el objetivo de realizar el análisis regional de avenidas, adecuaron para el país las relaciones anteriores.

La fórmula de Creager se expresa en función del área de cuenca y el período de retorno:

$$Q_{\max} = (C_1 + C_2) \log(T) A^{m A^{-n}}$$

Donde:

Qmax = caudal máximo en m³/s

T = período de retorno en años

Para la Región N° 6, donde se ubica la cuenca del Mantaro, se tienen los valores: C1 = 0,11 C2 = 0,26 m = 1,24 y n = 0,04.

Los resultados obtenidos definen la descarga máxima para las secciones de interés en la cuenca del Shullcas son mostrada en el Cuadro N°5.20 (Anexo I – Cuadros).

Cuadro N°5.20

Caudales Máximos Río Shullcas (m³/s)

CUENCA	AREA km2	DESCARGA MÁXIMA	
		Tr(100)	Tr(1000)
Chamisería	182.94	140	210
Chamisería Alta	155.19	123	184
Cullpa	138.99	112	169
Laguna Cocha Grande	4.22	4	6
Presa Chuspicocha	35.7	35	52
Laguna Lazo Huntay	3.39	3	5
Laguna Chuspicocha	2.58	2	3
Laguna Yanacocha	1.21	1	1
Laguna Huacrtacocha	3.37	3	5

Fuente : Estudio de Afianzamiento del río Shullcas-ANA

La relación de caudales de avenidas, de acuerdo al cuadro anterior, está por el orden de los 0,8 m³/s/km² valor ligeramente alto para la región que debe ser corregida con aforos que se deben de efectuar en período de lluvias.

- b) Cálculo de caudales máximos del río Shullcas por regionalización y registros.

Los caudales máximos del río Shullcas se calculan en base a registros de caudales máximos medios registrados en la estación Chamisería tal como se muestra en el Cuadro N° 5.21. Estos registros se han sometido a análisis de frecuencias obteniéndose los caudales máximos medios para diferentes períodos de retorno, los resultados se indican en el Cuadro N°5.22.

Estos caudales máximos medios se llevan a caudales máximos instantáneos por medio de la relación obtenida para la cuenca del Mantaro en base a las estaciones hidrométricas que controla Electroperú en los diversos ríos afluentes del río Mantaro:

$$Q_i = 2.189 \times (Q_m)^{0.898}$$

Para referencia de esta relación, ver el estudio “Estudio de Avenidas Cuenca del río Mantaro” INAF-OIST-INTECOSA -1980.

En el Cuadro N° 5.22 (Anexo I – Cuadros), se muestra los caudales instantáneos obtenidos de esta forma:

Cuadro N°5.21
Descargas Máximas Medias Anuales Río Shullcas
Estación Chamisería(m³/s)

AÑO	CAUDAL MÁXIMO (m³/s)
1985	20.18
1986	21.50
1987	22.35
1988	38.59
1989	7.12
1990	9.75
1991	10.80
1992	14.37
1993	16.75
1994	42.00
1995	25.80
1996	33.10
1997	57.50
1998	40.64
1999	25.23
2000	32.28
2001	34.42
2002	16.00
2003	18.40
2004	18.75
2005	17.28
2006	27.25
2007	12.55
2008	14.70
2009	13.72

Cuadro N°5.22

Caudal Máximo Instantáneo del Río Shullcas (m³/s)

PERIODO DE RETORNO (Tr)	CAUDAL MÁXIMO MEDIO ANUAL (m ³ /s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m ³ /s)
25 años	65.90	94.10
50 años	73.60	103.92
100 años	81.30	113.63
500 años	99.10	135.74
1000 años	100.70	137.71

Fuente : Elaboración propia

Estos valores son mas conservadores, nos indican un alto poder de inundación de este río, en el año 1993, se desbordó y causó destrozos en la zona baja de la cuenca.

Los resultados de caudales instantáneos que se muestran en el Cuadro N°5.22 son mas confiables al obtenerse por correlación de registros de estaciones de la cuenca.

5.4 Descargas Medias Mensuales en la Subcuenca del Río Yacus

5.4.1 Series de Caudales Medios Mensuales Registrados

La subcuenca del río Yacus es la que menos recursos hídricos disponibles tiene en el área.

Por su localización tiene menos aporte de lluvias y tiene pocos sistemas de retención natural en su superficie.

Se tiene la necesidad de regular y construir minirepresamientos en los sectores medios y altos de la cuenca.

Se efectuaron aforos puntuales tal como se muestra en la Lámina N°97, el cual forma parte del Anexo de Láminas.

El río Yacus no tiene estaciones hidrométricas de control sistemático de caudales lo que hace necesario generar registros sintéticos de caudales medios mensuales por medio de modelos de simulación como el que se describe a continuación.

5.4.2 Simulación de Caudales

Para la generación de caudales medios mensuales se ha empleado el modelo de generación de caudales desarrollado por el Ministerio de Agricultura y la Misión Técnica Alemana (1980-Ver publicación "Modelo Simple de Generación de Caudales" - Ministerio de Agricultura PEPMI).

Se muestra a continuación un resumen del procedimiento.

Características del Modelo de Balance Hídrico

La determinación de las disponibilidades de agua en la cuenca del río Yacus se realizó empleando el modelo de Balance Hidrológico, y mediante el cual es posible obtener la escurrentía media mensual conociendo la precipitación y las características físicas de la cuenca.

El modelo fue calibrado en base a aforos efectuados en el punto de interés para la época de estiaje.

Precipitación en la cuenca

La precipitación total mensual en la cuenca del río Yacus, se obtuvo afectando los registros de la estación base de Jauja por un factor de 1,26 valor conservador que nos permite determinar la precipitación en la cuenca en estudio, el valor determinado es de 740 mm/año.

Es importante determinar una precipitación promedio sobre la cuenca primero calculado y después reajustada en base a procesos iterativos de simulación de caudales y resultados.

En el Cuadro N°5.23 (Anexo I – Cuadros), se muestra la precipitación total mensual determinada, para la cuenca del río Yacus.

Determinación de los Componentes del Balance Hidrológico

Se establece un primer balance hidrológico para el año promedio previo al desarrollo del modelo mas específico. Los componentes del Balance Hidrológico para el año promedio son:

$$CM_i = PE_i + R_i = PE_i + (G_i - A_i)$$

Donde:

CM_i = Escurrimiento mensual (mm.)

PE_i = Precipitación efectiva mensual (mm.)

G_i = Gasto de retención (mm.)

A_i = Abastecimiento de la retención (mm.)

R_i = Retención de la cuenca (mm.)

1.- Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía se ha calculado siguiendo la metodología elaborada por la ex-Oficina Nacional de Recursos Naturales(ONERN), desarrollado en el Inventario Nacional de Aguas Superficiales, de acuerdo a las zonas ecológicas identificadas, cuyo valor corresponde a 0,36 considerado un valor conservador para fines del estudio. Este valor de coeficiente de escorrentía también se ha determinado en base a registros de caudales de cuencas vecinas que tienen estaciones de aforo.

2.- Cálculo de la Precipitación Efectiva

La precipitación efectiva que produce escorrentía en la cuenca, se ha determinado con la siguiente ecuación polinómica:

$$PE = a_0 + a_1 * P + a_2 * P^2 + a_3 * P^3 + a_4 * P^4 + a_5 * P^5$$

Donde:

PE = Precipitación efectiva mensual (mm.)

P = Precipitación total mensual (mm.)

$a_0 \dots a_5$ = Coeficientes del Polinomio

Los coeficientes del polinomio son determinados del cuadro siguiente, en el que aparecen sus valores para tres curvas (I, II y III) que están en función del coeficiente de escorrentía comprendido en el rango de dichas curvas.

COEFICIENTE	CURVAS		
	I C=0.15	II C=0.30	III C=0.45
a0	-0.0180	-0.0210	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	$-1204*10^{-8}$	$4349*10^{-8}$	$5534*10^{-8}$
a4	$144*10^{-9}$	$-89*10^{-9}$	$124*10^{-9}$
a5	$-285*10^{-12}$	$-879*10^{-13}$	$-142*10^{-11}$

Los valores PE obtenidos con las curvas, se ajustan a condiciones de escorrentía de la cuenca mediante la siguiente relación:

$$PE = C1*PEII+C2*PEIII=Ce*P$$

Donde:

$$C1 = (Ce*P-PEIII)/(PEII-PEIII)$$

$$C2 = (Ce*P-PEII)/(PEII-PEIII)$$

$$C1 \text{ y } C2 = \text{Coeficiente ajuste: } C1+C2=1$$

Ce = Coeficiente escorrentía de la cuenca

P = Precipitación total anual (mm.)

PEI-PEIII = Precipitación efectiva calculada para una de las curvas II y III

En el Cuadro N°5.24 se presenta la precipitación efectiva en la cuenca para zona de la cuenca del río Yacus

3.- Cálculo del Gasto y Abastecimiento de la Retención

a. Retención de la Cuenca(R)

De acuerdo al reconocimiento de campo y caudales en estiaje que se encuentran en promedio entre 400 l/s, se ha considerado para la cuenca del río Yacus que corresponden a un valor de retención de 40-60... mm/año como mínimo.

b. Coeficiente de Agotamiento

El coeficiente de agotamiento se determinó con la siguiente expresión:

$$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.026 = 0,0113$$

Donde:

a = Coeficiente de agotamiento

AR = Área de la cuenca del río Yacus (km²), en este caso, 340 km²

c. Gasto de la Retención (Gi)

Viene dada por la siguiente expresión:

$$Gi = Rbi / bi$$

$$bi = b0$$

$$b0 = e^{-a*t}$$

Donde:

b0 = Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior

t = Tiempo en días del mes

a = Coeficiente de agotamiento

Reemplazando los valores de a, t, bo y R se obtienen los valores de Gi, que se presentan en el Cuadro N°5.25 de balance hídrico promedio para la cuenca en estudio.

d. Cálculo del Abastecimiento de la Retención (Ai)

El abastecimiento a la retención se produce en la época de lluvias en decir entre noviembre hasta abril, de acuerdo a los porcentajes variables mensuales.

El abastecimiento a la retención se determinó con la siguiente expresión:

$$A = a_i \cdot R$$

Donde:

Ai = Abastecimiento mensual a la retención (mm.)

ai = Coeficiente de abastecimiento(%)

R = Retención de la cuenca (mm/año)

Los coeficientes de gasto y abastecimiento de la retención sale del manual aplicativo del modelo ya referido. Los valores de Ai se muestran en el Cuadro N°5.25 para la cuenca en mención.

4.- Cálculo de la Escorrentía promedio mensual

La escorrentía para el año promedio se determino con la ecuación del Balance Hidrológico:

$$C_{Mi} = P_{Ei} + G_i - A_i$$

Sus componentes han sido determinados anteriormente y los resultados se presentan en el Cuadro N° 5.25 de balance para el año promedio para la cuenca del río Yacus.

