



PERÚ

**Ministerio
de Agricultura y
Riego**

**Autoridad
Nacional del Agua**

**Autoridad Administrativa del
Agua Jequetepeque-Zarumilla**

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos

ESTUDIO

EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RIO JEQUETEPEQUE



AGUAS SUPERFICIALES

San Pedro de Lloc, Diciembre 2015



Ministerio de Agricultura y Riego
Autoridad Nacional del Agua
Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla

PERSONAL DIRECTIVO

Ing. Abelardo De La Torre Villanueva ***Jefe de la Autoridad Nacional del Agua***
Ing. Paola Chinen Guima ***Directora de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos***
Ing. Gastón Pantoja Tapia ***Responsable del Área de Evaluación de Recursos Hídricos***
Ing. Marco David Castillo Minbela ***Director de la Autoridad Administrativa del Agua JZ***

PERSONAL EJECUTOR

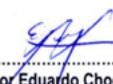
Ing. Melchor Eduardo Choquepuma Llave ***Responsable de Hidrología - DCPRH***
Ing. Elmer Francisco Tancayllo Ccalla ***Responsable de Inventario de Fuentes de Agua Superficial***
Ing. Edson Elar Caso Osorio ***Sistema de Información Geográfica***
Ing. Cali Raúl Tarqui Chambi ***Asistente Técnico***
Bach. Brayan Torres Zagastizabal ***Asistente de Hidrología***

PERSONAL SUPERVISOR

Ing. Cesar Ancco Carita ***Profesional DCPRH***
Ing. Cesar Augusto López Córdova ***Subdirector SDCPRH – AAA JZ***
Ing. Víctor Valentín Pineda Sampen ***Administrador de la ALA-JEQUETEPEQUE***



AAA Jequetepeque-Zarumilla
Cajamarca – Perú


Ing. Melchor Eduardo Choquepuma Llave
CIP N° 079245

RESUMEN EJECUTIVO

Los cambios en la disponibilidad hídrica en la cuenca Jequetepeque debido a procesos naturales o actividades antropogénicas, dificulta el planeamiento de las diversas instituciones y organismos que dependen del recursos hídrico. Cambios del régimen de lluvias y eventos de sequías, genera incertidumbre y disminución en la producción agrícola, pecuaria, energía y otros tipos de industrias que benefician la economía de la región. Para el aprovechamiento de las aguas del río Jequetepeque, se construyó la represa Gallito Ciego (en la década de los 80), la utilización de toda esta importante infraestructura hidráulica, permite el desarrollo de una intensa actividad agrícola en el valle de Jequetepeque. Por otro lado, en gran parte de las cabeceras de cuencas, en donde se concentran las fuentes de agua, ríos y manantiales principalmente, las actividades productivas se encuentran en aumento lo que significa que el estado debe realizar estudios detallados con relación al uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.

A pesar de la existencia de estudios elaborados por diversas instituciones en la cuenca, es necesario una evaluación detallada en cuanto al comportamiento de las aguas superficiales y subterráneas, lo cual permitirá una adecuada planificación y gestión de los recursos hídricos. Bajo este contexto la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos en el marco de la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, programa la ejecución de la “Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca rio Jequetepeque” (en adelante el Estudio).

La cuenca del río Jequetepeque, se encuentra ubicada en la Unidad Hidrográfica Cuenca Jequetepeque, en la vertiente del Pacífico, políticamente comprende a cuatro provincias del Departamento de Cajamarca y la provincia de Pacasmayo en La Libertad, el área de drenaje total es de 3,956 km² y sus principales afluentes son los ríos: Chilete, San Miguel, Magdalena, Chanta, Huertas, Contumaza, Llamínchan, en la parte baja destaca el río Pallac. Los recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca son gestionados por la ALA Jequetepeque, bajo la dirección de la Autoridad Administrativa del Agua - AAA Jequetepeque-Zarumilla.

El objetivo del Estudio es conocer el estado situacional de los recursos hídricos superficiales de la cuenca, con énfasis en la parte alta, evaluando y cuantificando el inventario de fuentes de agua superficial, climatología, pluviometría, hidrometría, calidad de agua, oferta hídrica, demanda hídrica, balance hídrico en el escenario actual y futuro, eventos hidrológicos extremos y transporte de sedimentos; cuyos resultados permitirá disponer de información básica para la toma de decisiones de autoridades de los distintos niveles de gestión. Los aspectos de aguas subterráneas se desarrollaran en el “Estudio Complementario de Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del rio Jequetepeque”.

El Capítulo I, **Introducción** comprende; antecedentes, justificación, objetivos, metodología de trabajo, recopilación de información existente en la AAA Jequetepeque-Zarumilla y revisión de información utilizada en el desarrollo del Estudio.

El Capítulo II, **Descripción General de la Cuenca** comprende: ubicación y demarcación de la cuenca, accesibilidad y vías de comunicación, se realizó la delimitación de subcuencas con la finalidad de evaluarlas en forma integral, asimismo se presenta sus principales características fisiográficas. Para describir los aspectos biológicos de la cuenca, se realizó el inventario de flora y fauna, mediante el cual se

identificaron las familias representativas de la flora y fauna asociada al río Jequetepeque y de sus afluentes principales.

El Capítulo III **Recursos Naturales**, desarrolla el aspecto de las variables meteorológicas: régimen de temperaturas medias, máximas y mínimas, humedad relativa, velocidad del viento, evapotranspiración potencial, asimismo se realizó el Análisis y Tratamiento de la Pluviometría, que comprendió el análisis de consistencia para el periodo 1965-2014, se estimaron las precipitaciones en las subcuencas, asimismo se evaluó el comportamiento de la precipitación anual para toda la cuenca. Respecto a la hidrometría, fueron identificadas tres estaciones con registro histórico (monitoreadas por el proyecto Especial Jequetepeque Zaña - PEJEZA y el SENAMHI). La modelación hidrológica para generación de caudales, se realizó con el software RS MINERVE. La precisión del modelo fue medida con la ecuación de Nash-Sutcliffe y los resultados arrojan eficiencias entre 91% y 96%, los cuales son considerados como excelentes. Con el modelo hidrológico calibrado a nivel diario y mensual se generaron caudales en los siguientes afluentes: río San Miguel, quebrada Honda, río Yanahuanga, río Rejo, río Chilete, río Magdalena, río Chanta, río Chetillano, río Llamínchan, río Huertas y río Contumaza. Los principales aportes provienen de los ríos Chilete y San Miguel, y en menor proporción el río Jequetepeque recibe las descargas del río Pallac, estos afluentes se ubican aguas arriba del embalse Gallito Ciego. El Inventario de Fuentes Naturales de Agua Superficial en la cuenca del río Jequetepeque, fue ejecutado a través de trabajos de campo y gabinete, y como resultado se ha elaborado una base cartográfica digital en un sistema de información geográfica con 6081 fuentes hídricas, comprendiendo; ríos, quebradas, manantiales, lagunas y humedales.

En el Capítulo IV **Demandas Existentes**, se estimaron las demandas según uso poblacional y productivo, la demanda hídrica total promedio anual en el sector regulado asciende a 731.5 hm³, mientras que para la cuenca alta de Jequetepeque es de 61.4 hm³, el uso agrario representa la principal demanda.

En el Capítulo V **Balance Hídrico**, el balance hídrico global para el valle de Jequetepeque se realizó con información del Plan de Aprovechamiento de la Disponibilidad Hídrica 2014-2015; el cual prioriza la atención de los meses deficitarios con las descargas reguladas del embalse Gallito Ciego. En la cuenca alta de Jequetepeque la principal demanda es de uso agrario, se utiliza el aporte de lluvias estacionales y se complementa con el riego en la temporada seca, se puede apreciar que la demanda es baja en los meses de enero, febrero, marzo y abril, y requiriendo riego en los meses críticos; agosto y setiembre que coinciden con los caudales mínimos registrados en la estación Yonan.

Respecto al Capítulo VI **Calidad de Agua y Variabilidad Climática**, la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla realizó en el año 2013 monitoreos de calidad de agua en el ámbito de la cuenca Jequetepeque. Los resultados, evidencian que las aguas superficiales se ven afectadas por 18 vertimientos de aguas residuales, 4 de mineras y pasivos mineros, y 12 botaderos y/o lugares de disposición final de residuos sólidos dentro de la cuenca. Estos vertimientos alteran la calidad de los cuerpos hídricos y generan contaminación en la salud pública y ambiental. Respecto a la variabilidad climática, del análisis efectuado en la estación Yonan, se desprende que hay ligera tendencia incremental en los caudales y la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 8.31 Hm³/año.

En el Capítulo VII **Análisis de los Derechos Existentes**, en el valle de Jequetepeque se identificaron cuatro usos: agrario, poblacional, primario y otros usos (motobombas), siendo el uso agrario el que cuenta con mayor cantidad de licencias de uso de agua. La cuenca alta o no regulada se caracteriza por presentar diversos usos productivos no agrarios como: acuícola y pesquero, energético, industrial y minero; respecto a los usos agrarios se contabilizaron numerosos derechos otorgados como permisos de usos de agua.

En el Capítulo VIII **Erosión y Transporte de Sedimentos**, se describe el efecto de la erosión hídrica en la cuenca, que es la principal causante de sedimentación. El transporte de sedimentos en suspensión ha sido estimado mediante el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool), el cual predice la producción de sedimentos sobre la base de información cartográfica: Modelo Digital de Elevación, cobertura vegetal, tipo de suelo; así como también la condición climática de la cuenca. El modelo ha sido aplicado con la finalidad de estimar la producción de sedimentos en los ríos: Jequetepeque, San Miguel y Chilete.

En el Capítulo IX **Escenarios de Aprovechamiento Hídrico**, se evaluó la disponibilidad hídrica en situación futura para analizar la influencia del cambio climático en la variación de la oferta hídrica en los siguientes años, los resultados muestran un incremento de la oferta hídrica en la cuenca Jequetepeque en la época de estiaje (julio-octubre), sin embargo los resultados, para los escenarios climáticos analizados, no son tan claros en el periodo húmedo (enero-abril), en el cual los caudales mensuales simulados en algunos casos son inferiores a los históricos. Las demandas hídricas previstas en los planes de desarrollo de la cuenca alta de Jequetepeque varían muy poco respecto a las actuales. La demanda hídrica para el valle, en un escenario futuro, serán atendidas con la oferta hídrica de trasvase cuando se desarrolle los componentes hidráulicos de la II Etapa del Proyecto Jequetepeque-Zaña. Actualmente y a futuro se están incorporando Proyectos de Inversión Pública - PIP, para el aumento de la eficiencia de riego para uso agrícola a través de la construcción y mejoramiento de infraestructura hidráulica y asistencia técnica en sistemas de riego a presión. En la parte alta de la cuenca Jequetepeque y para el periodo 2005-2015 se tiene identificado 158 PIP, de los cuales 72 son proyectos viables aptos para ser ejecutados en un escenario futuro. El proyecto de infraestructura hidráulica más relevante es el desarrollo de II Etapa del Proyecto Jequetepeque Zaña, al respecto PEJEZA actualmente está elaborando estudios de Pre-Inversión de la II Etapa. Otro proyecto importante que se viene ejecutando es el PIP - Construcción Canal de Irrigación El Rejo en el distrito de San Pablo, con una inversión que supera los 39 millones de soles.

En el Capítulo X, **Conclusiones y Recomendaciones**, se presentan las conclusiones y recomendaciones más resaltantes del Estudio realizado.

Finalmente se recomienda priorizar los 72 proyectos viables de obras de infraestructura para uso agrícola, que se pueden ejecutar a través de los Proyectos de Inversión Pública, y que tienen como objetivo la mejora, rehabilitación, mantenimiento y construcción de infraestructura de aprovechamiento hídrico existente y futura, así como la incorporación de actividades que signifiquen una disminución en la demanda de agua sin que exista un descenso en la producción agrícola. Respecto a la calidad de aguas, se recomienda priorizar los 112 Proyectos de Inversión Pública, viables y disponibles para ser ejecutados, orientados al tratamiento de aguas residuales en los centros urbanos y rurales que vierten sus efluentes al río Jequetepeque y los cuerpos de agua naturales.

Indice

I.	INTRODUCCION.....	1
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Justificación.....	2
1.3.	Objetivos	3
1.3.1.	General	3
1.3.2.	Específicos.....	3
1.4.	Metodología de Trabajo	3
1.4.1.	Actividades Preliminares	3
1.4.2.	Trabajos de Campo	4
1.4.3.	Trabajos de gabinete.....	4
1.5.	Información Básica utilizada	5
1.5.1.	Información Cartográfica	5
1.5.2.	Información Meteorológica	5
1.5.3.	Información Hidrométrica.....	6
1.5.4.	Información del mapa de uso mayor de Suelos	6
1.5.5.	Información de cobertura vegetal	6
1.5.6.	Información del mapa ecológico.	6
1.5.7.	Información topográfica – modelos digitales de terreno.....	6
1.5.8.	Información de calidad de agua.....	6
1.5.9.	Información de sedimentos.....	6
1.5.10.	Revisión de estudios anteriores.....	7
II.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA.....	8
2.1.	Ubicación, Extension y Límites	8
2.1.1.	Ubicación Geográfica	8
2.1.2.	Demarcación Hidrográfica	8
2.1.3.	Demarcación Política.....	8
2.1.4.	Demarcación Administrativa	10
2.1.5.	Accesibilidad - Vías de Comunicación	10
2.2.	Hidrografía.....	11
2.2.1.	Metodología Pfafstetter.....	11
2.2.2.	Unidades Hidrográficas	13
2.2.3.	Características Fisiográficas de las Unidades Hidrográficas.....	15
2.3.	Uso Mayor de Suelos	20
2.4.	Aspectos biológicos.....	25
2.4.1.	Descripción del Medio Biológico	25
2.5.	Aspectos Socioeconómicos	49
III.	RECURSOS NATURALES	53
3.1.	Climatología	53
3.1.1.	Temperatura.....	57

3.1.2.	Humedad Relativa	63
3.1.3.	Velocidad Del Viento	64
3.1.4.	Horas de Sol.....	67
3.1.5.	Evaporación	68
3.2.	Análisis y Tratamiento de la Pluviometría	72
3.2.1.	Estaciones Pluviométricas.....	72
3.2.2.	Diagnóstico de la Información Pluviométrica	79
3.2.3.	Información Histórica Disponible	81
3.2.4.	Análisis de Consistencia.....	81
3.2.5.	Completación y Extensión de la Información Pluviométrica	103
3.2.6.	Variabilidad Espacial de la Precipitación en la Cuenca.....	105
3.2.7.	Régimen de la Precipitación Anual	108
3.2.8.	Gradiente Precipitación - Altitud.	109
3.3.	Hidrometria Superficial	110
3.3.1.	Estaciones Hidrométricas	110
3.3.2.	Diagnóstico de Estaciones Hidrométricas.....	113
3.3.3.	Registros de Caudales Históricos.....	115
3.3.4.	Análisis de Consistencia.....	117
3.3.5.	Completación y Extensión de la Información Hidrométrica	123
3.4.	Modelamiento Hidrológico de la Cuenca	123
3.4.1.	Descripción del Modelo Precipitación-Escorrentía	124
3.4.2.	Calibración y Validación del Modelo Precipitación - Escorrentía....	129
3.4.3.	Generación de Caudales Medios Mensuales en las Subcuencas..	136
3.5.	Oferta Hidrica por Cuencas	140
3.6.	Eventos Hidrologicos Extremos	148
3.6.1.	Análisis de Máximas Avenidas	148
3.6.2.	Determinación del Caudal Máximo mediante Medición.....	158
3.6.3.	Análisis de Sequías	164
3.6.4.	Análisis de Años Secos y Húmedos	170
3.7.	Inventario de Fuentes Naturales de Agua Superficial	177
IV.	DEMANDAS EXISTENTES.....	179
4.1.	Infraestructura Hidraulica Principal del Sistema Regulado.....	179
4.2.	Demanda de Agua en en el Sistema Regulado	184
4.3.	Infraestructura Hidraulica del Sistema No Regulado.....	189
4.4.	Demanda de Agua en la Cuenca Alta de Jequetepeque.....	190
V.	BALANCE HIDRICO	193
5.1.	Definición de Balance Hídrico.....	193
5.2.	Descripción del Esquema Hidráulico de la cuenca Jequetepeque .	193
5.3.	Componentes del Balance Hídrico Superficial	194
5.3.1.	Oferta Hídrica	194
5.3.2.	Demanda Hídrica.....	195
5.3.3.	Balance Hídrico Superficial en el Valle Jequetepeque.....	196
5.3.4.	Balance Hídrico Superficial en cuenca alta de Jequetepeque.....	197