Generación de Caudales Medios Mensuales

La ecuación final utilizada para generar los caudales medios mensuales en la cuenca del río Yacus, es la que sigue:

$$Q_t = B_1 + B_2 \cdot Q_{t-1} + B_3 \cdot P_{Et} + S \cdot (1 - R^2)^{0.5} \cdot Z_t$$

Donde:

Qt = Caudal del mes actual

Qt-1 = Caudal del mes anterior

PEt = Precipitación efectiva del mes t

B1, B2, B3 = Parámetros del modelo

S = Desviación standard

R = Coeficiente de correlación

Zt = Variable aleatoria distribuida normalmente

Los parámetros se calculan mediante regresión lineal múltiple considerando como variable dependiente a Qt y como variables independientes a Qt-1 y PEt, tal como se muestran en el Cuadro N° 5.25 de balance hídrico para la cuenca en estudio.

La ecuación de generación queda de la siguiente forma :

$$Q_t = 2.667 + 0.207 * Q_{t-1} + 0.6722 * PE_t + 3.489 * (1-0.984^2)^{0.5} * Z_t$$

Los resultados de aplicar los procedimientos se muestran en los Cuadro N° 5.23 al 5.26 en donde el Cuadro N° 5.23 (Anexo I – Cuadros), muestra la precipitación promedio asumida en la cuenca, el Cuadro N°5.24 (Anexo I – Cuadros), la precipitación efectiva, el Cuadro N° 5.25(Anexo I – Cuadros), muestra el balance hidrológico promedio para la cuenca, mientras que el Cuadro N°5.26 (Anexo I – Cuadros), muestra los caudales generados en la cuenca y que son coincidentes con los aforos puntuales efectuados en el período de estiaje.

En el Cuadro N°5.26 (Anexo I – Cuadros), se presenta las descargas medias mensuales obtenidas con el modelo de generación para un periodo de 20 años comprendido entre 1988-2008 cuyo promedio multianual es de 3,11 m³/s, variando entre 7,816 m³/s (mes de marzo) y 0,535. m³/s (mes de agosto) y que de acuerdo al reconocimiento de campo en estiaje y aforos, se refleja el comportamiento hidrológico.

CUADRO N° 5.23

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL ESTACION ALTO YACUS (m.m)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
1988	173.2	164.3	88.8	68.1	6.8	0.4	0.7	0.1	11.7	42.1	45.1	68.6	669.9
1989	110.9	134.8	174.3	60.4	6.5	23.8	8.8	15.2	14.3	29.8	120.2	63.6	762.6
1990	160.9	56.9	107.6	42.4	13.0	58.2	0.0	0.0	0.0	33.8	115.1	129.1	717.0
1991	102.4	49.9	167.6	64.0	29.1	18.8	1.8	0.0	15.6	42.0	54.3	71.9	617.4
1992	85.5	63.0	43.0	19.1	0.8	25.2	0.7	1.8	7.0	22.8	59.8	53.0	381.7
1993	178.6	147.5	107.1	87.9	9.2	1.0	4.5	9.8	18.2	58.5	151.5	167.6	941.4
1994	170.0	149.1	144.8	111.0	14.4	5.6	0.0	3.9	5.2	39.0	84.1	107.4	834.5
1995	87.6	111.8	172.4	48.6	10.1	1.6	13.0	3.3	1.3	40.8	94.3	149.8	734.6
1996	110.1	132.3	180.0	105.8	11.4	0	0.0	0.5	13.8	30.3	40.6	103.6	728.4
1997	171.0	163.5	75.9	27.2	24.1	0.3	2.9	7.5	5.2	12.9	79.8	128.8	699.1
1998	158.1	144.4	110.6	24.8	1.3	3.0	0.0	0.0	3.4	79.3	8.7	137.2	670.8
1999	181.1	172.8	115.3	89.7	10.1	3.0	2.6	0.0	29.9	38.0	63.0	104.4	809.9
2000	198.3	192.7	191.6	42.1	13.7	5.1	5.7	16.3	7.3	34.2	53.0	129.9	889.9
2001	162.8	100.5	220.2	44.2	24.6	10.1	8.6	2.2	8.1	45.9	121.8	99.8	848.8
2002	68.1	177.2	171.0	102.8	10.5	2.6	23.7	4.7	29.9	33.5	115.6	132.3	871.9
2003	159.3	107.5	169.9	70.3	6.4	1.9	0.9	7.8	6.4	26.0	82.3	152.4	791.1
2004	65.4	176.9	141.0	49.8	19.1	7.9	6.1	6.6	15.6	32.8	116.4	102.0	739.6
2005	8.9	158.9	116.9	35.8	24.6	0.0	0.9	19.4	6.8	65.0	55.8	143.1	636.1
2006	136.9	127.5	149.2	56.2	10.4	25.9	5.2	5.1	7.5	31.3	65.3	116.9	737.4
2007	105.4	99.1	220.2	65.1	22.6	0.0	6.0	1.8	5.3	43.0	43.0	82.3	693.8
2008	146.5	130.7	82.3	14.7	17.3	8.3	0.8	5.5	12.0	41.7	40.8	94.6	595.2
MED	134.3	131.5	140.5	58.6	13.6	9.7	4.4	5.7	10.7	39.2	80.5	111.3	740.0
DST	40.2	39.7	46.6	27.7	7.7	13.8	5.5	5.6	7.8	14.2	31.7	30.8	114.9

CUADRO N° 5.24

PRECIPITACION EFECTICA QUE CAUSA ESCORRENTIA
(mm/mes)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1988	98.3	89.4	23.7	13.5	1.2	0.1	0.1	0.0	1.9	6.3	6.9	13.7
1989	39.5	60.7	99.5	10.8	1.1	3.6	1.5	2.4	2.3	4.4	47.5	11.9
1990	86.1	9.8	36.9	6.4	2.1	10.2	0.0	0.0	0.0	4.9	43.0	5.5
1991	32.9	8.0	92.7	12.0	4.3	2.9	0.3	0.0	2.5	6.3	9.1	15.0
1992	21.8	11.7	6.5	2.9	0.1	3.7	0.1	1.8	1.2	3.4	10.6	8.7
1993	103.7	72.8	36.5	23.1	1.6	0.2	0.8	1.6	2.8	10.2	76.6	92.7
1994	95.2	74.3	70.2	39.6	2.3	1.0	0.0	0.7	0.9	5.8	21.0	36.7
1995	23.0	40.3	97.5	7.7	1.7	0.3	2.1	0.6	0.2	6.1	27.1	75.0
1996	38.9	58.4	105.2	35.5	1.9	0.0	0.0	0.1	2.2	4.4	6.0	33.8
1997	96.1	8.7	16.8	4.0	3.6	0.0	0.5	1.3	0.9	2.1	18.7	5.3
1998	83.2	69.8	39.3	3.7	0.2	0.5	0.0	0.0	0.6	18.5	23.6	62.9
1999	106.2	97.9	43.2	24.2	1.7	0.5	0.5	0.0	4.4	5.6	11.7	34.4
2000	123.4	117.8	116.7	6.3	2.2	0.9	1.0	2.6	1.3	5.0	8.7	56.2
2001	87.9	31.5	145.3	6.7	3.7	1.7	1.5	0.4	1.4	7.1	48.9	31.0
2002	13.5	102.3	96.1	33.2	1.8	0.5	3.5	0.8	4.4	4.9	43.4	58.4
2003	84.4	36.8	95.0	14.4	1.1	0.3	0.2	1.3	1.1	3.8	20.0	77.5
2004	12.5	102.1	66.6	7.9	2.9	1.4	1.1	1.2	2.5	4.8	44.1	32.6
2005	23.8	84.0	44.6	5.2	3.7	0.0	0.2	3.0	1.2	12.4	9.4	68.6
2006	62.7	54.1	74.5	9.6	1.7	3.8	0.9	0.9	1.3	4.6	12.5	44.6
2007	35.2	30.4	145.3	12.4	3.4	0.0	1.0	0.3	0.9	6.5	6.5	20.0
2008	71.8	56.9	20.0	2.3	2.7	1.4	0.1	1.0	6.3	6.3	6.1	27.4

CUADRO N° 5.25

BALANCE HIDROLOGICO PARA EL AÑO PROMEDIO
CUENCA RIO YACUS

MES	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES GENERADOS	
	MENSUAL P	EFECTIVA			GASTO		RETENCION		Q	QQ
		P II	P III	P	BI	GI	ABA	AI		
	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	1	mm/mes	1	mm/mes	mm/mes	lts/seg
ENE	134.3	49.4	74.6	60.3	0.000	0.0	0.30	12.0	48.3	6147.0
FEB	131.5	47	71.8	57.7	0.000	0.0	0.30	12.0	45.7	6538.4
MAR	140.5	54.8	80.8	66	0.000	0.0	0.05	2.0	64	8152.1
ABR	58.6	7.7	13.6	10.3	0.712	12.3	0.00	0.0	22.6	2969.9
MAY	13.6	1.5	3.1	2.2	0.508	8.8	0.00	0.0	11	1397.4
JUN	9.7	1.1	2.3	1.6	0.362	6.3	0.00	0.0	7.9	1036.7
JUL	4.4	0.5	1.1	0.8	0.258	4.5	0.00	0.0	5.2	667.4
AGO	5.7	0.7	1.4	1	0.184	3.2	0.00	0.0	4.2	532.5
SEP	10.7	1.2	2.5	1.8	0.131	2.3	0.00	0.0	4.0	531.7
OCT	39.2	4.2	5.8	5.8	0.093	1.6	0.10	4.0	3.4	435.2
NOV	80.5	14.7	24.8	19.1	0.066	1.0	0.00	0.0	20.2	2659.4
DIC	111.3	31.5	50.9	39.9	0.000	0.0	0.25	10.0	29.9	3804.6
ANO	740.0	214.3	332.7	266.4	2.313	40.0	1.0	40.0	266.4	2897.7

COEFICIENTES DE REGRESION

B1 = 2.6672

B2 = 0.2077

B3 = 0.6722

DESVIACION ESTÁNDAR

ST = 3,489

COEFICIENTE DE CORRELACION

RI = 0.984



CUADRO N° 5.26

DESCARGAS MENSUALES GENERADAS EN EL RIO YACUS

(M3 / SEG)

AREA = 341 KM2

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1988	9.613	10.958	4.475	2.458	0.985	0.574	0.425	0.239	0.716	0.973	1.208	1.762	2.866
1989	4.244	7.180	10.266	3.551	1.094	0.915	0.747	0.792	0.680	1.037	4.298	2.398	3.144
1990	7.976	3.013	4.122	1.749	0.788	1.314	0.456	0.387	0.426	0.842	4.403	5.852	2.611
1991	4.356	1.975	8.707	3.133	1.524	0.864	0.585	0.627	0.700	0.997	1.371	1.844	2.218
1992	2.574	2.200	1.274	0.956	0.546	0.897	0.445	0.640	0.537	0.650	1.523	1.533	1.148
1993	9.547	9.492	5.283	3.429	1.039	0.548	0.506	0.607	0.664	1.382	7.388	9.839	4.144
1994	10.597	9.984	8.258	5.599	1.598	0.848	0.529	0.543	0.424	0.829	2.299	3.886	3.783
1995	3.180	4.979	9.670	3.080	1.001	0.526	0.706	0.509	0.492	1.055	2.889	7.424	2.959
1996	5.280	7.359	10.646	5.582	1.448	0.443	0.389	0.483	0.603	0.821	1.084	3.427	3.130
1997	9.113	10.740	3.711	1.399	0.974	0.606	0.604	0.626	0.464	0.667	2.103	5.395	3.034
1998	8.571	9.100	5.485	1.896	0.717	0.506	0.443	0.370	0.526	1.822	2.734	6.295	3.205
1999	10.736	12.091	6.216	3.795	1.076	0.639	0.577	0.535	0.905	1.026	1.646	3.563	3.567
2000	11.545	14.258	13.094	3.639	1.220	0.683	0.517	0.607	0.632	0.907	1.237	5.479	4.485
2001	8.864	5.330	13.740	3.794	1.406	0.848	0.612	0.570	0.531	1.078	4.920	3.942	3.803
2002	2.116	10.463	10.573	5.609	1.543	0.834	0.871	0.586	0.875	0.853	4.266	6.256	3.737
2003	8.917	5.815	9.626	3.775	1.120	0.603	0.649	0.584	0.616	2.126	7.345	7.345	3.512
2004	2.930	10.710	8.023	2.710	1.142	0.877	0.733	0.628	0.814	0.842	4.471	4.035	3.160
2005	3.244	9.032	5.940	2.132	0.926	0.564	0.485	0.527	0.602	1.522	1.497	6.501	2.748
2006	6.954	7.102	8.049	2.789	1.009	1.080	0.503	0.503	0.617	0.885	1.729	4.386	2.967
2007	4.435	4.179	13.572	4.458	1.491	0.730	0.515	0.408	0.518	1.076	1.217	2.282	2.907
2008	6.836	7.287	3.401	1.141	0.777	0.603	0.343	0.471	0.648	0.953	1.096	2.755	2.192
MEDIA	6.744	7.774	7.816	3.175	1.112	0.738	0.554	0.535	0.618	1.009	2.668	4.581	3.110
D. EST	2.987	3.432	3.432	1.357	0.283	0.209	0.128	0.116	0.130	0.267	1.678	2.156	0.713

5.4.3 Persistencia de Caudales

Como resultado de la modelación y generación de caudales, se determino los caudales al 75% de persistencia y el 90% para el año seco; en el Cuadro N°5.27 (Anexo I – Cuadros), se muestra el caudal promedio, al 75% y 90% de persistencia, mientras que en el Gráfico N°5.6 la variación mensual de caudales de los registros generados.

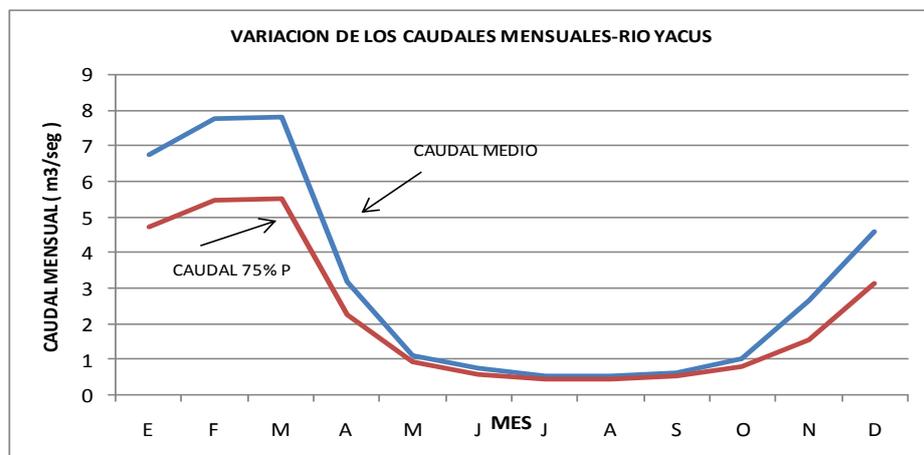
El caudal medio multianual al 75% de persistencia es de 2,629 m³/s y para el año seco es de 2,196 m³/s.

Cuadro N°5.27
Variación de Caudales Mensuales y Persistencias
Río Yacus

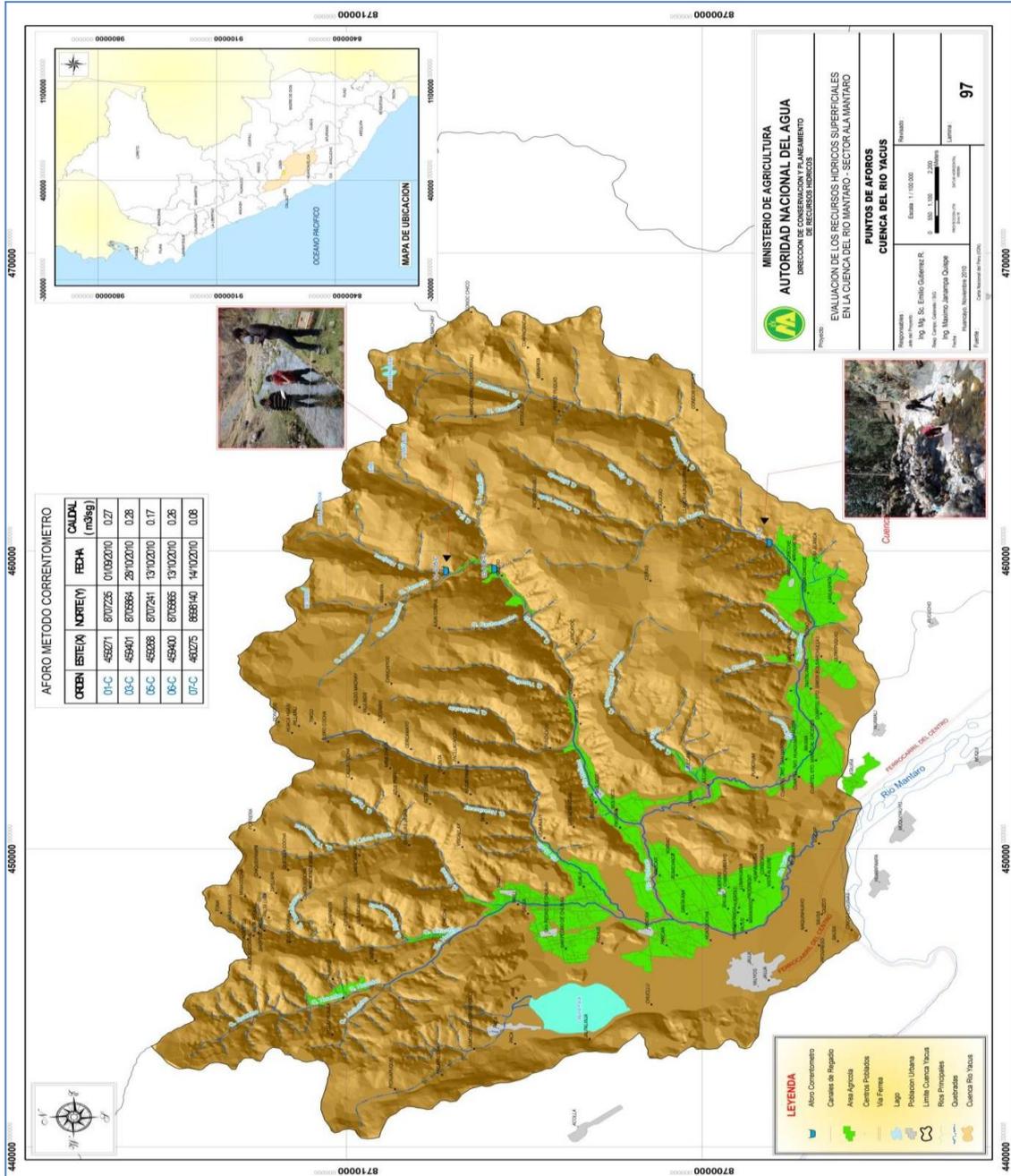
MES	CAUDAL PROM. (m ³ /s)	DESV. ESTAND.	CAUDAL 75% PERSIST.	CAUDAL ,90% PERSIST. AÑO SECO
ENE	6.744	2.990	4.728	2.915
FEB	7.774	3.430	5.457	3.374
MAR	7.816	3.430	5.499	3.416
ABR	3.175	1.360	2.259	1.435
MAY	1.112	0.280	0.921	0.749
JUN	0.738	0.210	0.597	0.470
JUL	0.554	0.130	0.468	0.390
AGO	0.535	0.200	0.457	0.386
SET	0.618	0.130	0.530	0.451
OCT	1.009	0.270	0.829	0.667
NOV	2.668	1.680	1.535	0.517
DIC	4.581	2.160	3.126	1.817
AÑO	3.110	0.710	2.629	2.196

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°5.6



PLANO N° 97 -AFOROS EN EL RIO YACUS



5.4.4 Demanda Hídrica

Demanda Agrícola

La demanda agrícola se plantean sobre un área de riego de 1223,6 ha cuyo resúmen presenta en el Cuadro N°5.28 (Anexo I – Cuadros), y en el Cuadro N° 5.29 (Anexo I – Cuadros), se detalla la variación de áreas sembradas para las cuencas de los rios Yacus y Achamayo

Cuadro N°5.28

Demanda Agrícola – Cuenca del Río Yacus (m³/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Usos Agrícolas	0.29	0.11	0.15	0.49	0.81	1.05	1.08	0.98	0.77	0.66	0.61	0.53

Fuente: Profodua

Cuadro N°5.29

Variación de Areas Sembradas - Yacus(ha)

CUENCA	AREA TOTAL BAJO RIEGO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Sector Cuenca Yacus	1223.6	1218.28	1218.28	1151.95	1058.44	1044.90	1044.90	1044.90	1116.76	1209.32	1219.22	1219.22	1218.28
Sector Cuenca Achamayo	957.59	906.98	906.98	668.91	569.26	569.26	569.26	619.88	809.98	957.59	957.59	957.59	957.59
Total	2181.19	2125.26	2125.26	1820.86	1627.70	1614.16	1614.16	1664.78	1926.74	2166.91	2176.81	2176.81	2175.87

Fuente: Profodua

Demanda poblacional

Estas demandas están constituidas principalmente por el uso poblacional de la ciudad de Jauja y se estima en 100 l/s, tomándose principalmente del puquial Punkumachay - sector de Quero. Esta obra está por concluirse y solucionaría el déficit de uso poblacional de agua en la ciudad de Jauja.