VI.	CALIDAD DEL AGUA Y VARIABILIDAD CLIMATICA.....	199
6.1.	Calidad de Agua.....	199
6.2.	Variabilidad Climática.....	205
6.2.1.	Análisis de Tendencias de las Precipitaciones.....	207
6.2.2.	Análisis de Tendencias de Caudales del río Jequetepeque.....	209
VII.	ANALISIS DE LOS DERECHOS DE USO DE AGUA.....	214
7.1.	Uso de Agua en el Sistema Jequetepeque Regulado.....	214
7.1.1	Uso Primario.....	214
7.1.2	Uso Poblacional.....	215
7.1.3	Uso Productivo (Agrario).....	215
7.1.4	Otros Usos (Motobombas).....	215
7.2.	Uso de Agua en el Sistema Jequetepeque No regulado.....	215
7.2.1	Uso Poblacional.....	215
7.2.2	Uso Productivo (Agrario).....	216
7.2.3	Uso No Agrario de Agua.....	217
VIII.	EROSION Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	219
8.1.	Introducción.....	219
8.2.	Proceso de Erosión Hidrica.....	219
8.3.	Sedimentos en la cuenca Jequetepeque.....	220
8.4.	Estimación de Sedimentos en Suspensión.....	221
8.4.1	Descripción del Modelo SWAT.....	221
8.4.2	Simulación Hidrológica.....	222
8.4.3	Simulación de Sedimentos.....	222
8.4.4	Información Requerida.....	223
8.4.5	Calibración del Modelo de Sedimentos.....	228
8.5.	Transporte de Sedimentos en Suspensión en la cuenca.....	233
IX.	ESCENARIOS DE APROVECHAMIENTO HIDRICO.....	236
9.1.	Oferta Hídrica con Escenarios de Cambio Climatico.....	236
9.1.1	Variabilidad Interanual y Mensual de la Precipitación.....	237
9.1.2	Proyección Climática y Simulación Hidrológica.....	239
9.2.	Demanda Hídrica en la cuenca Jequetepeque.....	244
9.3.	Infraestructura Hidráulica.....	246
9.3.1	Infraestructura Hidráulica para Uso Agrícola.....	246
9.3.2	Infraestructura Hidráulica para Uso Poblacional.....	247
X.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	248

ANEXO 01
(DVD ROOM 01 ADJUNTO)

Aspectos Biologicos
Aspectos Socioeconomicos
Recursos Naturales
Inventario de Fuentes de Agua
Calidad del Agua
Mapas Temáticos

I. INTRODUCCION

La planificación de los recursos hídricos se inicia con el inventario y evaluación del recurso hídrico, en estas actividades, la cuantificación de los recursos hídricos superficiales se debe desarrollar empleando metodologías modernas de análisis, asimismo el empleo de modelos hidrológicos e hidrogeológicos que garanticen los resultados para una adecuada gestión integrada de recursos hídricos en las cuencas y subcuencas comprendidas.

La Autoridad Nacional del Agua - ANA, es un Organismo Público Descentralizado del Ministerio de Agricultura, creado por Decreto Ley N° 997 el 15.mar.2008, encargado de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos. Como autoridad nacional, debe realizar su trabajo en estrecha relación con gobiernos regionales y locales, sociedad civil organizada e Instituciones públicas y privadas.

La Autoridad Nacional del Agua tiene, entre otras, las funciones de formular y dirigir la política y estrategia nacional de recursos hídricos, así como realizar acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos, asimismo tiene la función de promover y apoyar la formulación de proyectos, y la ejecución de actividades que promuevan el uso eficiente, el ahorro, la conservación, la protección de la calidad e incremento de la disponibilidad de los recursos hídricos, así como acciones para la gestión integrada del agua por cuencas y la preservación de los recursos hídricos en las cabeceras de cuencas, así como para la prevención de daños por ocurrencia de eventos hidrológicos extremos.

La Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos - DCPRH, es la Dirección de línea de la ANA encargada de organizar y conducir las acciones para la conservación y planificación de los recursos hídricos. Las funciones que desarrolla se orientan a: promover el perfeccionamiento del marco técnico, jurídico y normativo para la gestión sostenible de los recursos hídricos, supervisar y evaluar a los órganos desconcentrados en la elaboración de estudios, conservar y promover el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, así como implementar medidas de adaptación al cambio climático y la formulación de planes maestros de gestión, además de mantener actualizado el inventario nacional de fuentes de aguas superficiales.

La DCPRH viene ejecutando estudios de evaluación de recursos hídricos en el país a nivel de cuencas hidrográficas, bajo este contexto se ha priorizado en el ámbito de la Autoridad Administrativa Jequetepeque-Zarumilla, la ejecución de la 'Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del río Jequetepeque_', (en adelante el Estudio), el cual considera básicamente evaluar los recursos hídricos superficiales y subterráneos, calidad de agua, transporte de sedimentos y efectuar el inventario de los cuerpos de agua existentes como son: ríos, quebradas, lagunas, represas, manantiales, bojedales, pozos, etc.

La cuenca del río Jequetepeque, se encuentra ubicada en la Unidad Hidrográfica Cuenca Jequetepeque, en la vertiente del Pacífico, políticamente comprende a cuatro provincias del Departamento de Cajamarca y la provincia de Pacasmayo en La Libertad, el área de drenaje total es de 3,956 km² y sus principales afluentes son los ríos Chilete, San Miguel, Magdalena, Chanta, Huertas, Contumaza, Llaminchan, en la parte baja destacan el río Pallac y Chiminote. Los recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca del río Jequetepeque son

gestionados, por la ALA Jequetepeque, bajo la dirección de la Autoridad Administrativa del Agua - AAA Jequetepeque-Zarumilla.

1.1. ANTECEDENTES

Mediante Resolución Jefatural N° 259-2013-ANA, se aprueba la `Guía para la Evaluación de Recursos Hídricos`, documento guía para elaborar estudios técnicos para conocer el régimen de disponibilidades y demandas de los recursos hídricos, en el marco de esta guía se desarrolló el índice y capítulos comprendidos en el presente Estudio.

Con Resolución Jefatural N° 03-2015-ANA, se aprueba el Plan Operativo Institucional 2015 - POI 2015 de la Autoridad Nacional del Agua, en el POI 2015 la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos - DCPRH, dentro de la Meta 144, programó la Tarea 01 - Evaluación de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Jequetepeque. El Estudio comprende principalmente; estudio de aguas superficiales y subterráneas, calidad de agua, transporte de sedimentos e inventario de las fuentes naturales de agua. El plazo de ejecución fue establecido hasta el mes de diciembre y su ámbito territorial de trabajo es la Administración Local de Agua Jequetepeque.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Durante las últimas décadas, la disponibilidad hídrica en la cuenca Jequetepeque va disminuyendo por el incremento de usos de agua, disminución de la oferta hídrica regulada, cambios del régimen de lluvias y eventos de sequías, lo cual genera incertidumbre y disminución en la producción agrícola, pecuaria, energía y otros tipos de industrias que benefician la economía de la región. Además, en gran parte de las cabeceras de cuencas, en donde se concentran las fuentes de agua, las actividades productivas se encuentran en aumento lo que significa que el estado debe realizar estudios más detallados con relación al uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.

Actualmente la mayoría de las cuencas del país no cuenta con estudios de evaluación de recursos hídricos, lo cual dificulta la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos de manera sostenible. Bajo este contexto la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos en el marco de la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, programa la ejecución del Estudio `Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del río Jequetepeque`, que permitirá conocer el estado situacional de los recursos hídricos, evaluando y cuantificando el inventario de fuentes de agua superficial y subterránea, climatología, pluviometría, hidrometría, aguas subterráneas, calidad de agua, oferta hídrica, demanda hídrica, balance hídrico en el escenario actual y futuro, eventos hidrológicos extremos y transporte de sedimentos; cuyos resultados permitirá disponer de información básica para la toma de decisiones de los actores de la cuenca (Estado, usuarios y sociedad civil).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Ejecutar el Estudio de `Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del río Jequetepeque`, con la finalidad de evaluar y cuantificar los recursos hídricos superficiales y subterráneos, en situación actual y futura, para mejorar la

planificación y gestión integrada de los recursos hídricos de manera sostenible en el tiempo.

1.3.2. Específicos

- Identificación y delimitación de las sub cuencas.
- Efectuar el inventario de las fuentes de agua superficial.
- Generación de mapas temáticos sobre los recursos hídricos en formato GIS.
- Inventario de Flora y Fauna asociados a los recursos hídricos.
- Evaluar la climatología, pluviometría e hidrometría de las sub cuencas.
- Determinar la oferta hídrica superficial.
- Estimar la demanda de uso de agua.
- Modelamiento Hidrológico
- Efectuar el balance hídrico.
- Evaluar los eventos hidrológicos extremos (máximas avenidas y sequías).
- Estimar la erosión y el transporte de sedimentos.

1.4. METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología de trabajo, para lograr los objetivos del Estudio `Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del río Jequetepeque`, comprenderá lo siguiente: actividades preliminares, trabajos de campo y trabajos de gabinete.

1.4.1. Actividades preliminares

- Recopilación de documentos referidos a los recursos hídricos superficiales y subterráneos, estudios hidrológicos, hidrogeológicos, estudios geológicos, geofísicos, inventarios de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, inventarios de lagunas-represamientos, informes de calidad del agua, inventarios de fuentes contaminantes como pasivos ambientales, actividades industriales y mineras, vertimientos de aguas residuales, Planes de Gestión de los Recursos Hídricos entre otros.
- Información hidrometeorológica histórica, obtenida de entidades, como SENAMHI, Instituciones Científicas, ALA, Juntas de Usuarios, Proyectos Especiales, COES, Instituciones Públicas y Privadas.
- Información hidrometeorológica de entidades científicas como del TRMM y CRU (Climatic Research Unit) entre otros.
- Datos históricos de calidad del agua obtenidos de DIGESA, INRENA, entidades de cooperación internacional, instituciones científicas, estudios de impacto ambiental, y otras instituciones públicas y privadas.
- Información social, política, económica, cultural y ecológica del ámbito.
- Cartografía general y detallada (impresa o digital), obtenida del IGN, ANA y mapas de cobertura vegetal de la Soil Map of de World (FAO/UNESCO).
- Imágenes satelitales en alta resolución de la cuenca en estudio.
- Mapas viales, de centros poblados, departamentales, hidrográfico, distritos de riego, infraestructura hidráulica, otros.
- Volúmenes de regulación y descargas en lagunas y obras de transvase, de existir.
- Situación del tipo de derechos otorgados y uso actual del agua superficial y subterránea.

- Información de vertederos y vertimientos obtenida del registro de vertimientos autorizados por ANA, registro del Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Agua Residual (PAVER), Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento (SUNASS), Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), entre otros.
- Otra información relevante.

1.4.2. Trabajos de Campo

Se desarrollaron labores de reconocimiento de campo, identificación y mediciones; descritas en las siguientes actividades:

- Reconocimiento de la cuenca y afluentes principales, con el apoyo de información satelital y/o otros medios de diagnóstico.
- Reconocimiento de lagunas y vasos con fines de represamiento, ubicación de los puntos de regulación y captación, así como aportes de trasvase de existir.
- Reconocimiento de las características físicas de la cuenca, cobertura vegetal y otros.
- Diagnóstico general del sistema hidrográfico de la cuenca, en cuanto a: red de drenaje, características principales de las fuentes hídricas superficiales, disponibilidad hídrica superficial (ríos, quebradas, manantiales y otros.).
- Diagnóstico general de la infraestructura hidráulica mayor y menor existente en la cuenca, regulaciones, irrigaciones, centrales hidroeléctricas, derivaciones para uso minero, poblacional, como obras de trasvase de existir, otros.
- Diagnóstico general de los aspectos sociales, políticos, económicos, culturales y ecológicos del ámbito.
- Diagnóstico general de los aspectos biológicos e identificación de la flora y fauna del ámbito de Estudio.
- Inventario de fuentes de aguas superficiales.
- Diagnóstico de las estaciones hidrometeorológicas de la cuenca: tipo de estación, variables de medición, ubicación, descripción de su instrumentación (tipo y estado de conservación), operación de la estación, frecuencia de mediciones, periodo de registro, otros.
- Aforos en los principales puntos de interés (cuenca y sub-cuencas seleccionadas).

1.4.3. Trabajos de gabinete

- Revisión de estudios antecedentes relacionados con la evaluación de recursos hídricos.
- Procesamiento de la información cartográfica y delimitación de las unidades hidrográficas, en base de datos cartográficos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100,000.
- Procesamiento y sistematización de la información de cuerpos de agua.
- Descripción general de las unidades hidrográficas, esquemas hidráulicos de uso y evaluación del agua, información que servirá para el desarrollo del balance hídrico.
- Determinación y caracterización geomorfológica de la cuenca, con los parámetros siguientes: parámetros de forma, parámetros de relieve y parámetros de la red hidrográfica de la cuenca.
- Descripción de aspectos físicos ambientales (geomorfología, suelos, geología, cobertura vegetal y ecología).

- Elaboración de mapas temáticos: mapa base, ubicación política, ubicación geográfica, ubicación hidrográfica de la cuenca, ubicación de las estaciones hidrometeorológicas, isoyetas, fuentes de agua, otros.
- Evaluación climatológica, describiendo las diferentes variables climáticas: precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, horas de sol, velocidad y dirección del viento, en base a la información meteorológica disponible. Asimismo, la correspondiente clasificación climática.
- Análisis de la información pluviométrica: red de estaciones pluviométricas, análisis de consistencia, completación y extensión de registro de datos pluviométricos, régimen de la precipitación mensual y anual, determinación de la precipitación areal en las subcuencas de Estudio utilizando los métodos adecuados y análisis de años secos y húmedos.
- Análisis de la escorrentía superficial: red de estaciones hidrométricas, naturalización de caudales medios, análisis de consistencia, completación y extensión de datos hidrométricos, modelamiento y calibración del modelo hidrológico de precipitación-escorrentía en una cuenca con información hidrológica histórica y generación de las descargas medias mensuales en las subcuencas de interés y curva de duración de caudales medios.
- Determinación de la disponibilidad del recurso hídrico superficial a distintos niveles de persistencia o probabilidad de ocurrencia (50%, 75% y 95%).
- Determinación de las demandas de agua para los diferentes usos actuales (poblacional, agrícola, energético, industrial, medicinal, minero, recreativo, etc.), información que servirá de base para la elaboración del balance hídrico.
- Elaboración del balance hídrico.
- Evaluación de los eventos hidrológicos extremos, como las máximas avenidas y las sequías, de acuerdo a la información disponible. Ésta información servirá posteriormente para fines de prevención y planificación hidrológica.
- Estimación de la erosión y el transporte de sedimentos.

1.5. INFORMACIÓN BÁSICA UTILIZADA

1.5.1. Información Cartográfica

La información cartográfica verificada ha sido la siguiente:

- Cartas Nacionales: 15d, 15e, 15f, 15g, 14d, 14e, 14f y 14g, a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional.
- Plano de delimitación de ámbitos de ALAs y AAAs elaborado por la ANA.
- Plano de delimitación de Unidades Hidrográficas del Perú del INRENA.
- Información cartográfica del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)

1.5.2. Información Meteorológica

La información meteorológica básica ha sido obtenida de los registros del SENAMHI, proveniente de la Oficina del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos y que se encuentran disponibles en la página web de la ANA.

La información pluviométrica, que comprende series diarias y mensuales así como lluvias máximas en 24 horas del SENAMHI, del Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña y del TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) información que se encuentra disponible en la página web de la NASA.

1.5.3. Información Hidrométrica

El SENAMHI opera unas pocas estaciones hidrométricas en el ámbito de Estudio, de las cuales algunas se encuentran desactivadas. Asimismo se utilizaron los registros de caudales diarios y mensuales de estaciones hidrométricas controladas por el Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña, que se emplearán para calibrar el modelo hidrológico para la generación de caudales y poder estimar la oferta hídrica en las subcuencas.

1.5.4. Información del mapa de uso mayor de Suelos

Cartografía digital temática de Uso Mayor de Suelos de la cuenca del río Jequetepeque elaborada por el INRENA.

1.5.5. Información de cobertura vegetal

Cartografía digital temática de cobertura vegetal de la cuenca del río Jequetepeque elaborado por la DGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales).

1.5.6. Información del mapa ecológico.

Mapa Ecológico del Perú de la Oficina de Gestión Ambiental Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales, año 2005.

1.5.7. Información topográfica - modelos digitales de terreno

Curvas de nivel cada 50 metros obtenida del IGN, asimismo información cartográfica del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

1.5.8. Información de calidad de agua

Se utilizó información referida al monitoreo de la calidad de los recursos hídricos elaborada por la Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos de la ANA, en donde se establece la Red de Monitoreo, Parámetros de Calidad de los Recursos Hídricos, Frecuencia de Monitoreo, Medición de Condiciones Hidrográficas y Dinámicas en cuerpos naturales de aguas continentales y otros, teniendo en cuenta consideración el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

1.5.9. Información de Sedimentos

Se recopiló registros mensuales de sedimentos en suspensión en la represa Gallito Ciego, del Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña

1.5.10. Revisión de estudios anteriores

Se ha efectuado la recopilación y revisión de documentos y estudios anteriores realizados en el ámbito de la cuenca Jequetepeque y cuencas vecinas:

- ONERN. Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña. 1988. Plan de Ordenamiento Ambiental de la cuenca del río Jequetepeque para la protección del reservorio Gallito Ciego y del valle agrícola
- INADE. 2002. Plan de Gestión de la Oferta de Agua en la cuenca Jequetepeque, Perú.

- INRENA. 2004. 'Propuesta de Asignación de Agua Superficial en bloques para la Formalización de Derechos de Uso de Agua en el valle Jequetepeque Regulado _
- INRENA. 2005. 'Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle Jequetepeque - Chamán _
- INRENA. 2006. 'Propuesta de Asignación de Agua Superficial en bloques para la Formalización de Derechos de Uso de Agua en el valle Alto Jequetepeque _
- INGEMMET. 2015. Hidrogeología de la cuenca Jequetepeque y Chaman
- ANA-JUSDRRJ. Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas 2015 - 2016 del Sistema Hidráulico Jequetepeque.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA

2.1. UBICACIÓN, EXTENSION Y LÍMITES

2.1.1. Ubicación Geográfica

La cuenca del río Jequetepeque ocupa una superficie de 3 956 Km² y se ubica en la costa norte del Perú en el departamento de Cajamarca principalmente, comprendida entre las coordenadas geográficas 6°48' y 7°26' de Latitud Sur y los Meridianos 78°20' y 79°35' de Longitud Oeste, más detalles se muestran en el Cuadro N° 2.1.

Cuadro N° 2.1
Ubicación Geográfica

SISTEMA	DATUM	COMPONENTES	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO
COORDENADAS GEOGRAFICAS	HORIZONTAL WGS 1984	LONGITUD OESTE	78°20'58.9"	79°35'26.0"
		LATITUD SUR	6°48'20.0"	7°26'12.9"
ALTITUD	VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR	m.s.n.m.	0 m.s.n.m.	4,201 m.s.n.m.

2.1.2. Demarcación Hidrográfica

La cuenca del río Jequetepeque pertenece a la Vertiente del Pacífico y tiene sus límites con las siguientes cuencas:

Por el Norte : Cuenca Chancay Lambayeque e Intercuenca Alto Marañón.
 Por el Este : Cuenca Crisnejas.
 Por el Sur : Cuenca Chicama.
 Por el Oeste : Cuenca Zaña y Chaman.

Para efectos del presente Estudio, se ha dividido la cuenca del río Jequetepeque en dos partes: parte baja, cuenca seca, desde el dique del reservorio aguas abajo, hasta la línea de playa, y parte alta o cuenca húmeda, desde el dique del reservorio aguas arriba, hasta la línea divisoria de cuenca.

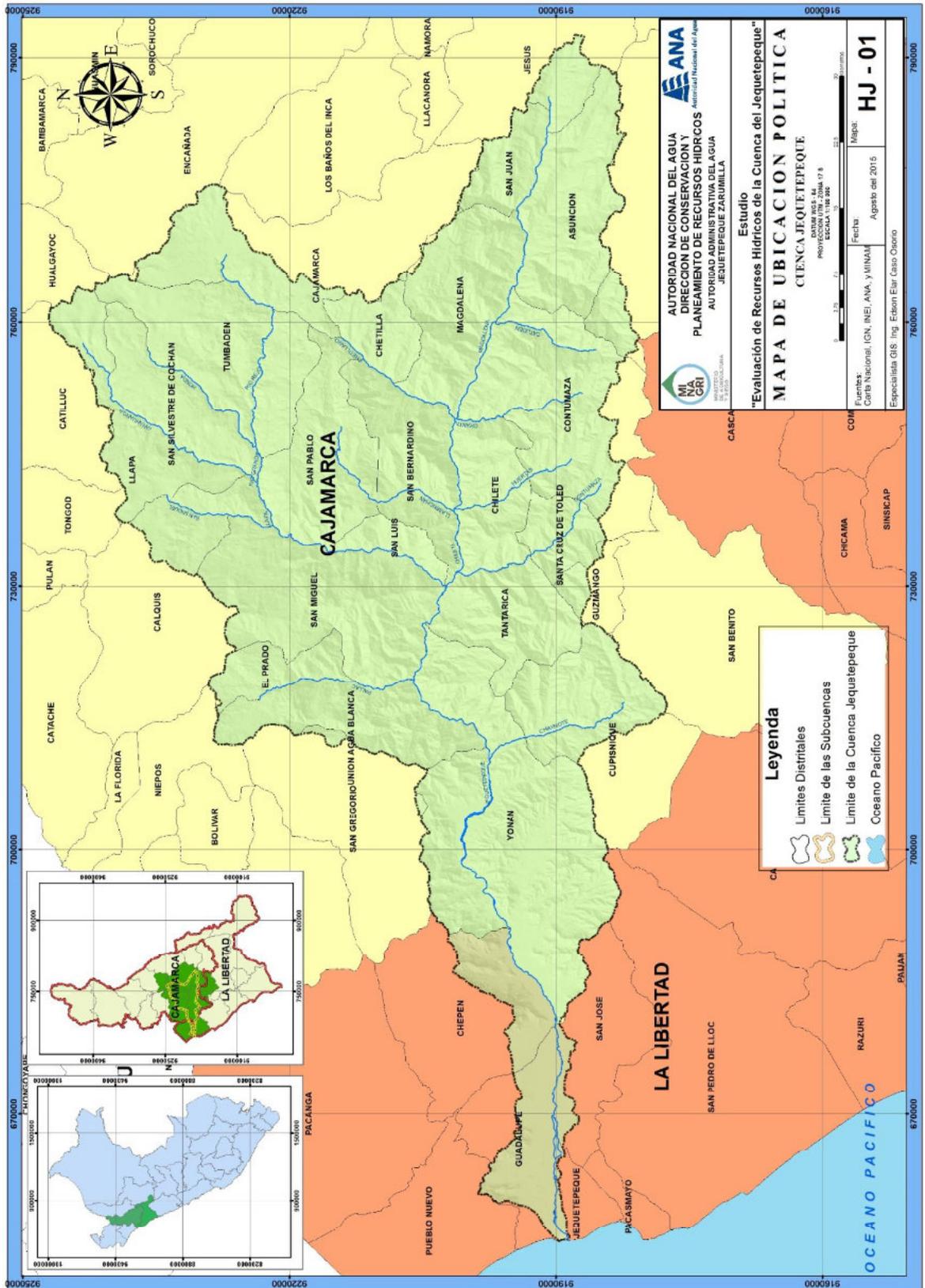
2.1.3. Demarcación Política

Desde el punto de vista de la división política, la cuenca del Río Jequetepeque comprende a 4 provincias del Departamento de Cajamarca y la provincia de Pacasmayo en La Libertad; las provincias a su vez comprenden los siguientes distritos distribuidos de la siguiente manera:

Provincia de San Miguel con los distritos de San Silvestre de Cochan, Llapa, San Miguel, El Prado, Agua Blanca y parcialmente Calquis;
 Provincia de San Pablo con los distritos de Tumbaden, San Pablo, San Bernardino y San Luis;
 Provincia de Cajamarca con los distritos de Chetilla, Magdalena, San Juan, Asunción y parcialmente Cajamarca y Jesús.
 Provincia de Contumaza con los distritos de Contumaza, Chilete, Santa Cruz de Toledo, Tantarica Yonan y parcialmente Cupisnique.
 Provincia de Pacasmayo con los distritos de Guadalupe, San José y Jequetepeque, siendo la ciudad de Guadalupe el mayor centro urbano localizado a 700 Km de Lima. En la Figura N°2.1 se muestra la ubicación política de la

cuenca.

Figura N° 2.1



2.1.4. Demarcación Administrativa

Los recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca del río Jequetepeque son gestionados principalmente por la ALA Jequetepeque, bajo la dirección de la AAA Jequetepeque-Zarumilla.

2.1.5. Accesibilidad - Vías de Comunicación

El acceso principal lo constituye la Carretera Panamericana Norte, que atraviesa el valle Jequetepeque de Sur a Norte; a la altura del km 700 y permite comunicarnos con la ciudad de Guadalupe, en la parte baja de la cuenca, también existe un ramal asfaltado que sale hacia la ciudad de Cajamarca, atravesando toda la cuenca del río Jequetepeque hacia la parte alta y los distritos de Chilite, Magdalena y Cajamarca; así mismo existen caminos carrózales en la cuenca que permiten el acceso a los Centros Poblados y a las áreas de cultivo.

2.2. HIDROGRAFÍA

2.2.1. Metodología Pfafstetter

El método Pfafstetter de codificación y delimitación de unidades hidrográficas, es un sistema analítico, organizado y con características de aplicación global, que se basa, principalmente, en la superficie de las unidades de drenaje y de la ubicación de ésta dentro del contexto hidrográfico en el que se encuentra, en relación con las unidades de drenaje vecinas, respondiendo a criterios netamente topológicos.

En 1,997, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), ocho años después que el método fue creado (1,989), debido a las características ventajosas, ya conocidas lo adoptó como sistema de codificación de carácter global. Esto conllevó, a que este sistema, sea actualmente reconocido como estándar internacional.

En la delimitación, el Sistema Pfafstetter, determina, dentro de una unidad de drenaje mayor, un flujo principal o río principal, y cuatro tributarios, cuyas áreas de drenaje sean las mayores dentro del ámbito de esa unidad mayor; quedando el área restante para dar origen a las cinco intercuenas.

El sistema Pfafstetter emplea nueve dígitos del sistema decimal (1 al 9) para codificar las nuevas unidades de drenaje obtenidas. Esto quiere decir, que el máximo número de sub-unidades de drenaje que se pueden obtener al dividir una unidad de drenaje mayor, son nueve: cuatro cuencas y cinco intercuenas. A éstas, los códigos le son asignados, siguiendo una dirección que va desde `aguas abajo_ hacia `aguas arriba_ del río principal, de la unidad de drenaje mayor dividida. Los códigos son repartidos tomando en cuenta el tipo de unidad de drenaje y la ubicación de ésta dentro de la unidad mayor, de la siguiente manera: dígitos pares para las cuencas y dígitos impares para las intercuenas; con lo cual obtendríamos cuatro cuencas con los códigos 2, 4, 6 y 8; y cinco intercuenas con los códigos 1, 3, 5, 7 y 9. Existe un caso especial, cuando se trata de cuencas cerradas o internas, pues a este tipo de unidades se les asigna el dígito 0.

La aplicación de este sistema en el Perú, es de orden imperativo, pues si deseamos emprender un proceso de administración eficiente de nuestro territorio

de manera integral y sostenida, que mejor inicio, que organizar coherentemente la distribución territorial de manera natural y ordenada, utilizando el método Pfafstetter, que además de los importantes beneficios que ofrece, nos ayudará a integrarnos en el contexto regional y mundial, que ayudaría en gran medida en el desarrollo del país.

En la cuenca Jequetepeque el criterio empleado para la conformación de las subcuencas, está principalmente basado en la determinación adecuada de las unidades hidrográficas, en ese sentido se procedió a subdividirla en 9 subcuencas para facilitar el análisis y caracterización hidrológica.

Las extensiones de cada una de las sub-cuencas en estudio se presentan en el Cuadro N° 2.2 y, en la Figura N° 2.2 se muestra el mapa de Unidades Hidrográficas.

2.2.2. Unidades Hidrográficas

La cuenca del río Jequetepeque (que comprende a nueve subcuencas descritas en este Estudio) tiene un área total de 3 956 Km², el perímetro una longitud total de 655,4 Km y la altitud media es de 577,2 msnm. El cauce del río Jequetepeque presenta una longitud de recorrido de 175 Km, presenta una pendiente promedio de 1,7% y las descargas son continuas durante todo el año.

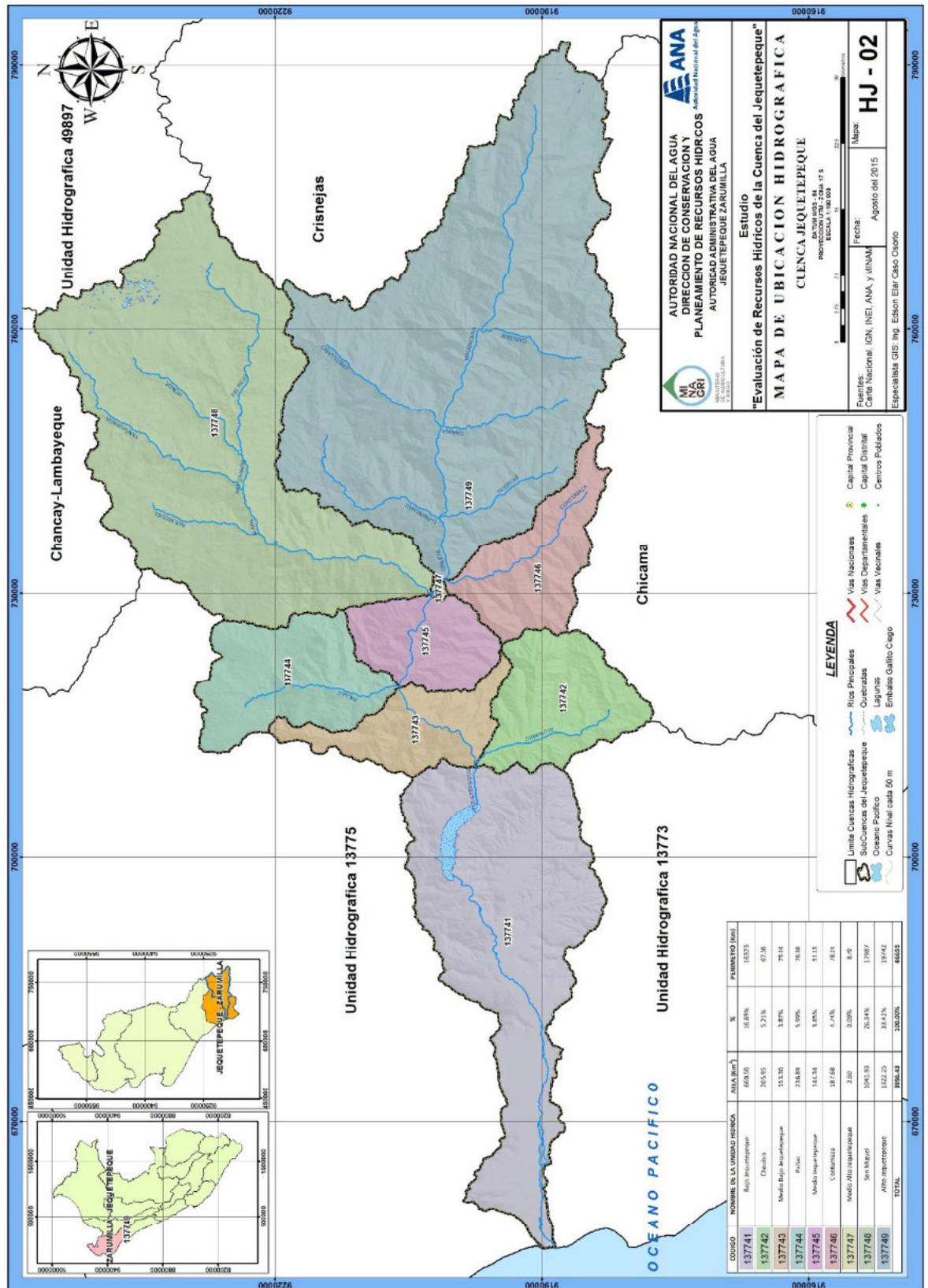
El río Jequetepeque, cuyos principales tributarios provienen de zonas montañosas de ambos márgenes, se origina por la unión de los ríos Chilete y San Miguel, y tiene tributarios como los ríos: Magdalena, Chanta, Huertas, Contumaza, Llaminchan, en la parte baja destacan el río Pallac y Chiminote. La presa Gallito Ciego se ubica aguas debajo de la estación hidrométrica Yonan.