5.4.5 Balance Hídrico

En el Cuadro N° 5.30 (Anexo I – Cuadros), se muestra el balance hídrico con las demandas actuales.

Cuadro N° 5.30

Balance Hídrico – Cuenca del Río Yacus (m³/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Oferta 75%	4.728	5.457	5.499	2.259	0.921	0.597	0.468	0.457	0.530	0.829	1.535	3.126
Demanda Total	0.390	0.210	0.250	0.590	0.910	1.150	1.180	1.080	0.870	0.760	0.710	0.630
Balance	4.338	5.247	5.249	1.669	0.011	-0.553	-0.712	-0.623	-0.340	0.069	0.825	2.496

Fuente: Elaboración propia

Se presentan déficit desde los meses de Junio a Setiembre, esto limita principalmente la actividad agrícola.

Existe sin embargo un alto potencial hídrico de regulación tal como se observa en el Cuadro N° 5.30 en donde hay excedentes importantes en el período lluvioso diciembre-abril.

Se tiene formulado la regulación en el Vaso Oquero, esto podría aportar un volumen adicional aproximado de 6 Hm³ (MMC).

Existen lagunas con potencial de regulación en la microcuenca Masma-Chicche que deben ser evaluados.

5.4.6 Máximas Avenidas

El río Yacus no tiene estación hidrométrica que controle las descargas, por lo que se hace necesario evaluar las máximas avenidas por métodos de regionalización principalmente en base a estaciones hidrométricas que controlan afluentes del río Mantaro y que son operados por ElectroPerú.

El estudio de avenidas en este río es importante porque frecuentemente se observan desbordes del río Yacus, en las inmediaciones de la ciudad de Jauja y urge proyectar obras de defensa ribereña y protección.

Se plantean dos procedimientos de regionalización para obtener los caudales máximos de avenidas que se desarrollan a continuación:

a) Cálculo por regionalización de descargas en el río Mantaro

La cuenca del río Mantaro dispone de una red de estaciones hidrométricas entre los que se pueden mencionar los ríos Huari, Pachacayo, Cochas, Piñascocha, Cunas, Quillón, Moya, etc.

Estas estaciones de ríos afluentes se localizan en las inmediaciones de los ríos Yacus, Achamayo y Yauli, pudiendo ser caracterizados convenientemente en sus avenidas.

Un estudio de regionalización de avenidas del río Mantaro realizado por el INAF-PEPMI en 1980 para ser aplicado en la región central del país y publicado como Anexo del Estudio de Avenidas en el Embalse Iruro-1980 (Consultora OIST-INTECSA).

Los registros de caudales máximos medios mensuales y caudales máximos instantáneos de 15 estaciones hidrométricas correspondientes a 15 subcuencas localizadas mayormente en el río Mantaro, han sido sometidos a un análisis de frecuencia de máximas avenidas utilizando un modelo probabilístico de distribución de extremos tipo I- Gumbel; considerando que esta distribución es mas favorable para la regionalización de sus parámetros.

Los valores indicados fueron ajustados a la distribución Gumbel.

La función acumulada de la distribución Gumbel se expresa por:

$$F(x) = \exp \{ - \exp [-(x - x_0) / \alpha] \}$$

En donde α es el parámetro de escala y x_0 es el parámetro de localización o posición.

La variable reducida de Gumbel se define como:

$$W = -(x - x_0) / \alpha$$

Utilizando el método de momentos es posible estimar los parámetros de la distribución Gumbel transformándose ésta en:

$$Q = x_0 + (1 / \alpha) W$$

Los parámetros de la distribución se calculan por:

$$\alpha = 0.7806 \sigma \quad \text{y} \quad x_0 = \mu - 0.45 \sigma$$

En donde σ y μ son los estimados muestrales de la desviación standard y la media.

Se ha efectuado los ajustes a Gumbel, y los parámetros de posición y de escala se han correlacionado con el área de la cuenca y la altitud media hallándose la siguiente relación:

$$\text{LOG(PL)} = (25,22503 + 0,73892\text{LOG(ÁREA)} - 7,00243\text{LOG(ALT.MED.)})$$

Donde : Área (km²), Altitud media (m.)

Esto corresponde al modelo matemático de regresión múltiple potencial para el parámetro de localización PL (moda) para las descargas máximas instantáneas y que correlaciona el parámetro de localización con el área y altitud media de la cuenca para la región del Mantaro.

El coeficiente de correlación múltiple es de 0,9169 y el coeficiente de determinación es de 0,8406, que son significativos y que indican el buen grado de correlación de estos parámetros.

Así mismo para el parámetro de escala para las descargas máximas instantáneas, la ecuación que correlaciona el parámetro de escala con el área y altitud media de la cuenca para la región del Mantaro es de la siguiente forma:

$$\text{LOG(PS)} = (25,61632 + 0,74149\text{LOG(ÁREA)} - 7,26030\text{LOG(ALT.MED.)})$$

Donde : Área (km²), Altitud media (m.)

El coeficiente de correlación múltiple es de 0,8149 y el coeficiente de determinación es de 0,664 que son significativos y que indican el buen grado de correlación de estos parámetros.

Para la cuenca del río Yacus de tiene :

Área de la cuenca = 372,3 km² y la altitud media = 3943,4 msnm

El procedimiento de cálculo de las descargas máximas instantáneas para un T = 100 años, es de la siguiente forma, el parámetro de localización sale reemplazando los datos de área y altitud de la cuenca en la primera ecuación y se obtiene:

$$\text{LOG(PL)} = 25,22503 + 0,73892*\text{LOG}(372) - 7,00243*\text{LOG}(3943)$$

Operando el parámetro de localización es PL = 88,09

El parámetro de escala sale reemplazando los datos de área y altitud de la cuenca en la segunda ecuación y es

$$\text{LOG(PS)} = 25,61632 + 0,74149*\text{LOG}(372) - 7,26030*\text{LOG}(3943)$$

Operando el parámetro de escala es PS = 26,0358

Para determinar los valores de Q(x) para varios valores de períodos de retorno T, es conveniente utilizar la variable reducida w o yt Para T = 100 años la variable reducida es:

$$y_t = -\ln [\ln (T/T-1)] \text{ reemplazando } T=100 \quad y_t = 4,6$$

Y en la relación

$$Q(x_t) = x_0 + \alpha * y_t \quad \text{reemplazando valores}$$

$$Q(T=100) = 88,09 + 26.0358 * 4,6$$

$$Q(T=100) = 207.85 \text{ m}^3/\text{s}$$

Procediendo de igual manera en los cálculos para diferentes períodos de retorno, los resultados se muestran en el Cuadro N°5.31 (Anexo I – Cuadros).

Cuadro N°5.31
Caudales Máximos Instantáneos para diferentes
Periodos de Retorno T – Río Yacus (m³/s)

PERIODO DE RETORNO (Tr)	CAUDAL MÁXIMO MEDIO ANUAL (m ³ /s)
25 años	165.42
50 años	189.68
100 años	207.85
500 años	249.87

Fuente : Elaboración propia

Estos resultados son más consistentes al tomar los parámetros regionalizados de la propia cuenca del río Mantaro.

b) Cálculo por envolventes de Creager

La estimación de las descargas máximas para diferentes períodos de retorno, se ha realizado utilizando el procedimiento regional apoyado en las Curvas Envolventes de Creager que es un procedimiento más genérico.

Esta curva es de la forma:

$$Q = 46 \times C \times A^n$$

$$n = 0.894 \times A^{(-0.048)}$$

Donde:

Q = Descarga máxima en pies³/s.

A = Área de la cuenca en millas².

C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca.

Ante la ausencia de mediciones hidrométricas, profesionales de la Cooperación Energética Peruana-Alemana y de la ex-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ex-ONERN) con el objetivo de realizar el análisis regional de avenidas, adecuaron para el país las relaciones anteriores.

La fórmula de Creager puede expresarse en función del área de la cuenca y el período de retorno:

$$Q_{\max} = (C_1 + C_2) \log(T) A^{m A^{-n}}$$

Donde:

Q_{max} = caudal máximo en m³/s

T = período de retorno en años

Para la Región N°6, donde se ubica la cuenca del Yacus, se tienen los valores: $C1 = 0,11$ $C2 = 0,26$ $m = 1,24$ y $n = -0,04$.

Los resultados obtenidos definen la descarga máxima para las secciones de interés en la cuenca del Yacus es la siguiente:

CAUDALES MÁXIMOS RIO YACUS

Caudal para $T = 100$ años $Q = 235 \text{ m}^3/\text{s}$

La relación de caudales de avenidas, de acuerdo al cuadro anterior, está por el orden de los $0,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ valor aceptable para la región. El valor es ligeramente alto con respecto al procedimiento anterior pero se considera que el primer procedimiento es más exacto.

5.5 Descargas Medias Mensuales en la Subcuenca del Río Achamayo

5.5.1 Serie de Caudales Medios Mensuales Registrados

Las descargas del río Achamayo provienen principalmente de los aportes de los ríos Chía y Ranra que tiene el primero origen de filtraciones y manantes (río Chía) y los últimos, deshielos (río Ranra).

La Empresa Electrocentro tiene 2 estaciones hidrométricas en ambos ríos cuyos recursos hídricos son aprovechados para generación eléctrica en la central hidroeléctrica de Ingenio.

Los valores registrados de caudales se muestran en el Cuadro N° 5.32 (Anexo I – Cuadros), para el período 2001-2003, tanto para el río Ranra y río Chía y también se muestra la suma de ambas que al estar hidráulicamente integradas por un canal sirven para generar energía.

Los valores que se registran en este cuadro son ligeramente altos comparados con los rendimientos específicos de la zona.

Cuadro N° 5.32

Valores de Descargas Registradas en el Río Achamayo
en los afluentes principales de los ríos Chia y Ranra (m^3/s)

INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA RÍO CHIA 2001-2003 (m^3/s)													
Año/mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIO
2001	3.24	2.10	8.94	4.40	1.39	1.00	1.09	1.00	0.99	1.06	1.34	1.27	2.30
2002	1.01	3.36	3.22	1.53	1.43	1.14	1.02	0.97	1.01	1.03	1.49	1.42	1.60
2003	1.75	1.92	3.61	1.85	1.10	0.91	0.69	0.63	0.55	0.48	0.38	0.48	1.20
Media	2.00	2.70	6.10	3.00	1.40	1.10	1.10	1.00	1.00	1.00	1.40	1.30	1.90
INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA RÍO RANRA 2001-2003 (m^3/s)													
2001	12.74	11.67	10.51	3.33	2.93	1.10	0.87	0.42	0.36	0.73	1.91	4.85	4.30
2002	7.91	11.36	23.50	6.15	2.68	1.07	0.84	0.41	0.35	0.62	3.48	4.73	5.30
2003	14.05	17.17	23.66	10.40	2.26	1.08	1.24	1.28	0.93	0.60	0.91	4.95	6.50
Media	10.30	11.50	17.00	4.70	2.80	1.10	0.90	0.40	0.40	0.70	2.70	4.80	4.80
CAUDAL MENSUAL Y ANUAL MEDIO DE LA SUMA DE LOS APORTES DE LOS RÍOS CHIA Y RANRA (m^3/s)													
N°Valor.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Media	13.60	15.90	24.50	9.20	3.90	2.10	1.90	1.60	1.40	1.50	3.20	5.90	7.10
Máx	16.00	19.10	27.30	12.20	4.30	2.20	2.00	1.90	1.50	1.80	5.00	6.20	7.70
Mín.	8.90	13.80	19.50	7.70	3.40	2.00	1.90	1.40	1.40	1.10	1.30	5.40	6.60
Des. Tip.	4.00	2.80	4.40	2.60	0.50	0.10	0.10	0.30	0.10	0.40	1.80	0.40	0.60

Fuente: Electroandes

En el Cuadro N° 5.33 (Anexo I – Cuadros), se indican los caudales medios mensuales obtenidos a partir de registros de generación hidroeléctrica de la

Central Hidroeléctrica de Ingenio, esto para el período 1990-2005.

Como se ha indicado valores que se registran en ambos cuadros son altos y posiblemente deban de ser reajustados.

El aporte de estiaje de la microcuenca Chicche que es otro de los componentes del río Achamayo, no es significativo salvo para el período de avenidas.

Cuadro N° 5.33

CAUDALES GENERADOS EN EL RIO ACHAMAYO EN BASE A LA POTENCIA
GENERADA EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE INGENIO

Caudales Turbinados de la Minicentral Hidroelectrica Ingenio

Caudal turbinado y Anual (m3/seg)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1990	3.04	3.00	2.44	0.71	1.85	1.66	1.29	1.01	1.26	1.43	2.27	2.52	1.87
1991	2.59	2.54	1.94	2.24	2.11	2.14	1.58	1.36	1.57	1.38	1.79	1.81	1.92
1992	2.85	2.43	2.61	1.90	1.51	1.15	0.85	0.90	1.01	1.12	1.35	1.38	1.59
1993	2.45	2.44	3.02	2.46	2.43	2.29	1.74	1.41	1.54	1.59	2.75	2.63	2.23
1994	3.66	3.48	2.06	3.01	2.75	2.74	2.34	1.75	2.15	1.69	2.21	2.48	2.53
1995	3.56	3.29	3.24	2.45	2.70	2.03	0.00	0.00	0.10	1.43	1.61	2.08	1.87
1996	2.90	2.84	2.91	2.60	2.60	2.38	1.20	1.59	1.70	1.41	1.57	2.68	2.20
1997	2.98	2.93	2.83	2.57	2.29	1.48	1.47	1.15	1.26	1.01	0.00	0.00	1.66
1998	0.00	0.00	2.31	2.09	2.04	1.89	1.52	1.37	1.19	1.40	1.73	2.04	1.47
1999	2.32	2.40	2.41	2.44	2.50	2.15	1.89	1.63	1.45	1.59	1.48	2.21	2.04
2000	2.55	2.67	2.51	2.69	2.73	2.59	2.06	1.68	1.47	1.53	1.34	1.72	2.13
2001	2.95	2.45	2.61	2.47	2.64	2.41	1.96	1.54	0.00	1.56	2.20	2.59	2.12
2002	2.44	2.60	2.72	2.81	2.82	2.40	2.06	1.57	1.44	0.82	2.38	2.77	2.24
2003	2.80	2.81	2.75	2.81	2.73	2.43	2.13	1.84	1.53	1.47	1.50	2.31	2.26
2004	2.52	2.78	2.77	2.80	2.64	2.11	1.77	1.45	1.36	0.97	2.32	2.77	2.19
2005	2.79	2.70	2.77	2.73	2.65	2.07	1.63	1.36	1.20	1.55	1.47	0.00	1.91
N° VA	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
MED	2.65	2.58	2.67	2.42	2.44	2.12	1.59	1.35	1.27	1.37	1.75	2.01	2.02
MAX	3.66	3.48	3.24	3.01	2.82	2.74	2.34	1.84	2.15	1.69	2.75	2.83	2.59
MIN	0.00	0.00	1.94	0.71	1.51	1.15	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	1.46
DESV	0.00	0.75	0.31	0.54	0.38	0.42	0.57	0.44	0.54	0.25	0.64	0.89	0.29

Fuente : Electroandes

5.5.2 Simulación de Caudales Medios Mensuales – Cuenca Río Ingenio y Río Achamayo

Dado la carencia de registros sistemáticos de caudales medios mensuales en la cuenca, se ha hecho necesario un proceso de simulación de descargas a fin de caracterizar mejor el régimen de descargas del río.

Para la generación de caudales medios mensuales se ha empleado el modelo de generación de caudales desarrollado por el Ministerio de Agricultura y la Misión Técnica Alemana (1980-Ver publicación “Modelo Simple de Generación de Caudales” - Ministerio de Agricultura PEPMI).

Se muestra a continuación un resumen del procedimiento:

Precipitación en la cuenca

Primero se debe de conocer la precipitación total mensual en la cuenca del río Achamayo, y esta se obtuvo afectando los registros de la estación base de Jauja por un factor de 1,3 valor conservador que nos permite determinar la precipitación en la cuenca en estudio, el valor determinado es de 805 mm/año.

En el Cuadro N°5.34 (Anexo I – Cuadros), se muestra la precipitación total mensual determinada, para la cuenca del río Achamayo - sector Ingenio, en

cuya cuenca se realizó una primera simulación de caudales para calibración y ajuste del modelo, ya que se tienen referencias de caudales aforados en anterior oportunidad.

Determinación de los Componentes del Balance Hidrológico

Los componentes del Balance Hidrológico para el año promedio son:

$$C_{Mi} = PE_i + R_i = PE_i + (G_i - A_i)$$

Donde:

C_{Mi} = Escurrimiento mensual (mm.)

PE_i = Precipitación efectiva mensual (mm.)

G_i = Gasto de retención (mm.)

A_i = Abastecimiento de la retención (mm.)

R_i = Retención de la cuenca (mm.)

1.- Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía se ha calculado siguiendo la metodología elaborada por la ex-Oficina Nacional de Recursos Naturales(ONERN), desarrollado en el Inventario Nacional de Aguas Superficiales, de acuerdo a las zonas ecológicas identificadas, cuyo valor corresponde a 0,56 considerado un valor conservador para fines del estudio. Este valor de coeficientes de escorrentía también se ha determinado en base a registros de caudales de cuencas vecinas que tienen estaciones de aforo.

2.- Cálculo de la Precipitación Efectiva

La precipitación efectiva en la cuenca, se ha determinado con la siguiente ecuación polinómica:

$$PE = a_0 + a_1 * P + a_2 * P^2 + a_3 * P^3 + a_4 * P^4 + a_5 * P^5$$

Donde:

PE = Precipitación efectiva mensual (mm.)

P = Precipitación total mensual (mm.)

$a_0...a_5$ = Coeficientes del Polinomio

Los coeficientes del polinomio son determinados del Cuadro siguiente, en el que aparecen sus valores para tres curvas (I, II y III) que están en función del coeficiente de escorrentía comprendido en el rango de dichas curvas.

COEFICIENTE	CURVAS		
	I C=0.15	II C=0.30	III C=0.45
a0	-0.0180	-0.0210	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	$-1204 * 10^{-8}$	$4349 * 10^{-8}$	$5534 * 10^{-8}$
a4	$144 * 10^{-9}$	$-89 * 10^{-9}$	$124 * 10^{-9}$
a5	$-285 * 10^{-12}$	$-879 * 10^{-13}$	$-142 * 10^{-11}$

Los valores PE obtenidos con las curvas, se ajustan a condiciones de escorrentía de la cuenca mediante la siguiente relación:

$$PE = C1*PEII+C2*PEIII=Ce*P$$

Donde:

$$C1 = (Ce*P-PEIII)/(PEII-PEIII)$$

$$C2 = (Ce*P-PEII)/(PEII-PEIII)$$

C1 y C2 = Coeficiente ajuste: C1+C2=1

Ce = Coeficiente escorrentía de la cuenca

P = Precipitación total anual (mm.)

PEI-PEIII = Precipitación efectiva calculada para una de las curvas II y III

En el Cuadro N°5.35 (Anexo I – Cuadros), se presenta la precipitación efectiva que causa escorrentía en la cuenca para zona de la cuenca del río Achamayo.

3.- Cálculo del Gasto y Abastecimiento de la Retención

a. Retención de la Cuenca(R)

De acuerdo al reconocimiento de campo y caudales en estiaje que se encuentran en promedio entre 1000 l/s, se ha considerado para la cuenca del río Achamayo que corresponden a un valor de retención de 60-100... mm/año como mínimo.

b. Coeficiente de Agotamiento

El coeficiente de agotamiento se determinó con la siguiente expresión:

$$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.026 = 0.0123$$

Donde:

a = Coeficiente de agotamiento

AR = Área de la cuenca(Km²)

c. Gasto de la Retención (Gi)

Viene dada por la siguiente expresión:

$$Gi = Rbi / bi$$

$$bi = b0$$

$$b0 = e^{-a*t}$$

Donde:

b0 = Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior

t = Tiempo en días del mes

a = Coeficiente de agotamiento

Reemplazando los valores de a, t, b0 y R se obtienen los valores de Gi, que se presentan en el Cuadro N°5.36 (Anexo I – Cuadros), de balance hídrico para la cuenca en estudio.

d. Cálculo del Abastecimiento de la Retención (Ai)

El abastecimiento a la retención se produce en la época de lluvias en decir entre noviembre hasta abril, de acuerdo a los porcentajes



variables mensuales.

El abastecimiento a la retención se determinó con la siguiente expresión:

$$A = a_i * R$$

Donde:

A_i = Abastecimiento mensual a la retención (mm.)

a_i = Coeficiente de abastecimiento(%)

R = Retención de la cuenca (mm/año)

Los valores de A_i se muestran en el Cuadro N°5.36 (Anexo I – Cuadros), para la cuenca en mención.

4.- Cálculo de la Escorrentía promedio mensual

La escorrentía para el año promedio se determinó con la ecuación del Balance Hidrológico:

$$C_{Mi} = P_{Ei} + G_i - A_i$$

Sus componentes han sido determinados anteriormente y los resultados se presentan en el Cuadro N° 5.36 (Anexo I – Cuadros), para la cuenca del río Achamayo-Ingenio.