Cuadro N° 2.2
Unidades Hidrográficas

CODIGO	NOMBRE DE LA UNIDAD HIDRICA	AREA (Km ²)	%	RIO PRINCIPAL
137741	Bajo Jequetepeque *	660.5	16.7%	Tramo del Río Jequetepeque
137742	Chausis	205.9	5.2%	Quebrada Chiminote
137743	Medio Bajo Jequetepeque *	153.3	3.9%	Tramo del Río Jequetepeque
137744	Pallac	236.9	6.0%	Río Pallac
137745	Medio Jequetepeque *	144.3	3.6%	Tramo del Río Jequetepeque
137746	Contumaza	187.7	4.7%	Río Contumaza
137747	Medio Alto Jequetepeque *	3.6	0.1%	Tramo del Río Jequetepeque
137748	San Miguel	1041.9	26.3%	Río San Miguel
137749	Alto Jequetepeque	1322.2	33.4%	Río Magdalena
TOTAL		3956.4	100.0%	

*Intercuencas

Figura N° 2.2



Subcuenca Bajo Jequetepeque

Descripción: La intercuenca Bajo Jequetepeque abarca 660,5 Km², y representa el 16,7% de la cuenca. Esta intercuenca, es un tramo del río Jequetepeque y comprende a la parte baja de la cuenca extendida sobre los 0 msnm, presenta una altitud media de 530 msnm, una pendiente de 29,3% y un tramo de 16,1 Km del río Jequetepeque. Es una intercuenca y aguas arriba recibe el aporte de los principales tributarios que son almacenados en la presa Gallito Ciego.

Aspectos Socioeconómicos: En esta intercuenca se ubican los principales centros poblados como Pacasmayo, Guadalupe y Tembladera, asimismo el valle Jequetepeque Regulado.

Ecología: Este sector corresponde a la parte baja de la cuenca y la vegetación natural es desde nula en algunos sectores, rala en otros donde se observa esporádicamente pequeñas manchas verdes a base de especies halófilas en el extenso paisaje regosólico (arenal). Presenta los siguientes pisos ecológicos: desierto desecado - Premontano Tropical, desierto súper árido - Premontano Tropical, desierto perárido - Premontano Tropical, matorral desértico - Tropical y matorral desértico - Premontano Tropical.

Subcuenca Chausis

Descripción: La subcuenca Chausis abarca 205,9 Km², y representa el 5,2% del área total de la cuenca y se extiende sobre los 500 msnm, una altitud media de 2119,4 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 47 %, su principal afluente es la quebrada Chiminote con una longitud de cauce principal de 28 Km.

Aspectos Socioeconómicos: No se identificaron centro poblados importantes. Sin embargo existen comunidades como Santa Catalina y Catan.

Ecología: Esta presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical / matorral desértico - Tropical y estepa espinoso - Montano Bajo Tropical.

Subcuenca Medio Bajo Jequetepeque

Descripción: La intercuenca Medio Bajo Jequetepeque abarca 153,3 Km², y representa el 3,9 % de la cuenca. Esta intercuenca, es un tramo del río Jequetepeque, comprende a un conjunto de ríos y quebradas secas de la parte media, extendida sobre los 600 msnm, presenta una altitud media de 1320 msnm, una pendiente del 49,3 % y un tramo de 16 km del río Jequetepeque.

Aspectos Socioeconómicos: No se identificaron centro poblados importantes. Sin embargo existe la comunidad de Chuquimango.

Ecología: Esta presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical, matorral desértico - Tropical y Monte espinoso - Premontano Tropical.

Subcuenca Pallac

Descripción: La subcuenca Pallac ocupa una superficie de 536,9 Km², representa el 6,0 % del área total de la cuenca y se extiende sobre los 600 msnm, una altitud

media de 2650 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 38,7 %, una longitud de cauce principal de 22 Km.

Aspectos Socioeconómicos: En esta cuenca se ubican los centros poblados como Agua Blanca y el Prado.

Ecología: Esta presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical, matorral desértico - Tropical, estepa espinoso - Montano Bajo Tropical, Monte espinoso - Premontano Tropical, matorral desértico - Premontano Tropical, bosque húmedo - Montano Bajo Tropical y bosque húmedo - Montano Tropical.

Subcuenca Medio Jequetepeque

Descripción: La intercuenca Medio Jequetepeque abarca 144,3 Km², y representa el 3,6 % de la cuenca. Esta intercuenca, comprende un tramo del río Jequetepeque, presenta una altitud media de 1375 msnm, una pendiente del 45,7 % y un tramo de 14 Km del río Jequetepeque.

Aspectos Socioeconómicos: No se identificaron centro poblados importantes.

Ecología: Esta presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical, matorral desértico - Tropical y Monte espinoso - Premontano Tropical.

Subcuenca Contumaza

Descripción: La cuenca Contumaza abarca 187,7 Km², y representa el 4,7% de la cuenca. Presenta una altitud media de 2573 msnm, una pendiente del 45 % y un tramo de 23 Km del río Contumaza.

Aspectos Socioeconómicos: En esta intercuenca se ubica el centro poblado de Catan, Santa Cruz de Toledo y Contumaza.

Ecología: Esta presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical, matorral desértico - Tropical, estepa espinoso - Montano Bajo Tropical y Monte espinoso - Premontano Tropical.

Subcuenca San Miguel

Descripción: La subcuenca ocupa una superficie de 1 041,9 Km², representa el 26,3% del área total de la cuenca y presenta los mayores picos altitudinales de la cuenca, con una altitud media de 3250 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 28%, una longitud de cauce principal de 70 Km. Su principal afluente es el río San Miguel, el cual recibe el aporte de los ríos; Yanahuanga, Grande y Río Rejo

Aspectos Socioeconómicos: En esta cuenca se ubican los centros poblados como San Luis Grande, San Miguel de Pallaque, Calquis, Llapa y Tumbaden, asimismo se asientan las comunidades campesinas de Morowisha, Calquis y San Luis. Los recursos hídricos son aprovechados para uso agrícola en ambas márgenes del río San Miguel.

Ecología: Esta presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical, matorral desértico - Tropical, estepa espinoso - Montano Bajo Tropical, Monte espinoso - Premontano Tropical, matorral desértico - Premontano Tropical, bosque húmedo - Montano Bajo Tropical y bosque húmedo - Montano Tropical.

Subcuenca Alto Jequetepeque

Descripción: La subcuenca Alto Jequetepeque ocupa una superficie de 1 322,2 Km², representa el 33,4% del área total de la cuenca y se extiende sobre los 1000 msnm, una altitud media de 2685 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 43,4%, una longitud de cauce principal de 68 Km. Su principal afluente es el río Chilete, el cual recibe los aportes de los ríos Magdalena, Chanta, Catuden, Chetillano, Llaminchán y Huertas.

Aspectos Socioeconómicos: En esta cuenca se ubican los centros poblados como San Luis Grande, San Miguel de Pallaque, Calquis, Llapa y Tumbaden, asimismo se asientan las comunidades campesinas de Sunchubamba, San Juan de Yanac, San Juan de Cachilgon, Catache, Santa María de Magdalena y San Bernardino.

Ecología: Esta presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical, matorral desértico - Tropical, estepa espinoso - Montano Bajo Tropical, Monte espinoso - Premontano Tropical, matorral desértico - Premontano Tropical, bosque húmedo - Montano Bajo Tropical, bosque húmedo - Montano Tropical y bosque seco - Montano Bajo Tropical característico en el sector de Magdalena.

2.2.3. Características fisiográficas de las unidades hidrográficas

Existe una estrecha correspondencia entre el régimen hidrológico y las características físicas de una cuenca, por lo cual el conocimiento de éstos reviste una gran utilidad práctica, ya que al establecer relaciones y comparaciones de generalización de ellos con datos hidrológicos conocidos, pueden determinarse indirectamente valores hidrológicos en secciones de interés, para esto se utilizó la información de las cartas del IGN a escala 1/100 000. A continuación se hace una descripción de las características fisiográficas y la estimación de las mismas.

a) Área (A)

La superficie de la cuenca (A), corresponde a la proyección de ésta en un plano horizontal, y su tamaño influye en forma directa sobre las características de los escurrimientos, la unidad de medida es en Km².

b) Perímetro (P)

El perímetro de la cuenca (P), está definido por la longitud de la línea de división de aguas, que se conoce como el "parte aguas" o Divortium Acuarium, la unidad de medida es en Km.

c) Pendiente Media de la Cuenca (S)

La pendiente media de la cuenca constituye un elemento muy importante, pues influye en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce. Para calcularla se empleó el criterio de J.W. Alvord, otro método para calcular la pendiente de la cuenca, es a partir del MDT con un SIG.

d) Coeficiente de Compacidad (Kc)

El coeficiente de compacidad (Kc, adimensional), o Índice de Gravelius, constituye la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área es igual a la de un círculo, equivalente al área de la cuenca en estudio, se determina mediante la siguiente expresión:

$$Kc = 0,28 P/A^{1/2}$$

Dónde: Kc = Coeficiente de Compacidad
P = Perímetro de la cuenca (Km);
A = Área de la cuenca (Km²)

Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similitud con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO, 1985):

Clase Kc₁: Rango entre 1,0 - 1,25 y corresponde a forma redonda a oval redonda

Clase Kc₂: Rango entre 1,25 - 1,5 y corresponde a forma oval redonda a oval oblonga

Clase Kc₃: Rango entre 1,5 - 1,75 y corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga. En cualquier caso, el índice será mayor que la unidad mientras más irregular sea la cuenca y tanto más próximo a ella cuando la cuenca se aproxime más a la forma circular, alcanzando valores próximos a 3 en cuencas muy alargadas.

e) Factor de Forma (Ff)

El factor de forma (Ff, adimensional), es otro índice numérico con el que se puede expresar la forma y la mayor o menor tendencia a crecientes de una cuenca, en tanto la forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo.

El Factor de Forma tiene la siguiente expresión:

$$Ff = Am/L = A/L^2$$

Dónde: Ff = Factor de forma
Am = Ancho medio de la cuenca (Km);
L = Longitud del curso más largo (Km);
A = Área de la cuenca (Km²)

Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor forma tiende a uno. Este factor, como los otros que se utilizan en este Estudio, es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente.

De manera general, una cuenca con factor de forma bajo, está sujeta a

menos crecientes que otra del mismo tamaño pero con un factor de forma mayor, se ha determinado el factor de forma (Ff) para la cuenca del río Jequetepeque y para cada una de las subcuencas más importantes, su medida es un número adimensional.

f) Altitud Media de la Cuenca (H)

La Altitud Media (H) de una cuenca es importante por la influencia que ejerce sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación, transpiración y consecuentemente sobre el caudal medio. Se calcula midiendo el área entre los contornos de las diferentes altitudes características consecutivas de la cuenca; en la altitud media, el 50% del área está por encima de ella y el otro 50% por debajo de ella.

g) Rectángulo Equivalente:

Este parámetro de relieve consiste en una transformación geométrica que determina la longitud mayor y menor que tienen los lados de un rectángulo cuya área y perímetro son los correspondientes al área y perímetro de la cuenca.

$$L \times l = A \quad (Km^2)$$

$$2(L + l) = P \quad (Km)$$

Dónde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (Km;)

l = Longitud del lado menor del rectángulo equivalente (Km;)

Para la cuenca del río Jequetepeque y para cada una de sus subcuencas más importantes, se han determinado los lados mayor y menor del rectángulo equivalente y estas están expresadas en Km; En el cuadro N° 2.3, se presenta las características fisiográficas de las subcuencas seleccionadas.

Esta cuenca tiene un área de 3 956,4 Km², una altitud media de 2410 msnm y una pendiente media en el orden de 37 % y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro.

El Factor de Forma determinado es 0,13 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 2,59 y que corresponden a cuencas de forma alargada (ver mapa de parámetros).

Cuadro N° 2.3
Características Fisiográficas de las Subcuencas

Subcuencas	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Altitud media (msnm)	Pendiente media (%)	Coeficiente de Compacidad	Factor de forma	Rectángulo Equivalente	
							Lado Mayor (Km)	Lado Menor (Km)
*Bajo Jequetepeque	660.5	163.2	530.0	29.3	-	-	-	-
*Medio Bajo Jequetepeque	153.3	79.9	1320.0	49.3	-	-	-	-
*Medio Jequetepeque	144.3	51.1	1375.0	45.7	-	-	-	-
*Medio Alto Jequetepeque	3.6	8.5	926.9	34.8	-	-	-	-

Alto Jequetepeque	1322.2	197.4	2685.9	43.4	1.5	0.3	82.7	16.0
Chausis	205.9	67.1	2119.4	47.0	1.3	0.4	25.4	8.1
Contumaza	187.7	78.2	2573.9	45.0	1.6	0.3	33.5	5.6
Pallac	236.9	76.9	2650.0	38.7	1.4	0.5	30.7	7.7
San Miguel	1041.9	179.9	3250.0	28.5	1.6	0.2	76.3	13.7

*Intercuencas

h) Longitud de Cauce (L)

Se denomina longitud de cauce principal (L), al cauce longitudinal de mayor extensión que tiene una cuenca determinada, es decir, el mayor recorrido que realiza el río desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades hasta un punto fijo, que puede ser una estación de aforo o desembocadura, se determinó la longitud del cauce principal del río Jequetepeque y subcuencas principales, la unidad de medida es en Km.

i) Pendiente Media del Cauce (Sc)

Es la relación entre la diferencia de altitudes del cauce principal y la proyección horizontal del mismo. Su influencia en el comportamiento hidrológico se refleja en la velocidad de las aguas en el cauce, lo que a su vez determina la rapidez de respuesta de la cuenca ante eventos pluviales intensos y la capacidad erosiva de las aguas como consecuencia de su energía cinética. Se ha determinado la pendiente del cauce principal del río Jequetepeque y para cada una de las subcuencas más importantes que la conforman expresado en porcentaje (%). En el cuadro N° 2.4, se presenta las características longitud y pendiente de las subcuencas evaluadas, mientras que en la figura N° 2.2 se presenta el mapa de subcuencas para la cuenca Jequetepeque.

Cuadro N°2.4
Características del cauce principal de las subcuencas

Subcuencas	Cauce principal	Longitud (Km)	Pendiente Media (%)
*Bajo Jequetepeque	Tramo del Río Jequetepeque	73.3	0.6
*Medio Bajo Jequetepeque	Tramo del Río Jequetepeque	16.1	1.0
*Medio Jequetepeque	Tramo del Río Jequetepeque	14.0	0.7
*Medio Alto Jequetepeque	Tramo del Río Chilete	2.5	2.0
Alto Jequetepeque	Tramo del Río Chilete y Río Magdalena	68.3	3.2
Chausis	Quebrada Chiminote	22.8	7.3
Contumaza	Río Contumaza	23.6	7.3
Pallac	Río Pallac	22.0	9.9

San Miguel	Río San Miguel	70.9	3.9
------------	----------------	------	-----

*Intercuencas

Para la cuenca total del río Jequetepeque se ha elaborado el resumen descriptivo mostrado en el cuadro N° 2.5 y las figuras N° 2.3 y 2.4.

Cuadro N°2.5
Características Fisiográficas de la cuenca Jequetepeque

Descripción	Und.	Valor	Observación
Parámetros físicos			
Área o magnitud de la cuenca (Ac)	km ²	3956.4	-
Perímetro (P)	km	577.2	-
Cotas de la cuenca			
Cota máxima	msnm	4201	-
Cota mínima	msnm	0	-
Centroide de la cuenca			
Longitud	°	-78.86	WGS84
Latitud	°	-7.18	WGS84
X Centroide	m	735838	UTM ZONE 17S
Y Centroide	m	9205841	UTM ZONE 17S
Z Centroide	msnm	1407	-
Altitudes de la cuenca			
Altitud promedio	msnm	2624	Mediante SIG y DEM (ASTER GDEM 30m)
Altitud de frecuencia media	msnm	2410	Mediante curva hipsométrica (50% A acum)
Altitud más frecuente	msnm	3076	Mediante Polígono de frecuencias
Pendientes de la cuenca			
Pendiente de la cuenca	%	37.6	Método de J. W. Alvord
P. de la Red Hídrica			
Longitud del Río principal	km	175	Proyectado
Pendiente del Río principal	%	1.7	Criterio simplificado
Orden de la Red Hídrica	Und.	5	-
Longitud de la Red Hídrica	km	2875.8	-
Pendiente Promedio de Red Hídrica	%	1.4	-

Figura N° 2.3

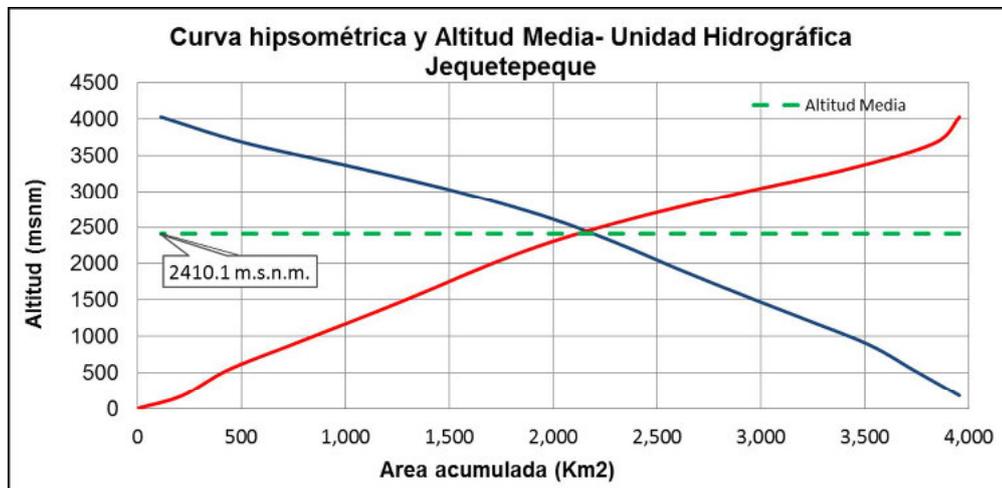
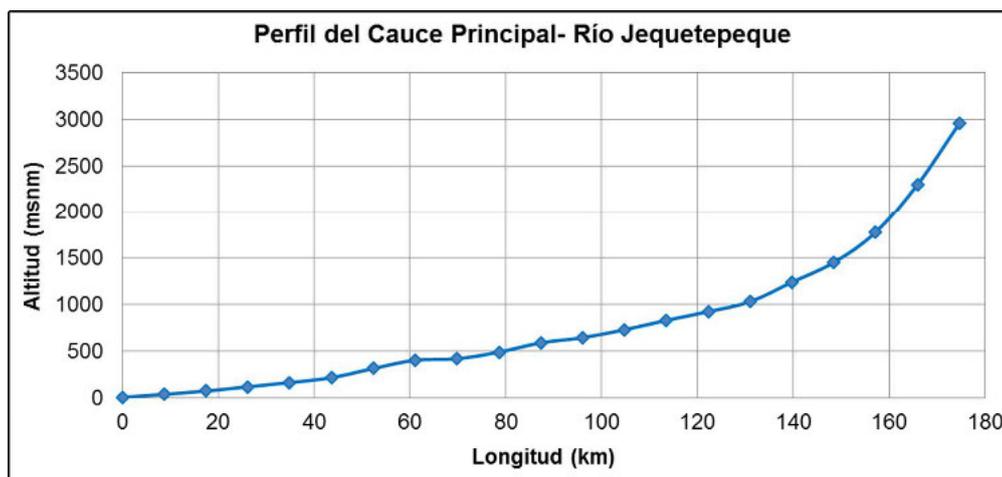


Figura N° 2.4



2.3. USO MAYOR DE SUELOS

La clasificación de los suelos según su capacidad de uso mayor es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo basado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamientos continuos y usos específicos. El criterio básico que rige esta clasificación está determinado fundamentalmente por las características ecológicas, así como por la naturaleza y grado de limitaciones que impone el uso del suelo, de acuerdo con las variaciones de sus características físico-químicas, morfológicas y topográficas. En los párrafos siguientes, se describe los diferentes tipos de tierras identificadas de Capacidad de Uso Mayor, sobre una superficie total de 3 956.4 Km². La superficie y porcentaje de las diferentes tipos de usos de tierras identificadas se muestran en el cuadro N° 2.6 y Figura N° 2.5.

Tierras aptas para Cultivo en Limpio (A)

Incluye aquellas tierras que presentan las mejores características edáficas, topográficas y climáticas de la zona de estudio, para el establecimiento de una agricultura de tipo intensivo, incluye suelos bien desarrollados, con buenas características físicas, químicas y biológicas, las mayores limitantes de estos suelos son del orden climático un tanto adverso; sobre todo para los suelos de la sierra, por la presencia de heladas, granizadas y lluvias torrenciales y oscilaciones sensibles de temperatura entre el día y la noche, lo cual afecta a la mayoría de los cultivos.

A2

Tierras aptas para cultivos en limpio con calidad agrológica media. En la superficie de estas unidades cubre un área de 187.92 km², que representa el 0.05 % de la cuenca. Los suelos son moderadamente profundos a muy profundos, con una textura que va de media a pesada, con un drenaje bueno, pH moderadamente ácido a moderadamente alcalino, fertilidad natural media y con una pendiente ligeramente inclinada a inclinada. Entre las prácticas de control, se recomienda implementar las áreas agrícolas con obras mecánico estructurales, tales como Terrazas de Formación Lenta, sobre todo en los suelos con pendientes inclinadas en cuyo talud establecer especies forestales o frutales que se adapten a la zona ecológica; también se recomienda aplicación de abonos orgánicos con la finalidad de incrementar la fertilidad de los suelos. Se recomienda la instalación de cultivos agrícolas como maíz blanco criollo, cebada, trigo, entre otros propios de la zona ecológica; teniendo en cuenta las limitaciones de clima y del factor agua. Estas unidades dentro de cuenca están ubicadas dentro del fondo de valle del río Jequetepeque, existen limitaciones por el suelo, inundaciones y riego.

A3

Esta unidad cartográfica de uso mayor corresponde a tierras aptas para cultivos en limpio con calidad agrológica baja; abarca una extensión de 0.23 km², equivalente al 0.01% del total de la cuenca. Son suelos superficiales a moderadamente profundos, textura media, drenaje bueno, con reacción fuertemente a ligeramente ácido. Su fertilidad natural es media, con pendientes de ligeramente inclinada a empinada, característica que lo califica como suelos de calidad agrológica baja, donde la erosión hídrica es severa. En estos suelos se hace necesario la implementación de algunas medidas de control, como la instalación de barreras vivas a curvas a nivel, cuya distancia estará en función a la pendiente del suelo, para ello se puede utilizar especies forestales nativas, también se puede utilizar el agave (penca); entre estas estructuras es posible la instalación de cultivos agrícolas propios de la zona ecológica; sin embargo, por el momento se recomienda la instalación de pastos, con la finalidad de iniciar la recuperación paulatina de estos suelos.

Tierras aptas para Producción Forestal (F).

Estas tierras presentan limitaciones climáticas, edáficas y topográficas, que no permiten la actividad agropecuaria, pero que sí son aptas para la producción de especies forestales, adaptados a las condiciones ecológicas del medio. Este grupo de tierras, comprenden suelos superficiales a moderadamente profundos, drenaje bueno, excesivo y a veces imperfecto; de reacción desde muy fuertemente ácida hasta moderadamente alcalina; pendientes variables desde ligeramente inclinadas hasta empinadas; ligeramente pedregosos a pedregosos y

erosión moderada a severa. La calidad agrológica de estas tierras es de media a baja; requieren prácticas ligeras a intensas de manejo y conservación de suelos para mantener su capacidad productiva y la protección de éste recurso.

F2

Esta unidad corresponde a Tierras aptas para Forestales con calidad agrológica media; cubren un área de 26.41 km², que representa el 0.67 % del total en asociación con tierras para protección y un área de 277.17 km² que representa el 7.01 % de la cuenca en asociación con tierras para pastoreo. Estos suelos son desarrollados a partir de rocas calizas, areniscas, cuarcitas y en otros lugares están constituidos por depósitos de materiales detríticos gruesos de origen aluvio coluvial; cuyas características principales son: texturas ligeras, drenaje excesivo, reacción ligeramente ácido a ligeramente alcalino, pendiente inclinada a moderadamente empinada, superficiales, ligeramente pedregosos y erosión moderada a severa. En estas tierras se recomienda la instalación de especies forestales nativas como el saucecillo, romerillo, la cascarilla, cedro, guayacán, aliso, entre otros propios de la zona; también se puede forestar y reforestar con especies exóticas de acuerdo a la calidad del sitio destacando entre ellas el Pinus patula y Pinus radiata y otras especies apropiadas que prosperen en estas condiciones ecológicas

F3

Esta unidad cartográfica simboliza a las tierras de aptitud forestal con calidad agrológica baja, cubren una superficie de 465.48 km², que equivale al 0.12 % en asociación con tierras para protección y un área de 63.37 km² que representa el 1.60 % de la cuenca en asociación con tierras para pastoreo. Son suelos que se originan como producto de la descomposición de rocas calizas, areniscas, cuarcitas y lutitas; son superficiales de textura ligera, drenaje excesivo, de reacción ligeramente ácido a ligeramente alcalino, con pendientes inclinadas a moderadamente empinada; característica que lo califica como de calidad agrológica baja, con clima cálido a templado. Su aptitud se orienta al establecimiento de especies forestales nativos propios de la zona ecológica, bajo un sistema de plantación a tres bolillos y con zanjas de infiltración a curvas de nivel.

Tierras aptas para Pastos (P)

En este grupo se tiene a todas aquellas tierras que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivo en limpio o permanente; pero si permiten la instalación de pastos o permiten el mejoramiento de pastos naturales orientados a un uso continuado o temporal para el pastoreo con técnicas accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Incluyen también tierras que permiten su uso temporal para el pastoreo de especies naturales o cultivadas, agrupa tierras de calidad agrológica media a baja, necesitan labores intensivas de manejo y conservación para asegurar un rendimiento permanente.

P2

Unidad cartográfica que corresponde a Tierras aptas para pastos con calidad agrológica media; ocupan una extensión de 108.19 km², que a su vez representa el 2.73 % del total de la cuenca y 406.58 km² que representan el 10.28 % en asociación con tierras para protección. Son suelos formados a partir de la descomposición de rocas volcánicas, así como de rocas areniscas y lutitas, son superficiales a moderadamente profundos, de textura media, drenaje bueno, de reacción fuertemente a ligeramente ácido, con pendientes inclinadas a empinadas. Su fertilidad natural es media, contenido de materia orgánica media a

alta. Su aptitud se orienta soportar el cultivo de pastos mejorados y al mejoramiento de pastos naturales; se debe establecer obras mecánico estructurales, como zanjas de infiltración, con distanciamientos de zanja a zanja que deberá estar en función a la pendiente del suelo; en cuyo talud se debe establecer plantaciones forestales con especies nativas propios del lugar que sean resistentes a ciertos cambios de temperatura.

P3

Esta unidad corresponde a Tierras aptas para Pastos, de calidad agrológica baja, subclase por suelo y erosión como factores limitante; ocupan una extensión de 256.26 km² que representa el 6.48 % del total del área evaluada y 445.37 km² que representan el 11.26 % en asociación con tierras de protección. Estos suelos son poco desarrollados, constituidos por depósitos de materiales detríticos gruesos derivados de rocas areniscas, cuarcitas y calizas. Son superficiales a moderadamente profundos, de texturas ligeras a medias, drenaje bueno a excesivo, con poca capacidad de retención de humedad, de reacción ligeramente a moderadamente ácida, pendiente inclinada a moderadamente empinada, ligeramente pedregoso y erosión moderada a severa. En estas tierras se recomienda en lo posible evitar el sobre pastoreo, para favorecer la regeneración de la pastura; sin embargo, el suelo y la erosión hídrica se tornan como factores limitantes; así mismo las fuertes lluvias de la época de invierno producen escorrentía superficial y erosión de los suelos. La aptitud está orientada a la instalación de pastos mejorados como sorgo forrajero, pasto elefante, gramalote en zonas húmedas.

Reservorio

Comprende un área de 13.24 km², que representan el 0.33 % de la zona de estudio.

Tierras de Protección (X)

Estas tierras como unidades puras de suelos, están ocupando laderas medias y altas de todas las provincias del departamento, constituyen suelos sin desarrollo genético o de desarrollo incipiente; se caracterizan por sus limitaciones muy severas a extremas que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios y aún para fines de explotación forestal; es decir, son tierras que no presentan condiciones edáficas, topográficas ni climáticas mínimas requeridas para el desarrollo de los cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastoreo y producción forestal; sin embargo pueden ser utilizadas para otras actividades tales como recreación y turismo o para ser manejadas con fines de protección de cuencas hidrográficas, preservación de vida silvestre y otras. Estas tierras incluyen afloramientos rocosos, áreas de cárcavas y escarpes; están distribuidas en montañas y colinas altas con pendientes pronunciadas, con climas variados desde secos y con escasa precipitación hasta aquellos fríos húmedos y registros elevados de lluvias. Abarcan un área de 1460.62 km², que representan el 36.92 % de la cuenca.

2.4. ASPECTOS BIOLÓGICOS

En la actualidad, la conservación de los recursos naturales (agua, flora, fauna, suelo, etc.) y su uso sostenible, es una prioridad ante la problemática ambiental que enfrenta el país. El conocimiento de la diversidad de especies de flora y fauna es urgente; además de necesaria para el desarrollo de proyectos específicos que beneficien a la población humana de las comunidades de las subcuencas, pero también que sean de utilidad para la conservación del entorno natural.

El conocimiento de la vegetación es necesario para innumerables actividades de investigación y desarrollo por su importancia como componente fundamental del sistema ecológico. La vegetación es captadora y transformadora de energía solar, puerta de entrada de la energía y de la materia a la cadena trófica, almacén de energía, proveedora de refugio de la fauna, agente reductor de la contaminación atmosférica y del ruido, fuente de materia prima para el hombre, fuente de bienestar espiritual y cultural por su valor estético, recreativo y educativo (Matteucci & Colma, 1982).

2.4.1. Descripción del Medio Biológico

A. Ecología

La zona de vida está definida como un conjunto de ámbitos específicos de los factores climáticos principales: el calor, expresado a través de la biotemperatura, la precipitación, humedad y altitud que le dan al ambiente un aspecto singular.

De acuerdo al mapa ecológico elaborado por la ONERN (1976), basado en el Sistema de Clasificación de Holdridge; aplicado para el Perú por Joseph A. Tossi (1960), el ámbito del proyecto se identificaron 15 zonas de vida y su distribución se muestra en la Figura N° 2.6.

Cuadro N° 2.10 Zonas de vida en el ámbito de la cuenca del río Jequetepeque

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION	AREA (Ha)	Área (Km ²)	%
bh-MBT	bosque húmedo - Montano Bajo Tropical	40178.9	401.8	10.2%
bh-MT	bosque húmedo - Montano Tropical	72553.2	725.5	18.3%
bmh-MT	bosque muy húmedo - Montano Tropical	42763.6	427.6	10.8%
bs-MBT	bosque seco - Montano Bajo Tropical	31884.8	318.8	8.1%
bs-PT	bosque seco - Premontano Tropical	16590.0	165.9	4.2%
dd-PT	desierto desecado - Premontano Tropical	14038.3	140.4	3.5%
dp-PT	desierto perárido - Premontano Tropical	21347.8	213.5	5.4%
ds-PT	desierto superárido - Premontano Tropical	1783.0	17.8	0.5%
e-MT	estepa - Montano Tropical	8671.7	86.7	2.2%
ee-MBT	estepa espinosa - Montano Bajo Tropical	33015.6	330.2	8.3%
md-MBT	matorral desértico - Montano Bajo Tropical	4328.3	43.3	1.1%
md-PT	matorral desértico - Premontano Tropical	42441.9	424.4	10.7%
md-T	matorral desértico - Tropical	23853.6	238.5	6.0%
mte-PT	monte espinoso - Premontano Tropical	33665.9	336.7	8.5%
pmh-SaT	páramo muy húmedo - Subalpino Tropical	8526.4	85.3	2.2%
TOTAL		395643.0	3956.4	100.0%

a. bosque húmedo - Montano Bajo Tropical (bh-MBT)

Esta zona de vida, ofrece un clima bastante favorable para la agricultura y ganadería (potencial agropecuario), así como para la producción de maderas y para el establecimiento humano. En los terrenos de poco declive, se concentra la producción de papa, hortalizas y maíz. Aquí, se encuentra la mayor parte de áreas dedicadas a la actividad ganadera para la producción lechera.



Foto N° 2.1.- Localidad La Quinua, Distrito El Prado - San Miguel.

b. bosque húmedo - Montano Tropical (bh-MT)

La temperatura promedio anual es de 11°C y la precipitación pluvial anual de 900 mm. La evapotranspiración potencial en mm es la mitad (0.5) o igual (1) a la cantidad de lluvia que precipita. Topografía accidentada y los suelos son superficiales y de mediana profundidad. La vegetación natural clímax ha desaparecido, no obstante, es posible observar arbustos del género *Cassia* y *Lupinus* asociados en mezcla con una vegetación de piso de tipo graminal.