Generación de Caudales Medios Mensuales

La ecuación utilizada para generar los caudales medios mensuales en la cuenca del río Achamayo, es de la siguiente forma:

$$Q_t = B_1 + B_2 * Q_{t-1} + B_3 * P_{E_t} + S * (1 - R^2)^{0.5} * Z_t$$

Donde:

Q_t = Caudal del mes actual

Q_{t-1} = Caudal del mes anterior

P_{E_t} = Precipitación efectiva del mes t

B_1, B_2, B_3 = Parámetros del modelo

S = Desviación standard

R = Coeficiente de correlación

Z_t = Variable aleatoria distribuida normalmente

Los parámetros se calculan mediante regresión lineal múltiple considerando como variable dependiente a Q_t y como variables independientes a Q_{t-1} y P_{E_t} , tal como se muestran en el Cuadro N° 5.36 (Anexo I – Cuadros), de balance hídrico para la cuenca parcial del río Ingenio.

Reemplazando valores de regresión del Cuadro N° 5.36 de balance hídrico, la ecuación queda de la siguiente forma:

$$Q_t = 2.080 + 0.262 * Q_{t-1} + 0.427 * P_{E_t} + 9.381 * (1 - 0.915^2)^{0.5} * Z_t$$

Resultados subcuenca río Ingenio

Se selecciona una primera evaluación de la disponibilidad en el río Ingenio,



considerando que este río es el principal afluente del río Achamayo, y de aquí se ubica las principales captaciones para la mayor parte de la zona agrícola de la cuenca.

También el río Ingenio tiene estaciones hidrométricas de control que sirven de base de contrastación con valores generados por el modelo.

En el Cuadro N° 5.37 (Anexo I – Cuadros), se presenta las descargas medias mensuales obtenidas con el modelo de generación para un periodo de 20 años comprendido entre 1989-2009, cuyo promedio multianual es de 2,859 m³/s, variando entre 6,610 m³/s que se presenta en marzo y 0,756 m³/s que es el caudal de estiaje en agosto, y que de acuerdo al reconocimiento de campo en estiaje se refleja el comportamiento hidrológico.

CUADRO N° 5.34

PRECIPITACION SOBRE LA ALTITUD MEDIA

PRECIPITACIONES PLUVIOMETRICAS MENSUALES (MM)

ESTACIÓN ALTO INGENIO-ACHAMAYO

Latitud: 11°52' 51 W

ALTITUD 3200 msnm

Longitud: 75°17' 16 S

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1989	27.7	28.3	28.2	8.7	6.7	1.0	1.3	1.4	4.8	21.7	3.1	5.0	138.0
1990	6.4	8.9	6.7	4.4	2.8	21.8	2.8	18.4	9.7	21.6	23.4	11.6	138.5
1991	31.9	62.1	3.9	101.1	23.6	3.7	3.7	5.7	16.5	89.2	223.2	111.0	675.7
1992	120.1	84.1	70.4	47.1	19.6	8.8	6.2	7.4	16.6	52.6	87.7	69.7	590.3
1993	76.9	85.3	53.0	116.1	10.8	9.0	7.3	7.5	33.6	78.8	37.6	38.0	553.9
1994	90.3	98.8	39.6	49.5	25.4	8.7	6.8	23.8	38.2	102.7	72.6	196.2	752.6
1995	243.0	170.5	94.4	73.5	34.3	17.8	7.8	11.8	52.4	92.8	139.2	281.3	1218.8
1996	246.8	157.5	137.7	69.0	21.5	25.7	8.9	23.2	38.0	9.2	119.3	171.8	1028.6
1997	165.7	217.0	124.0	162.4	45.7	23.7	21.3	11.4	90.9	78.9	119.1	148.4	1208.4
1998	154.4	214.9	151.7	49.1	25.2	11.1	21.7	21.4	42.1	83.3	79.0	156.6	1010.6
1999	202.9	156.1	270.3	58.9	30.3	12.2	21.1	12.4	31.9	75.3	100.2	117.3	1088.9
2000	48.8	102.3	99.4	57.2	14.8	14.6	25.7	13.6	45.3	132.8	120.2	149.1	823.7
2001	165.1	106.7	226.3	108.9	25.4	14.6	14.7	34.2	35.0	25.8	87.3	172.5	1016.5
2002	136.8	203.6	193.4	45.6	20.3	23.5	30.4	16.0	48.8	97.1	117.7	189.8	1122.9
2003	116.5	108.1	144.6	44.8	23.8	17.0	17.1	36.2	32.4	121.3	93.2	164.8	919.7
2004	181.4	120.7	172.3	65.6	18.1	20.9	20.1	20.0	44.0	87.1	146.4	128.0	1024.5
2005	124.7	129.9	183.9	78.5	34.8	19.3	28.6	19.5	41.6	84.2	89.6	141.6	976.3
2006	163.5	124.7	98.8	51.8	28.7	34.8	30.4	24.1	67.9	120.5	65.5	138.4	949.0
2007	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
2008	127.1	118.4	113.2	63.4	26.7	19.1	14.3	18.0	38.2	77.5	93.0	129.2	838.0
AÑOS	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
MEDIA	122.6	116.0	111.7	63.9	23.0	16.5	15.6	17.4	37.5	73.7	92.0	127.1	804.9
D. Est.	69.2	58.2	72.8	36.1	9.6	7.9	9.3	8.7	19.1	35.6	48.6	67.4	346.2
P75%	69.8	85.0	49.6	46.7	19.2	10.5	7.2	11.7	29.4	45.9	70.8	100.7	654.4
P50%	125.9	113.2	106.3	58.0	23.7	17.4	15.9	18.2	38.1	81.1	91.3	140.0	934.4
P25%	165.3	156.4	156.9	74.8	27.2	21.8	21.8	22.3	44.4	93.9	119.2	166.6	1025.5

CUADRO N° 5.35

PRECIPITACION EFECTIVA DE ESCORRENTIA EN MILIMETROS

RIO ACHAMAYO-INGENIO



AÑO	ENE.*	FEB.*	MAR.*	ABR.*	MAY.*	JUN.*	JUL.*	AGO*	SET.*	OCT.*	NOV.*	DIC.*
1989	51.7	76.2	115.8	14.8	1.8	5.3	2.3	3.7	8.9	14.0	61.4	16.2
1990	102.4	12.4	48.5	0.0	2.2	12.0	0.0	0.0	0.0	18.2	56.0	70.5

CUADRO N° 5.36

BALANCE HIDROLOGICO PARA EL AÑO PROMEDIO -CUENCA RIO INGENIO

MES	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES	
	MENSUAL	E F E C T I V A			G A S T O		RETENCION		GENERADOS	
	P	PE IV	PE V	PE	BI	GI	ABA	AI	Q	QQ
	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	1	mm/mes	1	mm/mes	mm/mes	lts/seg
ENE	132.5	86.8	95.7	87.5	0.000	0.0	0.30	33.0	54.5	4679.4
FEB	129.9	84.2	93.1	84.9	0.000	0.0	0.30	33.0	51.9	4933.0
MAR	143.0	97.3	106.2	98.1	0.000	0.0	0.05	5.5	92.6	7949.6
ABR	56.8	17.8	24.0	18.3	0.757	39.8	0.00	0.0	58.1	5157.4
MAY	13.8	6.4	7.5	6.5	0.572	30.1	0.00	0.0	36.6	3143.7
JUN	10.1	5.2	6.0	5.3	0.433	22.8	0.00	0.0	28.1	2494.3
JUL	4.6	2.8	3.1	2.8	0.328	17.2	0.00	0.0	20.1	1722.4
AGO	6.0	3.5	4.0	3.6	0.000	0.0	0.00	0.0	3.6	305.2
SEP	31.7	9.5	12.5	9.8	0.000	0.0	0.00	0.0	9.8	865.3
OCT	77.8	32.8	41.0	33.4	0.000	0.0	0.10	11.0	22.4	1927.6
NOV	84.2	38.5	47.4	39.3	0.000	0.0	0.00	0.0	39.3	3483.9
DIC	114.3	68.6	77.5	69.4	0.000	0.0	0.25	27.5	41.9	3594.4
AÑO	804.8	453.4	518.1	458.1	2.1	110.0	1.0	110.0	458.7	3354.7

COEFICIENTES DE REGRESION

B1= 2.080

B2= 0.262

B3= 0.427

DESVIACION ESTÁNDAR

ST= 9.381

COEFICIENTE DE CORRELACION

RI = 0.915

CUADRO N° 5.37

DESCARGAS MENSUALES GENERADAS

DESCARGA RIO INGENIO

M3. / SEG

AREA = 230,0 KM2



Resultados cuenca río Achamayo

Los parámetros se calculan mediante regresión lineal múltiple considerando como variable dependiente a Q_t y como variables independientes a Q_{t-1} y PE_t , tal como se muestran en el Cuadro N° 5.38 (Anexo I – Cuadros), de balance hídrico para la cuenca parcial del río Ingenio.

En el Cuadro N° 5.39 (Anexo I – Cuadros), se presenta las descargas medias mensuales para el río Achamayo obtenidas con el modelo de generación para un periodo de 20 años comprendido entre 1989-2009, cuyo promedio multianual es de $4,765 \text{ m}^3/\text{s}$, variando entre $13,1 \text{ m}^3/\text{s}$ que se presenta en marzo y $1,53 \text{ m}^3/\text{s}$ que es el caudal de estiaje en agosto, y que de acuerdo al reconocimiento de campo en estiaje se refleja el comportamiento hidrológico, en las Láminas N°19 al 22 se presentan los puntos de aforo en la cuenca del río Achamayo, las microcuencas Chía, Ranra, Chicche y el bloque de riego respectivamente.