Foto N° 2.2.- En Pozo Seco, Distrito de Tumbaden - Provincia de San Pablo.

c. bosque muy húmedo - Montano Tropical (bmh-MT)

Presenta condiciones adecuadas para la actividad agropecuaria. Se cultiva: *Solanum tuberosum* `papa`, *Vicia faba* `haba`, *Triticum sativum* `trigo`, *Hordeum sativum* `cebada`, y *Lupinus spp* `chocho`; en los subpáramos, entre los 3200 y

3600 msnm, existen praderas de pastos naturales constituidos por el género Calamagrostis, Stipa.



Foto N° 2.3 - En Alto Perú, Distrito de Tumbaden - Provincia de San Pablo.

d. bosque seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

Se distribuye altitudinalmente, sobre el monte espinoso-Premontano Tropical y también sobre el bosque seco-Premontano Tropical, entre los 2 000 y 3 000 msnm, en la región de sierra. Posee un clima subhúmedo-templado cálido, con temperatura media anual entre 17 °C y 12 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 500 y 650 milímetros. La cubierta vegetal es más abundante, tanto cualitativa como cuantitativamente, que en la zona de vida estepa espinosa, sin embargo en algunos lugares la vegetación original primaria ha sido completamente destruida por el sobrepastoreo y recolectado como matorral energético. La actividad agrícola se desarrolla en los lugares donde hay disponibilidad de agua para regar, siendo factible también la agricultura de secano en años relativamente lluviosos.



Foto N° 2.4- Distrito de San Juan - Provincia de Cajamarca.

e. bosque seco - Premontano Tropical (bs-PT)

Se distribuye en los valles interandinos y en la vertiente occidental de los Andes de la región de sierra, entre los 1000 y 2000 msnm, y en otras lugares entre los 1500 y 2000 msnm.

Posee un clima subhúmedo-semicálido, con temperatura media anual entre 19 °C y 17 °C; y precipitación pluvial entre 600 y 800 milímetros.

La cubierta vegetal es típica de sabana compuesto por árboles relativamente de porte bajo, arbustos y un manto de vegetación graminal estacional.

En las tierras aparentes que disponen agua para riego permanente, se siembra una gran variedad de cultivos, tales como: maíz, papa, hortalizas, caña de azúcar para producir chancaca y aguardiente. Al comienzo de la época de lluvias también se siembra maíz y frejol. Gran parte del resto de la sabana es utilizada para el pastoreo de ganado vacuno y caprino generalmente con una fuerte carga animal, (sobre pastoreo), que viene degradando severamente tanto la vegetación natural como los suelos.



Foto N° 2.5 Distrito de Magdalena - Provincia de Cajamarca.

f. desierto desecado - Premontano Tropical (dd-PT)

Esta zona de vida se extiende como una franja angosta que recorre paralelamente al litoral, desde el nivel del mar hasta los 500 msnm. El terreno se caracteriza por contar con planicies y ondulaciones cubiertas de arena, a excepción de las áreas con actividad agrícola donde los terrenos son completamente planos. Asimismo, se incluye en determinado sector algunas colinas bajas, que emergen sobre las amplias planicies.

Presenta un clima desértico, con una temperatura media anual entre 21 °C y 23 °C, y una precipitación pluvial total anual inferior a 30 mm. El promedio de la relación de Evapotranspiración Potencial total por año, según el Diagrama Bioclimático de Holdridge, varía entre 32 y 64, es decir, existe un gran déficit de humedad en el suelo, correspondiéndole la provincia de humedad desecado.

La vegetación natural es desde nula en algunos sectores, rala en otros donde se observa esporádicamente pequeñas manchas verdes a base de especies halófilas en el extenso paisaje regosólico (arenal), y en otros sectores se observa algunas dunas con vegetación arbustiva propia de la zona como es el sapote de porte rastroso. Debido a la escasa o casi nula precipitación pluvial y a las características edáficas regosólicas, es difícil realizar actividad agropecuaria en áreas no influenciadas por los ríos.



Foto N° 2.6 - Distrito de Jequetepeque - Provincia de Pacasmayo.

g. desierto perárido - Premontano Tropical (dp-PT)

Se ubica en la llanura costera entre los 100 y 200 msnm. La temperatura promedio anual es de 23.4°C y la precipitación pluvial total anual de 75 mm. La combinación de poca precipitación pluvial y alta temperatura indica una evapotranspiración potencial de 8 a 16 veces mayor que la precipitación pluvial, lo que coloca a esta zona de vida en perárido.

La vegetación es más abundante que en los desiertos desecados o superáridos. Se observan rodales naturales poco compactos de algarrobo, sapote, etc. Además de vegetación graminal asociada con otras herbáceas, efímera estacional, que se presentan con las lluvias de la estación de verano.



Foto N° 2.7- Cerca a Ventanillas, Distrito de Yonan - Provincia de Contumaza.

h. desierto superárido - Premontano Tropical (ds-PT)

Piso altitudinal de 0-1000 msnm.

Posee una temperatura máxima anual 24 °C, el promedio máximo de precipitación total por año es de 59.6 mm. La evapotranspiración promedio es de 16-32 veces la precipitación.

La vegetación predominante es el algarrobo, sapote, Chilca. Respecto al uso actual y potencial de la tierra, no es posible la agricultura sino con riegos adecuados.



Foto N° 2.8- En Las Velas, Distrito de Yonan - Provincia de Pacasmayo.

i. estepa - Montano Tropical (e-MT)

Se distribuye altitudinalmente, sobre la estepa espinosa entre los 3 000 y 4 000 msnm, en la región de sierra. Posee un clima subhúmedo-templado frío, con temperatura media anual entre 12 °C y 6 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 350 y 500 milímetros.

La cubierta vegetal está conformada por una vegetación graminal de pradera altoandina, algo dispersa y asociado con cactáceas del género *Opuntia*.

La actividad agrícola se desarrolla en los lugares con terrenos aparentes y con disponibilidad de agua para regar, así como se desarrolla una agricultura de secano, mayormente con cebada, siendo este cultivo que caracteriza esta zona de vida, que inclusive sirve para su identificación.



Foto N° 2.9 - En Santa Cruz de Toledo - Provincia de Contumaza.

j. estepa espinosa - Montano Bajo Tropical (ee-MBT)

Se distribuye en los valles y laderas de la vertiente occidental entre los 2 000 y 3 000 msnm, en la región de sierra. Posee un clima semiárido-templado cálido, con temperatura media anual entre 17 °C y 12 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 250 y 450 milímetros.

La cubierta vegetal está constituida por abundante vegetación herbácea, asociada con arbustos como la *Dodonea viscosa* `chamana_ y árboles como el *Schinus molle* `molle_ y cactáceas.

La agricultura se desarrolla sólo en aquellos lugares donde hay disponibilidad de agua para regar.



Foto N° 2.10 - En Quebrada Huertas, Distrito y Provincia de Contumaza.

k. matorral desértico - Montano Bajo Tropical (md-MBT)

Se distribuye entre los 2500 y 3000 msnm, en las laderas de las estribaciones de la Cordillera Occidental, en la región de sierra. Posee un clima árido-templado cálido, con temperatura media anual entre 17 °C y 12 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual, entre 125 y 250 milímetros.

La cubierta vegetal lo conforma una vegetación herbácea temporal que emerge con las lluvias de verano, asociada con los arbustos que son permanentes.

Las tierras aparentes localizadas en las estribaciones de la cordillera occidental, se utilizan para cultivos de subsistencia en los lugares donde se dispone agua para riego y los pastos naturales son utilizados para el pastoreo temporal durante el verano.



Foto N° 2.11- En Trinidad, Distrito de Cupisnique - Provincia de Contumaza.

l. matorral desértico - Premontano Tropical (md-PT)

Se distribuye en la Costa muy cerca de las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes. Posee un clima árido - semicálido, con temperatura media anual entre 23°C y 24°C, y precipitación pluvial total promedio anual entre 120 y 240 milímetros.

La cubierta vegetal está conformada por especies arbóreas como el sapote, el algarrobo y arbustos como el *Capparis spicata*. Las cactáceas también están

presentes siendo la especie *Neoraimondia* sp, de porte columnar prismático gigante, que es un indicador de esta Zona de Vida.

Los pastos estacionales que desarrollan durante el periodo de lluvias veraniegas, que son utilizados para el pastoreo de ganado caprino, vacuno en forma temporal. En las tierras que disponen agua de regadío hay actividad agropecuaria en pequeña escala.



Foto N° 2.12 - Cerca de Llallán, Distrito de Tantarica - Provincia de Contumaza.

m. matorral desértico - Tropical (md-T)

Geográficamente se distribuye en la costa muy cerca de las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes. Posee un clima perárido - cálido, con temperatura media anual entre 23,5 °C y 24,6 °C, precipitación pluvial total media anual entre 125 y 225 milímetros. La cubierta vegetal está conformada por especies arbóreas aisladas, constituyendo rodales. Entre las principales se encuentran el *Prosopis pallida* `algarrobo_, *Capparis scabrida* `sapote_, *Cordia lutea* `overo_, etc. Existe una cactácea que caracteriza a esta Zona de Vida, de porte columnar grueso y prismático del género *Neoraimondia*. Además se puede distinguir una cubierta de gramíneas de corte período vegetativo, que emerge con las lluvias veraniegas.

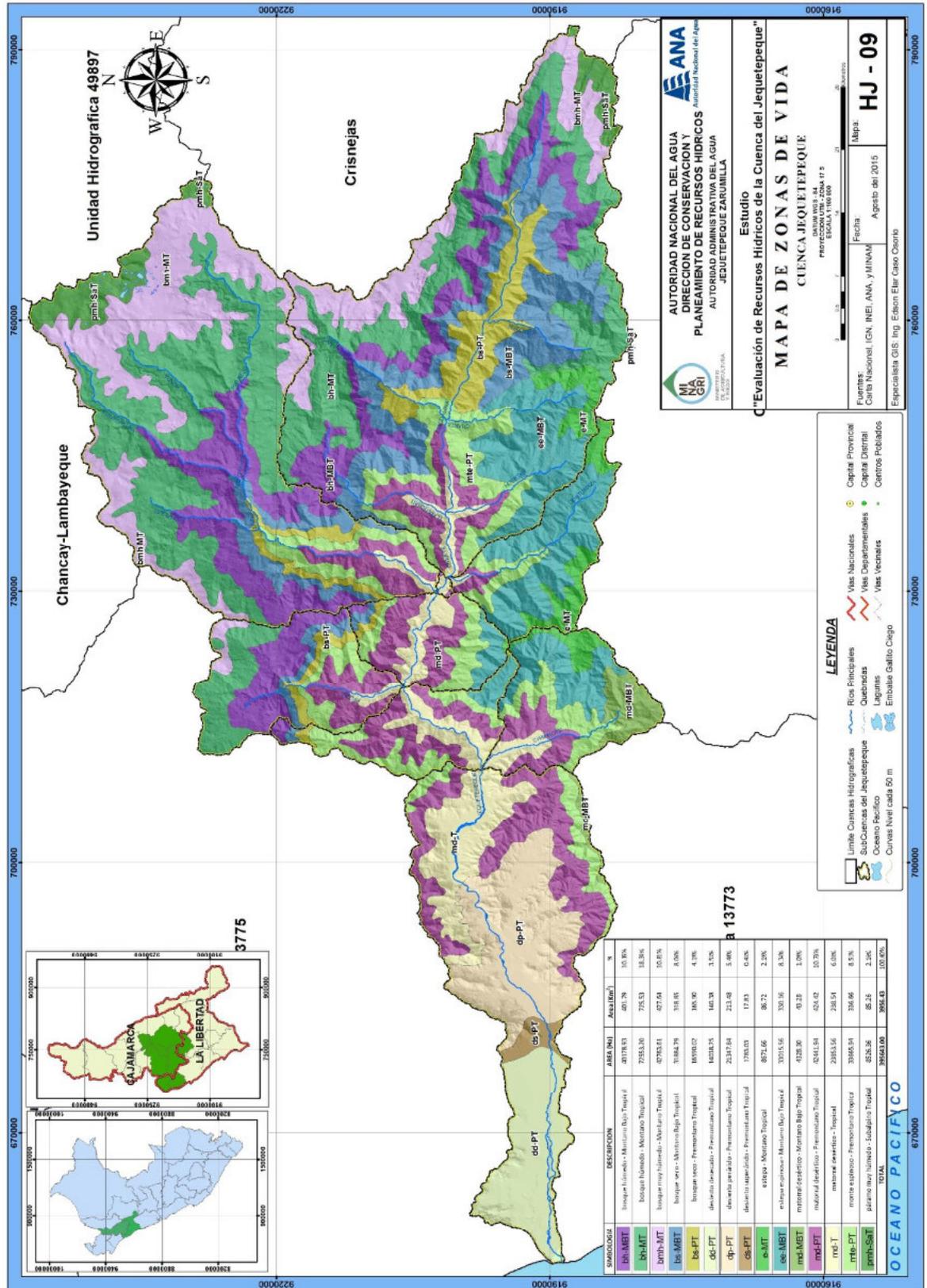
En las tierras con riego dentro de esta zona de vida se cultiva pan llevar y frutales tropicales. Potencialmente se puede desarrollar la actividad agropecuaria en forma permanente y económicamente rentable si se dota de agua de regadío.



Foto N° 2.13- Frente a Ventanillas, Distrito de Yonan - Provincia de Contumaza.

Foto N° 2.15 - En Alto Perú, Distrito de Tumbaden - Provincia de San Pablo.

Figura N° 2.6 Mapa ecológico de la cuenca del río Jequetepeque



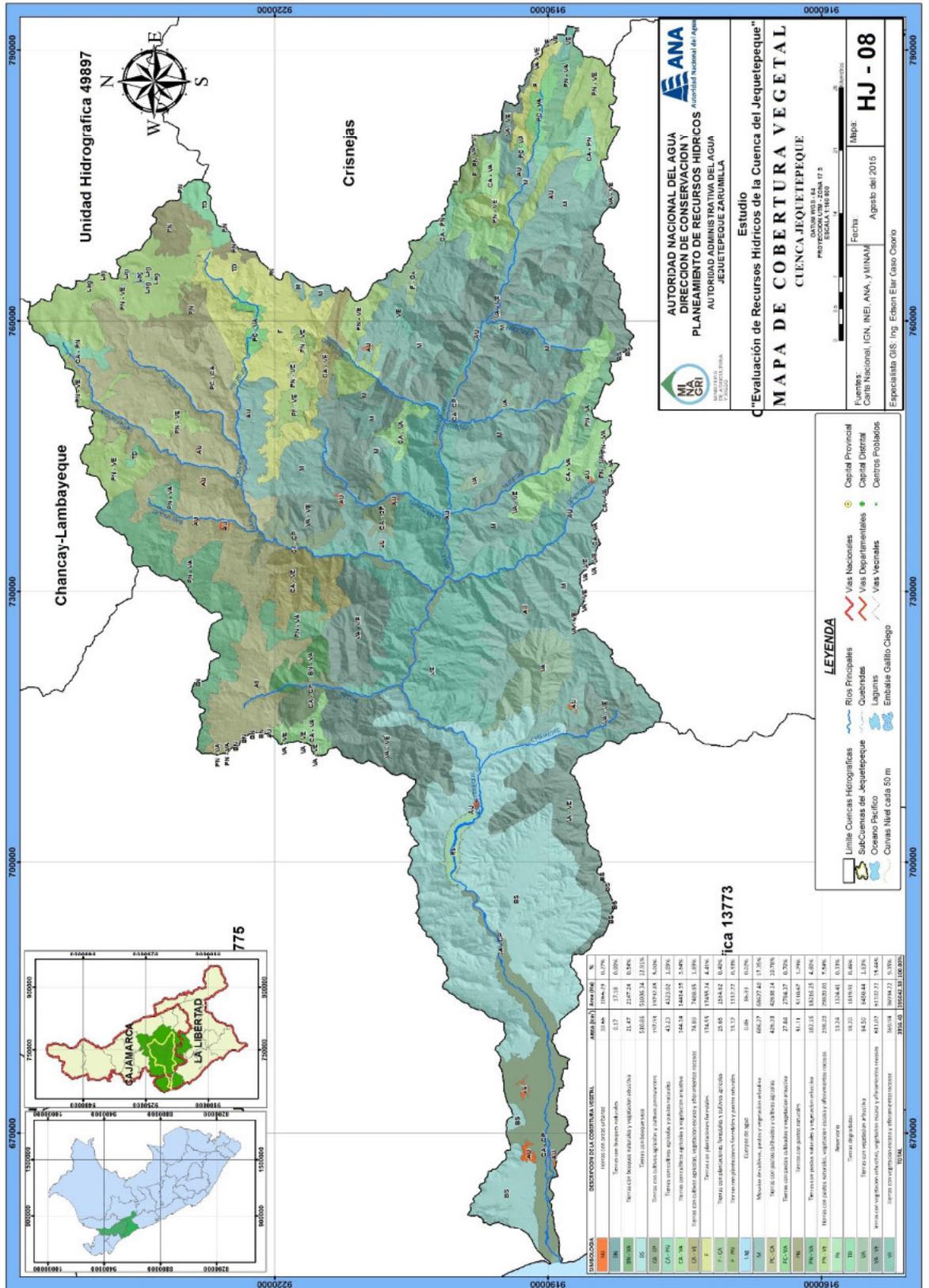
B. Cobertura Vegetal

La cobertura y el uso de la tierra, están referidas a los rasgos o cuerpos que se hallan sobre la superficie terrestre, los mismos que son utilizados por la población para satisfacer sus necesidades de supervivencia de acuerdo a sus características sociales, culturales y económicas; estos rasgos están constituidos por la vegetación natural, cultivos, centros poblados, infraestructura, entre otros y cuya distribución es mostrada en la Cuadro N° 2.11 y en la Figura N° 2.7.

Cuadro N° 2.11.
Tipos de cobertura vegetal en el ámbito de la cuenca del río Jequetepeque

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION DE LA COBERTURA VEGETAL	AREA (Km ²)	Área (Ha)	%
AU	Tierras con áreas urbanas	10.7	1066.3	0.3%
BN	Tierras con bosques naturales	0.2	17.2	0.0%
BN - VA	Tierras con bosques naturales y vegetación arbustiva	21.5	2147.2	0.5%
BS	Tierras con bosque seco	510.9	51086.3	12.9%
CA - CP	Tierras con cultivos agrícolas y cultivos permanentes	197.9	19792.9	5.0%
CA - PN	Tierras con cultivos agrícolas y pastos naturales	43.2	4323.0	1.1%
CA - VA	Tierras con cultivos agrícolas y vegetación arbustiva	144.1	14414.4	3.6%
CA - VE	Tierras con cultivos agrícolas, vegetación escasa y afloramientos rocosos	74.9	7488.8	1.9%
F	Tierras con plantaciones forestales	174.6	17455.2	4.4%
F - CA	Tierras con plantaciones forestales y cultivos agrícolas	15.6	1564.6	0.4%
F - PN	Tierras con plantaciones forestales y pastos naturales	13.1	1312.2	0.3%
Lag	Cuerpos de agua	0.9	86.3	0.0%
M	Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	686.3	68627.4	17.3%
PC - CA	Tierras con pastos cultivados y cultivos agrícolas	426.4	42638.1	10.8%
PC - VA	Tierras con pastos cultivados y vegetación arbustiva	27.8	2784.4	0.7%
PN	Tierras con pastos naturales	51.1	5110.7	1.3%
PN - VA	Tierras con pastos naturales y vegetación arbustiva	182.2	18216.3	4.6%
PN - VE	Tierras con pastos naturales, vegetación escasa y afloramientos rocosos	298.2	29820.0	7.5%
Rs	Reservorio	13.2	1324.4	0.3%
TD	Tierras degradadas	18.2	1819.9	0.5%
VA	Tierras con vegetación arbustiva	64.5	6450.4	1.6%
VA - VE	Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos	611.0	61102.2	15.4%
VE	Tierras con vegetación escasa y afloramientos rocosos	369.9	36994.2	9.4%
TOTAL		3956.4	395642.6	100.0%

Figura N° 2.7 Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del río Jequetepeque



Descripción de la Cobertura Vegetal

Tierras Urbanas (AU)

Constituidos por el casco urbano tanto pertenecientes a la cuenca. Cubren una extensión de 10.66 km². Estas ciudades se encuentran interconectadas a través de la red vial nacional, departamental y vecinal, que facilitan el intercambio comercial y otras actividades, no solo al interior de los departamentos, sino también con otros departamentos del Perú, llegando hasta el nivel internacional.

Tierras con Bosques Naturales (BN)

Estos bosques naturales (BN: 100%), están conformados por especies nativas de árboles y arbustos brindando una cobertura bastante densa a estos espacios; en su interior albergan una importante biodiversidad de flora y fauna silvestre de un alto valor bioecológico. Lo particular de estas áreas, es que durante casi todo el año se observa la presencia de una neblina espesa que proporciona humedad permanente al bosque el cual garantiza el equilibrio natural de este ecosistema. Estos bosques naturales, en su mayor parte se encuentran ocupando un paisaje de laderas y colinas de diferentes cerros. Se reitera que, en estas zonas, existen aún relictos de especies nativas de alto valor biológico y económico, como es el caso del saucecillo, romerillo, guayacán, entre otros que por razones vivenciales de la población aledaña vienen exterminándolos, sin que nadie tome cuenta de estos sucesos. Esta asociación ocupa una extensión 0.17 km², que representa el 0.00 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.16 - Bosque Natural - Miravalle - San Miguel

Tierras con Bosques Naturales y Vegetación Arbustiva (BN-VA)

Es una asociación cuyo espacio está conformado por bosques naturales y vegetación arbustiva (BN: 50% y PN: 50%). Constituyen ecosistemas importantes que también albergan importantes especies de flora y fauna. Esta asociación ocupa una extensión 21.47 km², que representa el 0.54 % del área de la cuenca.

Tierras con Bosque Seco (BS)

Estas unidades de bosques secos (BS: 100%), estos bosques están constituidos por árboles y arbustos que se presentan ligeramente defoliados la mayor parte del año, para tornarse verdes durante el periodo de lluvias en estas zonas; el clima dominante es seco, abrigado y con bajos niveles de precipitación. Cubren un área de 510.86 km², que representa el 12.91 % del área de la cuenca.

Tierras con Cultivos Agrícolas y Cultivos permanentes (CA-CP)

Se trata de una asociación ocupada por cultivos agrícolas y cultivos permanentes principalmente frutales (CA: 50% y CP: 50%). Esta asociación se localiza en pequeños valles abrigados. Esta asociación ocupa una extensión de 197.93 km², que representa el 5.00 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.17 -Tierras Agrícolas y Cultivos Permanentes - Chota

Tierras con Cultivos Agrícolas y Pastos Naturales (CA-PN)

Esta asociación se encuentra ocupada por cultivos agrícolas y pastos naturales (CA: 50% y PN: 50%). Esta asociación mayormente se localiza en las partes altas de la cuenca, donde los principales cultivos son la papa, trigo, cebada, ocas y ollucos; y los pastos naturales representados mayormente por un estrato herbáceo principalmente de gramíneas de géneros diversos. Esta asociación ocupa una extensión de 43.23 km², que representa el 1.09 % del área de la cuenca.

Tierras con Cultivos Agrícolas y vegetación Arbustiva (CA-VA)

Se trata de una asociación muy importante, que en forma aislada cubre casi toda la superficie de la cuenca; se encuentra cubierto por cultivos agrícolas propios de la zona y vegetación arbustiva (CA: 50% y VA: 50%). Esta asociación se encuentra distribuida en extensiones variables, sobre todo en aquellas áreas donde se ha ampliado la frontera agrícola y está ocupando un paisaje heterogéneo de relieve mayormente ondulado. Los cultivos agrícolas son propios de cada zona y ambiente ecológico, mientras que la vegetación arbustiva está constituida por arbustos diversos que se cubre de verde y tiene mayor densidad durante la época de lluvias. Esta asociación ocupa una extensión de 144.14 km², que representa el 3.64 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.18 - Cerro de Cascasen - San Marcos

Tierras con Cultivos Agrícolas, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos (CA-VE)

Esta asociación está constituida por cultivos agrícolas, vegetación escasa y afloramientos rocosos (CA: 50% y VE: 50%). Los cultivos agrícolas en este caso están constituidos por cereales por estar ubicados en suelos con pendientes pronunciadas y de escasa profundidad efectiva. Esta asociación ocupa una extensión de 74.89 km², que representa el 1.89 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.19 - Valle de Tuspón - Conchán

Tierras con Plantaciones Forestales (F)

Las plantaciones forestales en la cuenca son muy escasas, son pocos los esfuerzos que se vienen haciendo por parte de las instituciones públicas y privadas por reforestar nuestras laderas. Esta unidad ocupa una extensión de 174.55km², que representa el 4.41 % del área de la cuenca.

Tierras con Plantaciones Forestales y Cultivos Agrícolas (F-CA)

Esta asociación es relativamente de poca extensión en la cuenca, está constituida por cultivos agrícolas y plantaciones forestales (CA: 50% y F: 50%). Esta asociación ocupa una extensión de 15.65 km², que representa el 0.40 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.20 -Cultivos y Plantaciones Forestales - San Miguel

Tierras con Plantaciones Forestales y Pastos Naturales (F-PN)

Esta asociación está representada también por una sola unidad en cuyo espacio se encuentra plantaciones forestales y pastos naturales (F: 50% y PN: 50%). Las plantaciones forestales son de pinos y eucaliptos y los pastos naturales están representados por diversos géneros de la familia de las gramíneas. Esta asociación ocupa una extensión de 13.12 km², que representa el 0.33 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.21- Plantaciones Forestales y Pastos Naturales - San Miguel

Cuerpos de Agua (Ca)

Esta unidad se encuentra constituida por lagunas; algunas de ellas, se localizan en el ecosistema de Páramo; pero la gran mayoría se encuentran formando parte del ecosistema denominado Jalca; todas ellas de gran importancia, pues albergan una alta Biodiversidad en flora y fauna silvestre que le otorgan un Plus

para seguir siendo importantes centros turísticos de la cuenca. Cubren una extensión de 0.86 km², que representa el 0.02 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.22 -Laguna Alforja Cocha - Celendín

Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva (M)

Los cultivos agrícolas por razones de parcelación de la propiedad (tenencia de tierras), de pérdida de la capacidad productiva de los suelos y sobre todo debido a la variabilidad de estos, así como a la falta de agua de riego, y a la fisiografía heterogénea de la zona, en su gran porcentaje, no se encuentran solos, si no asociado a pastos y a vegetación arbustiva. Estas unidades se encuentran ocupadas por suelos moderadamente desarrollados, de características favorables para la instalación de cultivos propios de la zona, pero en su mayor extensión conducidos al secano. Los cultivos que predominan en estos mosaicos son el trigo, la cebada y en menor extensión el maíz, la papa, el centeno, oca y ollucos, la mayor parte de los cuales son utilizados para autoconsumo. En las unidades de mosaicos acompañan a los cultivos los pastos naturales en mal estado de desarrollo, donde predominan las gramíneas, la mayor parte de las cuales son especies palatables para el ganado. De igual manera en estos mosaicos se tiene vegetación arbustiva que progresivamente se viene deforestando para ampliar la frontera agrícola así como para ser usado como leña por las familias campesinas. Esta unidad ocupa una extensión 686.27 km², que representa el 17.35 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.23 -Mosaico de Cultivos - San Miguel

Tierras con Pastos Cultivados y Cultivos Agrícolas (PC-CA)

Esta asociación se encuentra ocupada por cultivos agrícolas y pastos cultivados (CA: 50% y PC: 50%). Los cultivos agrícolas están representados por aquellos cultivos propios de cada lugar, como maíz, papa y los pastos cultivados mayormente representados por la asociación rye grass más trébol blanco. Esta asociación ocupa una extensión de 426.38 km², que representa el 10.78 % del área de la cuenca.

Tierras con Pastos Cultivados y Vegetación Arbustiva (PC-VA)

Esta asociación está constituida por pastos cultivados y vegetación arbustiva (PC: 50% y VA: 50%). Los pastos cultivados son rye grass y trébol blanco, y la vegetación arbustiva está constituida por vegetación herbácea relativamente densa. Esta asociación ocupa una extensión de 27.84 km², que representa el 0.70 % del área de la cuenca.

Tierras con Pastos Naturales (PN)

Estos pastos naturales, lo ubicamos principalmente en las zonas altas de la cuenca. Existen otras unidades de menor extensión que por el nivel de escala se encuentran asociadas a otro tipo de cobertura. El tipo de cobertura que cubre estos espacios, en su totalidad, son pastos naturales (PN: 100%), en su mayoría de la familia de las gramíneas, con predominancia de los géneros *Stypa*, *Eragrostis*, *Calamagrostis*, *Festuca*, etc. En estas zonas los registros de precipitación son mayores y están alrededor de los 800 a 1000 mm. Promedio anual, lo cual garantiza el equilibrio natural de este ecosistema. Estos pastos naturales se encuentran en laderas de los principales cerros de este piso ecológico. Esta unidad ocupa una extensión de 51.11 km², que representa el 1.29 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.24 -Pastos Naturales - Chota

Tierras con Pastos Naturales y Vegetación Arbustiva (PN-VA)

Esta asociación está constituida por pastos naturales y vegetación arbustiva (PN: 50% y VA: 50%). Esta asociación ocupa una extensión de 182.16 km², que representa el 4.60 % del área de la cuenca.

Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa Afloramientos Rocosos (PN-VE)

Esta asociación está constituida por pastos naturales, tierras con escasa vegetación y presencia de afloramientos rocosos (PN: 50% y VE: 50%). La mayor parte de estas unidades se ubican en zonas altas con escasa cobertura vegetal mayormente pastos naturales en mal estado de desarrollo asociado con

afloramientos rocosos y suelos esqueléticos y muy erosionados. Esta asociación ocupa una extensión de 298.20 km², que representa el 7.54 % del área de la cuenca.

Tierras degradadas (TD)

Se trata de espacios alterados por trabajos de exploración y explotación minera, que incluye tajos, accesos, podsol, Spoil, pads, construcciones, campamentos y explotaciones a cielo abierto que han alterado el paisaje natural de estos ecosistemas alto andinos. Se espera que todos estos espacios sean revegetados, acondicionando el paisaje para la recuperación de la flora y fauna anteriormente existente. Esta unidad ocupa una extensión de 18.20 km², que representa el 0.46 % del área de la cuenca.

Tierras con Vegetación Arbustiva (VA)

Esta categoría está formada en su totalidad por un estrato de vegetación arbustiva en partes bastante densa, con una cobertura herbácea que crece abundantemente en la época de lluvias; ocupan un paisaje ligeramente accidentado, de pendientes pronunciadas. Las unidades se encuentran cortadas por pequeñas quebradas y cárcavas producto de la erosión severa de estos lugares. La mayor parte del año se evidencia que estos arbustos se encuentran en mal estado de desarrollo, producto de las sequías prolongadas; sin embargo durante el periodo de lluvias la vegetación recobra su verde intenso. Esta unidad está ocupada en su totalidad por una vegetación arbustiva (VA: 100%), que mayormente es utilizada por los pobladores del lugar como leña para preparar sus alimentos, en otros lugares se viene deforestando para ganar espacio y estas tierras sean incorporadas a la actividad agrícola, acelerando de esta manera el proceso erosivo de los suelos. Esta unidad ocupa una extensión de 64.50 km², que representa el 1.63 % del área de la cuenca.

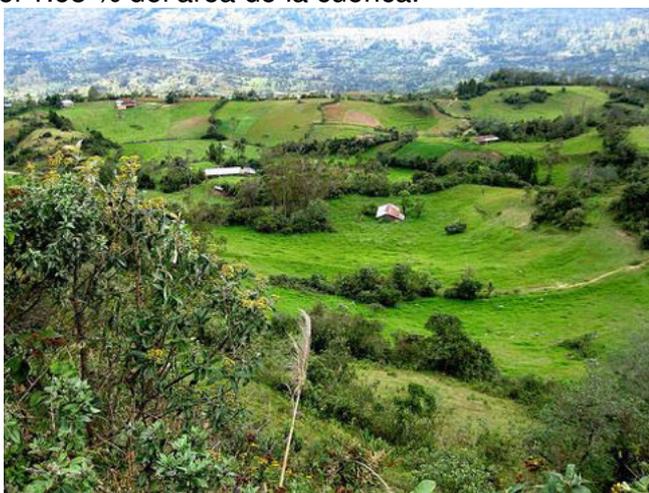


Foto N° 2.25 -Vegetación Arbustiva - Chota

Tierras con Vegetación Arbustiva, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos (VA-VE)

Se trata de la asociación más grande en toda la cuenca, ocupada por vegetación arbustiva más tierras de escasa vegetación y afloramientos rocosos (VA: 50% y VE: 50%) en las zonas altas del territorio. La vegetación arbustiva está constituida por arbustos diversos bastante densos, sobre todo durante el periodo de lluvias; mientras que el resto de las unidades están cubiertas por escasa

vegetación con presencia de afloramientos rocosos. Esta asociación ocupa una extensión de 611.02 km², que representa el 15.44 % del área de la cuenca.