CUADRO N° 5.38



BALANCE HIDROLOGICO PARA EL AÑO PROMEDIO
CUENCA RIO ACHAMAYO

MES	PRECIPITACION MENSUAL				CONTRIBUCION DE LA RETENCION				CAUDALES GENERADOS	
	MENSUAL P	E F E C T I V A			G A S T O		RETENCION		Q	QQ
		P II	P III	P	BI	GI	ABA	AI		
	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	1	mm/mes	1	mm/mes	mm/mes	lts/seg
ENE	124.2	41.0	64.5	57.4	0.000	0.0	0.30	16.5	40.9	4596.4
FEB	115.0	34.1	54.7	48.5	0.000	0.0	0.30	16.5	32.0	6580.4
MAR	109.7	30.4	49.3	43.6	0.000	0.0	0.05	2.8	40.8	7588.8
ABR	60.2	8.1	14.3	12.4	0.733	16.0	0.00	0.0	28.4	5456.7
MAY	17.6	1.9	3.9	3.3	0.537	11.7	0.00	0.0	15.0	2790.0
JUN	10.4	1.2	2.5	2.1	0.394	8.6	0.00	0.0	10.7	2051.0
JUL	4.8	0.6	1.2	1.0	0.289	6.3	0.00	0.0	7.3	1362.1
AGO	9.8	1.1	2.3	2.0	0.212	4.6	0.00	0.0	6.6	1226.2
SEP	9.9	1.1	2.4	2.0	0.150	3.4	0.00	0.0	5.4	1033.0
OCT	35.5	3.5	6.8	5.8	0.114	2.5	0.05	2.8	5.5	1024.6
NOV	89.9	18.9	31.5	27.7	0.083	1.8	0.05	2.8	26.8	5140.9
DIC	123.4	40.4	63.7	56.6	0.000	0.0	0.25	13.8	42.8	7965.3
AÑO	710.4	182.3	297.1	262.4	2.5	54.9	1.0	55.2	262.2	4151.3

COEFICIENTES DE REGRESION

B1=

5.372

B2=

0.262

B3=

0.492

DESVIACION ESTÁNDAR

ST=

4.337

COEFICIENTE DE CORRELACION

RI =

0.954

CUADRO N° 5.39

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES GENERADAS -RIO ACHAMAYO -PERIODO 1989-2008

AREA = 498.0 KM2

CAUDAL EN M3/SEG

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1989	5.038	2.999	2.520	1.967	2.083	1.824	1.374	1.266	1.925	1.458	5.295	2.934	2.557
1990	5.519	7.713	6.166	6.075	6.004	5.372	2.728	2.669	1.906	2.532	2.810	3.836	4.444
1991	1.772	1.766	2.079	1.605	1.272	1.061	0.823	1.080	13.270	1.515	1.699	1.131	1.427
1992	1.359	1.182	1.586	1.066	1.656	1.675	1.576	2.224	1.677	1.542	1.846	1.468	1.571
1993	1.840	3.424	1.725	5.496	2.765	2.097	1.284	1.570	1.363	1.812	17.728	10.406	4.291
1994	8.965	6.337	4.186	2.637	1.569	1.427	1.360	1.486	1.319	1.854	4.019	3.760	3.243
1995	4.030	5.420	3.245	6.786	2.633	2.031	1.608	1.565	1.254	1.667	1.771	1.823	2.804
1996	4.254	6.057	3.165	2.607	1.339	1.245	1.565	1.635	1.718	2.625	3.043	14.438	3.641
1997	21.990	19.095	8.062	4.216	1.982	1.095	1.154	1.559	1.589	2.090	8.592	23.769	7.933
1998	23.976	17.019	11.291	5.107	2.679	2.210	1.864	1.904	1.424	1.531	6.158	12.027	7.266
1999	13.273	21.097	11.346	13.324	4.913	2.483	1.849	1.318	1.989	1.458	5.869	9.911	7.402
2000	14.332	20.541	13.234	5.188	2.046	1.615	1.827	1.910	1.917	2.189	3.406	9.765	6.497
2001	15.865	14.747	23.962	8.143	3.264	1.886	1.509	1.210	1.616	1.981	4.219	6.514	7.076
2002	2.899	5.001	4.783	2.823	1.715	1.660	1.577	1.625	1.482	2.708	6.299	9.563	3.511
2003	11.530	7.678	17.610	9.417	3.364	2.284	1.768	1.789	1.691	1.286	2.948	11.187	6.046
2004	9.903	17.296	16.570	6.301	2.461	1.799	2.267	1.576	1.803	2.679	5.171	12.974	6.733
2005	8.188	6.860	8.959	3.452	2.107	2.097	1.918	1.955	2.006	2.290	3.871	10.278	4.526
2006	13.684	9.425	12.478	5.443	1.898	1.651	1.514	0.911	1.561	1.989	8.124	7.676	5.530
2007	7.025	8.466	12.907	5.404	2.530	2.254	1.341	1.295	1.670	2.057	3.634	7.408	4.666
2008	11.378	8.750	5.313	3.320	1.898	2.003	1.508	1.259	1.659	2.600	2.745	7.062	4.124
MEDIA	9.341	9.536	8.559	5.034	2.51	1.99	1.621	1.590	1.645	1.993	4.962	8.397	4.765
D. EST	6.317	6.232	6.066	2.851	1.14	0.87	0.396	0.400	0.227	0.450	3.500	5.248	1.920

5.5.3 Persistencia de Caudales

Como resultado de la modelación y generación de caudales, se determino los



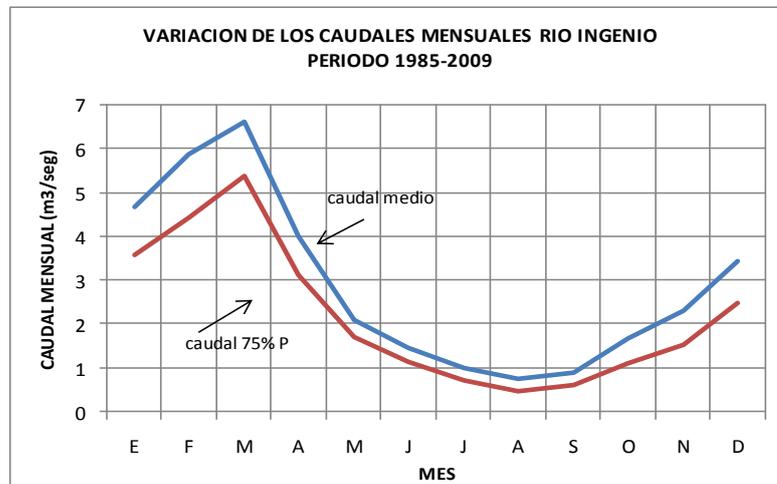
caudales al 75% de persistencia y el 90% para el año seco; en el Cuadro N°5.40 (Anexo I – Cuadros), se muestra el caudal promedio, al 75% y 90% de persistencia, mientras que el Gráfico N°5.7 la variación mensual de caudales de los registros generados.

El caudal medio multianual al 75% de persistencia es de 2,450 m³/s y para el año seco es de 2,082 m³/s.

40

VARIACION DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES Y PERSISTENCIA EN EL RIO INGENIO - ACHAMAYO
PERIODO 1985-2009

MES	CAUDAL MEDIO (m3/seg)	D. EST.	CAUDAL 75% P (m3/seg)	CAUDAL 90% P (m3/seg)
ENE	4.685	1.617	3.594	2.612
FEB	5.852	2.111	4.427	3.146
MAR	6.610	1.801	5.394	4.301
ABR	3.994	1.297	3.119	2.331
MAY	2.097	0.586	1.701	1.346
JUN	1.467	0.490	1.136	0.839
JUL	1.001	0.419	0.718	0.464
AGO	0.756	0.431	0.465	0.203
SET	0.902	0.437	0.607	0.342
OCT	1.679	0.857	1.101	0.580
NOV	2.291	1.103	1.546	0.877
DIC	3.420	1.389	2.482	1.639
ANUAL	2.859	0.606	2.450	2.082



, que se ha efectuado una simulación de caudales con fines de caracterizar el potencial hídrico(Cuadro N°5.39 y 5.40).

Como resultado de la modelación y generación de caudales, se determino los caudales al 75% de persistencia y el 90% para el año seco; en el Cuadro N°5.41 (Anexo I – Cuadros), se muestra el caudal promedio, al 75% y 90% de persistencia, mientras que en el Gráfico N°5.8 la variación mensual de caudales de los registros generados.

El caudal medio multianual al 75% de persistencia es de 3,469 m³/s y para el

año seco es de 2,304 m³/s.

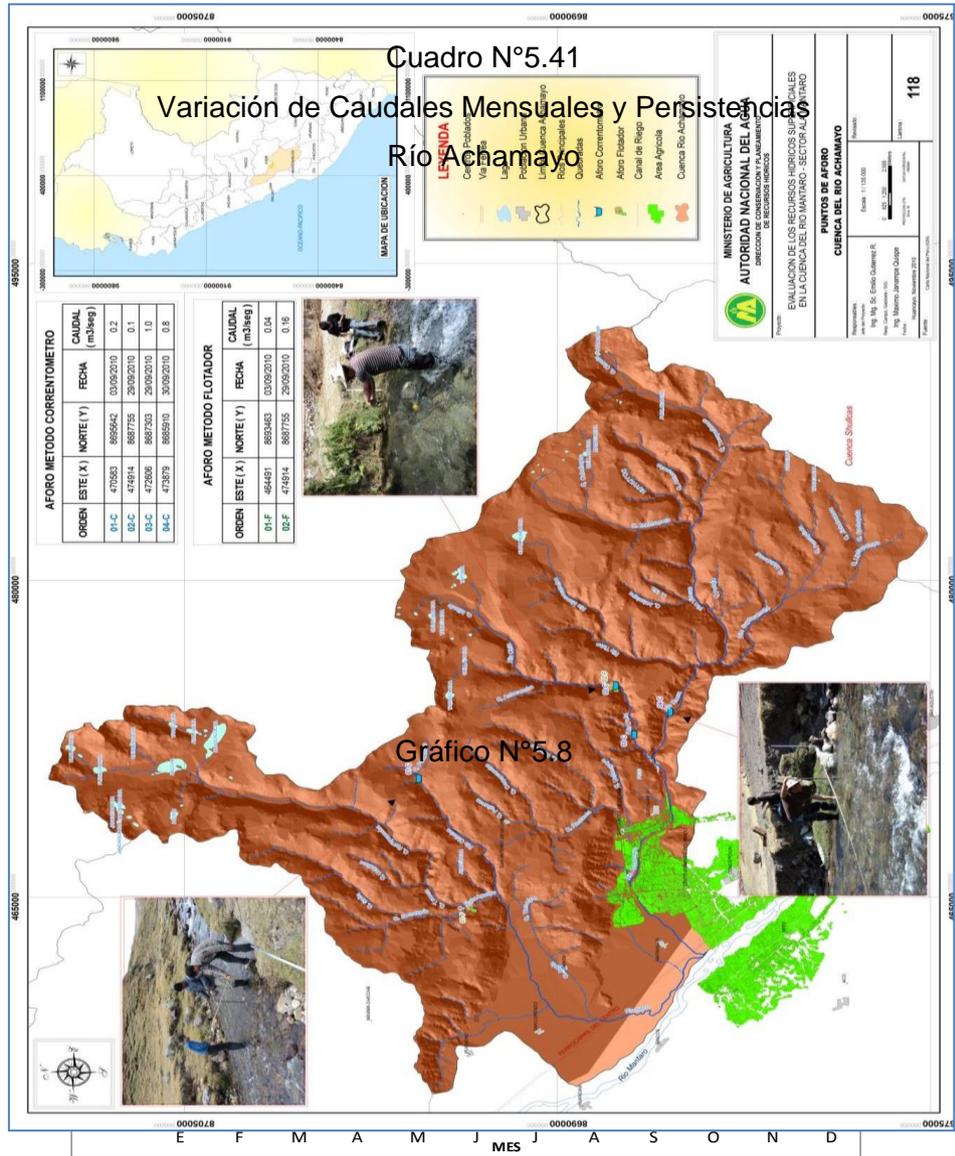


Lámina N° 118 – AFOROS EJECUTADOS EN EL RIO ACHAMAYO

5.5.4 Demanda Hídrica

Demandas Agrícolas

Las demandas agrícolas se plantean sobre el área de riego actual, cuyo resúmen de demandas se presenta en el Cuadro N° 5.42 (Anexo I – Cuadros), y en el Cuadro N° 5.43 (Anexo I – Cuadros), se detalla la variación de áreas sembradas (área total bajo riego 1223 ha).

Cuadro N° 5.42
Demandas Agrícolas – Cuenca Achamayo (m³/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Módulo de riego	0.24	0.09	0.13	0.46	0.78	1.01	1.03	0.88	0.63	0.54	0.50	0.44
Sector Cuenca Yacus	0.29	0.11	0.15	0.49	0.81	1.05	1.08	0.98	0.77	0.66	0.61	0.53
Sector Cuenca Achamayo	0.21	0.08	0.09	0.26	0.44	0.57	0.64	0.71	0.61	0.52	0.48	0.42

Fuente : Profodua

Demandas poblacionales

Estas demandas están constituidas principalmente por el uso poblacional de la ciudad de Concepción y anexos y se estima en 100 l/s. Las demandas totales se indican en el Cuadro N° 5.43(Anexo I – Cuadros).

CUADRO N° 5.43
DEMANDAS TOTALES EN LA CUENCA DEL RÍO ACHAMAYO (m³/s)

CUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Uso Agrícola	0.210	0.080	0.090	0.260	0.440	0.570	0.640	0.710	0.610	0.520	0.480	0.420
Uso Poblacional	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Demanda Total	0.310	0.180	0.190	0.360	0.540	0.670	0.740	0.810	0.710	0.620	0.580	0.520

Fuente: Elaboración propia



5.5.5 Balance Hídrico

En el Cuadro N° 5.44 (Anexo I – Cuadros), se muestra el balance hídrico con las demandas actuales.

CUADRO N° 5.44

BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO ACHAMAYO-INGENIO (m3/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
OFERTA 75% Q	3.595	4.427	5.394	3.118	1.701	1.136	0.717	0.465	0.607	1.100	1.546	2.482
DEMANDA TOTAL	0.310	0.180	0.190	0.360	0.540	0.670	0.740	0.810	0.710	0.620	0.580	0.520
BALANCE	3.285	4.247	5.204	2.758	1.161	0.466	-0.023	-0.345	-0.103	0.480	0.966	1.962

Fuente: Elaboración propia

Se presentan déficit desde los meses de Junio a Setiembre, esto limita principalmente la actividad agrícola. Existe sin embargo un alto potencial hídrico de regulación tal como se observa en el Cuadro N° 5.44 en donde hay excedentes importantes en el período lluvioso diciembre-abril.

Existen lagunas con potencial de regulación en la microcuenca Chia y Ranra que deben ser evaluados.

5.5.6 Máximas Avenidas

El río Achamayo no tiene estación hidrométrica que controle las descargas máximas, por lo que se hace necesario evaluar las máximas avenidas por métodos de regionalización principalmente en base a estaciones hidrométricas que controlan afluentes del río Mantaro y que son operados por ElectroPerú.

Se plantean el procedimiento de regionalización que se desarrollan a continuación.

Cálculo por envolventes de Creager

La estimación de las descargas máximas para diferentes períodos de retorno, se ha realizado utilizando el procedimiento regional apoyado en las Curvas Envolventes de Creager.

Esta curva es de la forma:

$$Q = 46 \times C \times A^n$$

$$n = 0.894 \times A^{(-0.048)}$$

Donde:

Q = Descarga máxima en pies³/s.

A = Área de la cuenca en millas².

C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca.

Ante la ausencia de mediciones hidrométricas, profesionales de la Cooperación Energética Peruana-Alemana y de la ex-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ex-ONERN) con el objetivo de realizar el análisis regional

de avenidas, adecuaron para el país las relaciones anteriores.

La fórmula de Creager puede expresarse en función del área de la cuenca y el período de retorno:

$$Q_{\max} = (C_1 + C_2) \log(T) A^{m A^{-n}}$$

Donde:

Q_{max} = caudal máximo en m³/s

T = período de retorno en años

Para la Región N° 6, donde se ubica la cuenca del Achamayo, se tienen los valores: C1 = 0,11 C2 = 0,26 m = 1,24 y n = - 0,04.

Los resultados obtenidos definen la descarga máxima para la sección de interés en la cuenca del Achamayo es la siguiente:

CAUDAL MÁXIMO RÍO ACHAMAYO

Caudal para T= 100 años Q= 243 m³/s

La relación de caudales de avenidas, está por el orden de los 0.5 m³/s/km² valor aceptable para la región.

VI.

Conclusiones

Se analizaron las isoclinas de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento

- Las cuencas prioritizadas presentan fuertes déficit estacionales de agua, especialmente en el período julio-octubre cuyas disponibilidades no cubren requerimientos de uso poblacional y agrícola. Existe sin embargo un alto



potencial de regulación que debe ser analizada en cada cuenca, estos estudios de regulación deben de considerar también otras medidas de captación y cosecha de aguas y microembalses de detención.

- Dado que los efectos del cambio climático ya son severas en la zona, se debe planificar y priorizar las acciones de regulación y medidas de conservación de recursos de agua, se debe de considerar que estos proyectos son de mediana y larga maduración.

- ,,L

- ,

Sentre ellas ,,ron de río Mantaro y ámbito de estudio , elaborándose las isoyetas correspondientes.,de registro -,.. y sobre esta a los esegún

- ,, , que es una fuerte pendiente

I. ,,uebrason laguna ,-.del río Shullcas, elaborándose ón corresponde a que,,,,,Hm³Hm.

BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO SHULLCAS (m3/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
OFERTA 75% Q	3.562	5.036	4.514	2.897	1.508	1.215	1.102	1.045	1.059	1.162	1.311	2.161
DEMANDA TOTAL	1.014	0.874	0.894	1.114	1.254	1.354	1.374	1.294	1.224	1.264	1.254	1.204
BALANCE	2.548	4.162	3.620	1.783	0.254	-0.139	-0.272	-0.249	-0.165	-0.102	0.057	0.957

,, Fuente: Elaboración propia . ,.

- ,,,

II. ,,es ,,del río Yacus, elaborándose ,, ,,, ,.a continuación:

DEMANDA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO SHULLCAS (m3/s) (Área total bajo riego 1223,6 ha)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Uso Agrícola	0.290	0.110	0.150	0.490	0.810	1.050	1.080	0.980	0.770	0.660	0.610	0.530

- d, e siguiente:

BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO YACUS (m3/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
OFERTA 75% Q	4.728	5.457	5.499	2.259	0.921	0.597	0.468	0.457	0.530	0.829	1.535	3.126
DEMANDA TOTAL	0.390	0.210	0.250	0.590	0.910	1.150	1.180	1.080	0.870	0.760	0.710	0.630
BALANCE	4.338	5.247	5.249	1.669	0.011	-0.553	-0.712	-0.623	-0.340	0.069	0.825	2.496

Fuente: Elaboración propia

Existe producto de los para la cuenca del río Yacus., eeHm³., **uencua del río Achamayo**

- La cuenca del río Achamayo presenta un área de drenaje total de 498,9 km², hasta su desembocadura con el río Mantaro.
- Tiene una altitud media de 4137 msnm, la longitud de cauce principal es de 40 km, y una pendiente media del cauce de 3,32 %; siendo el coeficiente de compacidad de 1,79 y el factor de forma 0,7. AchamayoIngenio, Seco, El río Seco fluye al río Achamayo en la parte terminal de la cuenca en las inmediaciones de la desembocadura al río Mantaro. 22,1551,28 Ingenio con registros sistemáticos por el método del balance hídrico. Achamayo-sector Ingenio, que es la principal



fuentes hídricas, 3,8596,61,756 la descarga media anual de 3,859 m³/s que corresponde a un volumen de 0.3859 km³.

- de 970 ha, que corresponden a las principales áreas de la cuenca y es el siguiente:

DEMANDA DE AGUA - SECTOR YACUS Y ACHAMAYO (m³/s)

CUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Módulo de riego(l/s/ha)	0.237	0.092	0.134	0.469	0.775	1.005	1.032	0.879	0.635	0.544	0.497	0.437
Sector Cuenca Yacus	0.290	0.110	0.150	0.490	0.810	1.050	1.080	0.980	0.770	0.660	0.610	0.530
- población y las demandas totales son como sigue	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Demandas totales	0.390	0.210	0.250	0.590	0.910	1.150	1.180	1.080	0.870	0.760	0.710	0.630

DEMANDAS TOTALES EN LA CUENCA DEL RÍO ACHAMAYO (m³/s)

CUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Uso Agrícola	0.210	0.080	0.090	0.260	0.440	0.570	0.640	0.710	0.610	0.520	0.480	0.420
Poblacional	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Demanda Total	0.310	0.180	0.190	0.360	0.540	0.670	0.740	0.810	0.710	0.620	0.580	0.520

- El balance hídrico que se presenta a continuación muestra déficit crítico especialmente de julio a setiembre, existiendo excedentes importantes en el período diciembre – abril. Debe evaluarse las microcuencas Chía y Ranra para fines de regulación al tener altos rendimientos hídricos en estos sectores

BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO ACHAMAYO-INGENIO (m³/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
OFERTA 75% Q	3.595	4.427	5.394	3.118	1.701	1.136	0.717	0.465	0.607	1.100	1.546	2.482
DEMANDA TOTAL	0.310	0.180	0.190	0.360	0.540	0.670	0.740	0.810	0.710	0.620	0.580	0.520
BALANCE	3.285	4.247	5.204	2.758	1.161	0.466	-0.023	-0.345	-0.103	0.480	0.966	1.962

Fuente: Elaboración propia

y 43bajas de la cuenca, deberían tenerse en cuenta.

6.2 Recomendaciones

- e implementar Chamisería Shullcas, Chía, Ranra en la cuenca del Achamayo. Se debe de instalar además una estación hidrométrica en Molinos y Masma (cuenca Yacus).
- en la parte alta y media de las cuencas de los ríos Yacus y Achamayo.
- , además de ir definiendo las áreas agrícolas y el plan real de cultivos y riego que se está siguiendo en los valles, reajustando las demandas.
- principalmente en las cuencas Yacus y Achamayo el conocimiento principalmente de las descargas de avenidas para fines de regulación.
- Estos efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos son mas severos en la cuenca media del río Mantaro. evaluadas, pues se ha observado que generalmente los cauces están secos en estiaje.
- Efectuar estudios de afianzamiento hídrico en las cuencas de los ríos Yacus, Achamayo y Shullcas en donde no solamente se consideren regulaciones sino medidas de tratamiento integral de cuencas y de sistemas de cosechas de agua. Iniciar diagnósticos y evaluación actual de la contaminación de aguas superficiales y aire atmosférico en la cuenca del río Yauli.