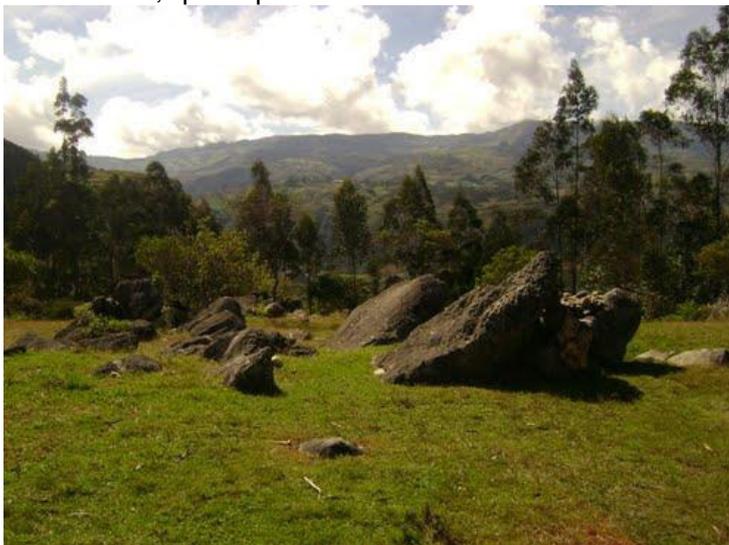


Foto N° 2.26 -Vegetación Arbustiva, Escasa y Afloramiento Rocoso - Chota

Tierras con Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos (VE)

Esta unidad está constituida por todas aquellas laderas desérticas y cerros, incluye también los afloramientos rocosos y terrenos desnudos o con escasa vegetación (VE: 100%); constituyen todas aquellas áreas marginales para todo tipo de actividades agrícolas, pecuarias y forestales, debido a las limitantes de clima y suelo. En esta unidad se observan numerosas cárcavas que forman un paisaje fisiográfico muy heterogéneo de laderas y cerros, de pendientes que varían desde moderadamente empinados hasta muy empinadas. La mayor parte de las unidades de esta categoría se ubica en las zonas altas de la cuenca hidrográfica. Esta unidad ocupa una extensión de 369.94 km², que representa el 9.35 % del área de la cuenca.



Foto N° 2.27 - Los Frailones - Cumbemayo

C. ASPECTOS DE FLORA Y FAUNA

Para el presente estudio, para describir el aspecto biológico del área de interés se ha evaluado la biodiversidad de flora y fauna; y esta actividad se ha realizado

mediante trabajos de campo a cargo de un profesional especialista. La información detallada se podrá revisar en el informe correspondiente a Aspectos Biológicos del Anexo 01 - Recursos Naturales. La siguiente descripción es un resumen de dicho documento.

Lagunas

En este tipo de ecosistemas se encontró una diversidad de avifauna siendo como *Anas cyanoptera* `pato colorado, *Larus serranus* `gaviota andina, *Anas flavirostris* `pato andino cabecinegra, *Anas georgica* `pato jerga, *Plegadis ridgwayi* `ibis de puna, *Gallinago andina* `quecheche chico", entre otras aves acuáticas. La especie piscícola encontrada fue *Oncorhynchus mykiss* `trucha.

Asimismo la flora acuática está representada por *Juncus involucratus*, *Lilaea scilloides* `cachamino_ en la mayoría de las lagunas, además hay presencia de *Cyperus sp* `tatora_. En las áreas próximas a las lagunas se encuentran especies endémicas de flora.



Foto N° 2.28- Lagunas ubicadas en Alto Perú.

Humedales

Se caracteriza especialmente a los bojedales. En el caso de estos ecosistemas; ya se encuentran alterados y desplazados por la actividad agropecuaria (presencia de pastos cultivados). Aún se observó algunas especies como *Phalcoboenus megalopterus* `chinalinda, *Colaptes rupicola* "cargacha, cortarrera", *Phrygilus plebejus* "fringilo pechicenizo", *Colibri coruscans* "colibrí, quinde" y *Bufo cophotis* `sapo.

Con respecto a la flora, hay presencia *Alchemilla diplophylla*, *Alchemilla pinnata*; además de *Cyperus* sp `tatora_, *Scirpus rigidus*, *Plantago major* `lantén_, *Calamagrostis curvula*, *Rumex crispus* `mala yerba_ (tiene la propiedad de almacenar agua y usado para la recuperación de bojedales).

La presencia de aves en estos humedales, se redujo en comparación a otras cuencas, puesto que, alterando las condiciones naturales de los bojedales hay pérdida de humedad el cual es necesario en tiempos de sequía en las cabeceras de las cuencas, y son el hábitat de diversos tipos de animales. No se encontró abundancia de especies de insectos como pequeños coleópteros, saltamontes, dípteros, lepidópteros u otros; de alguna manera estos pequeños organismos son indicadores de la calidad ambiental (específicamente del agua) en estas áreas. Por referencias de la población local, estos ecosistemas eran refugio de la *Vicugna* `vivuña_.



Foto N° 2.29.- Presencia de bojedales pequeños en Quebrada Yanahuanga.

Ríos

En este tipo de ecosistemas se observó la presencia de las siguientes aves, siendo un ambiente que sirve de bebederos o fuente de alimento de: *Falco sparverius* `cernícalo americano_, *Zonotrichia capensis* `gorrión andino_, *Turdus chiguanco* `chiguaco_, *Nycticorax* `huaco común_.

del río San Miguel, hay presencia de *Oncorhynchus mykiss* `trucha_. Esto en la parte alta de la cuenca.

Mientras que en la zona baja; se observa la presencia de *Egretta thula* "garza blanca chica", *Ardea alba* `garza blanca grande_, *Egretta caerulea*, *Mimus longicaudatus* `chisco_. Entre el río Magdalena y aguas abajo del río Jequetepeque se observa la presencia de *Brycon atrocaudatus* `cascafe_ y *Pygidium punctulatum* `life_. Anteriormente por información local en las zonas cercanas a la localidad de Tembladera se realizaba la pesca de cangrejos (típico de esa zona).

En las orillas de los ríos, se encuentran especies arbóreas nativas como: *Escallonia pendula* `pauco_, *Polylepis racemosa* `quinual_, *Alnus acuminata* `aliso_, *Escallonia paniculata* `chachacoma_, *Salix humboldtiana* `sauce_, *Cedrella montana* `cedro_ entre las especies nativas más importantes. Hay presencia de especies frutales típicas de las zonas. Entre las especies exóticas de mayor importancia que crecen en la orilla del río son *Eucalyptus globulus* `eucalipto_ y *Pinus spp* `pinos_. El follaje de las plantas, sirve como refugio de muchos animales silvestres (especialmente aves).



Foto N° 2.29.- Flora y Fauna ribereña, además de piscicultura.

2.5. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

Se presenta un resumen de los Aspectos Socioeconomicos, la información detallada se podrá revisar en el Anexo 01 - Aspectos Socioeconomicos.

A. DEMOGRAFIA

Una población va estar sujeta a cambios. Estos cambios se generan por procesos de entrada y salida. El número de personas que reside en un determinado espacio (Distrito, centros poblados, caseríos) puede decrecer, mantenerse constante o incrementarse como resultado de estos cambios. El estudio de los procesos demográficos lo que busca es caracterizar a la cuenca, desde la estructura de la población y su dinámica en el tiempo, de tal forma que permita visualizar escenarios futuros y por lo tanto contar con elementos de juicio para tomar decisiones.

La cuenca Jequetepeque, tiene influencia de 28 distritos: Asunción, Cajamarca, Chetilla, Cospan, Jesús, Magdalena, San Juan (Provincia de Cajamarca), Chilite , Contumaza, Guzmango, Santa Cruz de Toledo, Tantarica, Cupisnique y Yonan (Provincia de Contumaza), Calquis, El Prado, Llapa, San Miguel, San Silvestre de Cochán, Unión Agua Blanca(Provincia San Miguel), San Bernardino, San Luis, San Pablo, Tumbaden (Provincia San Pablo), Chepén (Provincia de Chepén) y Guadalupe, Jequetepeque, y San José (Provincia de Pacasmayo).

Según los censos de poblacionales realizados en el ámbito de estudio, muestran la evolución de la población en la cuenca, el Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda del INEI, determinó que la población estimada era de 310950 habitantes, sin embargo esta población para el 2013 ha aumentado a 370750 habitantes y para el 2015 tiene una población de 381105 habitantes. Teniendo una Tasa de crecimiento del 1993 a 2007 de 1.6% y 2007 al 2015, la población ha ido aumentando en 2.2%.

Este total de población tiene la influencia directa en la zona la cuenca Jequetepeque, los habitantes restantes se encuentran por fuera de la divisoria de aguas de la Cuenca. Tal como se observa en el cuadro N° 2.12.

Cuenca	Provincia	Distritos	Población total 1993	Tasa de crecimiento anual (%)	Población total 2007	Tasa de crecimiento anual (%)	Población 2015
ZONA ALTA JEQUETEPEQUE	San Pablo	San Pablo	13845	-0.3	13347	0.2	13591
		Tumbaden	4015	-0.7	3651	-0.2	3604
		san Luis	1803	-1.8	1406	-1.2	1276
		San Bernardino	4831	-0.2	4710	0.3	4827
	San Miguel	San Miguel	15963	-0.1	15641	0.2	15885
		Calquis	4652	-0.4	4426	0	4429
		San Silvestre de Cochán	6227	-2.1	4642	-0.5	4475

		Llapa	4764	1	5466	1.2	6035
		El Prado	3762	-4.5	1953	-4.1	1402
		Unión Blanca	4123	-0.8	3704	-0.4	3594
		Chetilla	3707	0.6	4005	13.5	13365
		Magdalena	8813	0.2	9121	0.7	9650
		San Juan	4332	0.7	4789	1	5195
		Asunción	9740	1.3	11757	1.6	13365
		Cajamarca	117509	3.3	188363	3.3	246536
		Jesús	14061	0.1	14240	0.4	14703
		Cospan	8198	-0.3	7859	0	7887
		Chilete	4187	-2	3157	-1.6	2787
		Contumaza	9620	-0.7	8713	-0.3	8499
		Guzmango	2773	0.4	2944	0.8	3130
		Santa Cruz de Toledo	1403	-1.5	1143	-1	1056
		Tantarica	1704	2.8	2552	3	3247
		Cupisnique	1858	-1.2	1566	-0.8	1471
		Yonan	7858	-0.5	7335	0.9	7899
		Chepén	39778	1	45639	0.8	48563
		Guadalupe	27002	2.3	37239	2.1	43965
		Jequetepeque	2881	1.3	3457	1.2	3808
		San José	9958	1.3	11907	0.4	12259
		TOTAL	339,367	1.6	424,732	2.2	506,503

Fuente: Censo Nacional: XI de Población y VI de Vivienda- 2007- Elaboración propia

Cuadro 2.12 Población Total Cuenca Jequetepeque

POBLACIÓN URBANA Y RURAL

La población total en la cuenca del Río Jequetepeque es predominantemente urbana (63.2%), la mayor concentración de esta población se da inminentemente en las ciudades capitales de los distritos de las provincias que interviene en el estudio, mayoritariamente de los distritos de la Cajamarca (56.0%) y los distritos pertenecientes al Valle del Jequetepeque, como Chepén (15.4%) y Guadalupe (12.5%). Mientras tanto la población que reside en el área rural de la cuenca, es de aproximadamente 36.8%, y se da en el ámbito de los centros poblados y caseríos. En este sentido se puede constatar que la provincia de Cajamarca es mayoritariamente rural (52.2%), al igual que la provincia de San Miguel (19.4%) y San Pablo (12.5%). Donde residen mayoritariamente la población rural a nivel distrital es en Cajamarca con un 24.4%, seguido del distrito de San Miguel con un 7,7%.

Una de las características de las poblaciones rurales y de los asentamientos poblacionales rurales es su dispersión, lo que genera fuertes desequilibrios en el sistema de ocupación territorial y el establecimiento de centros poblados. Ya que esta situación dificulta que los servicios públicos (educación, salud, saneamiento básico, energía eléctrica, entre otros) no tengan la cobertura a todos los centros poblados y caseríos de la Cuenca, constituyéndola además en costosa.

B. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA-PEA

Según la condición de actividad, la población en edad de trabajar se clasifica en Población Económicamente Activa (PEA) y la Población No Económicamente Activa (NO PEA). En este párrafo se considera como población Económicamente Activa (PEA), a aquella población de 14 a más años de edad que se encuentran participando en la actividad económica, ya sea teniendo un empleo o que se encuentra activamente buscando un empleo.

De acuerdo a esta definición, según los resultados del Censo 2007, la Población económicamente activa (PEA) de 14 años y más en la Cuenca Jequetepeque asciende a 155,284 personas, representado el 28.0% de la población en edad de trabajar (PET) de 14 y más años de edad, Del total de la PEA registrada en el censo del 2007, el 70.3% (99,394) son hombres, y el 29.7% (41,986) son mujeres, y la NO PEA, son todas las personas que pertenecen a la población en edad de trabajar que en la semana de referencia no han trabajado, ni buscado trabajo y no desean trabajar, con esta definición en la cuenca Jequetepeque, el 43.0% (232,222) pobladores se encuentran en esta situación, dentro de este grupo se encuentran las amas de casa, los estudiantes, los rentistas y los jubilados, que no se encuentran trabajando, ni buscando trabajo. También se consideran dentro de este grupo a los familiares no remunerados que trabajan menos de 15 horas de trabajo semanales durante el periodo de referencia.

En la cuenca, la población económicamente activa se dedica a la actividad agropecuaria, siendo muy pocas las personas que se dedican a las actividades de transformación y de servicio. El papel de la mujer se destaca por su participación activa en las labores agropecuarias de la familia.

C. ACTIVIDADES ECONOMICAS

Las principales actividades económicas en las cuenca son diversos pero destaca la agricultura y ganadería, sobre todo en los distritos de Contumaza, como Santa Cruz de Toledo, Guzmango; sin embargo en la parte baja de la cuenca, el potencial de crecimiento económico, está en los sectores agrícolas y agroindustriales por la ubicación estratégica de la provincia en la Región, cercana a Chiclayo (Norte), y Trujillo (Sur), ciudades con gran dinamismo comercial. Es importante además su producción avícola, y su enorme potencial turístico, puesto que encontramos Restos arqueológicos, arte culinario.

La producción y comercialización del arroz, y del maíz como cultivos principales dentro de una amplia y diversificada cedula de cultivos como las menestras, caña de azúcar, frutales, así como de nuevos cultivos de exportación introducidos en las últimas décadas, como los espárragos, ajíes, alcachofas, son el eje central de la actividad productiva de la parte baja de la cuenca.

USO DE TIERRA

En cuanto al uso agrícola, el valle de Jequetepeque es una zona árida, sin embargo es posible la agricultura bajo riego debido a la infraestructura instalada y el embalse Gallito Ciego, constituyendo el potencial agropecuario de la cuenca. En la parte alta La superficie agrícola se riega con lluvias estacionales y los meses de estiaje se abastecen con el caudal circulante en los ríos y quebradas.

ACTIVIDAD AGRICOLA

La existencia de diferentes pisos ecológicos dentro de la zona alta de la cuenca, permite diversidad considerable de cultivos. El sistema de producción agrícola es de autoconsumo. En la parte alta de la cuenca la superficie agrícola es de 5 161 ha.

La producción que destaca es el maíz, trigo, cebada y legumbres en las zonas de ladera; en tanto en la zona jalca, la papa, cebada, oca, olluco, son los cultivos que se siembran con mayor extensión. Destaca la producción de maíz, trigo, cebada, arveja, frejol, lenteja haba en las zonas laderas, estos cultivos en la mayoría de los casos de una forma artesanal, y básicamente la producción está destinada para el autoconsumo mantener la seguridad alimentaria de las familias, destinando los escasos excedentes al mercado; En cuestión a la comercialización de los productos, estos son ofertados en algunos casos, a los mercados locales, como la costa (Chiclayo, Chepén, Trujillo)

Por otro lado en la parte baja de la cuenca Jequetepeque se dedican a la agricultura intensiva, predominando el cultivo del arroz, le siguen en importancia el maíz, trigo y en menor escala la producción de menestras, caña de azúcar, cebolla y frutales.

ACTIVIDAD PECUARIA

La ganadería más significativa en la cuenca es la vacuna, que tiene 84627 cabezas, seguido de la crianza de ovinos con 52982 cabezas. Asimismo la crianza de caprinos se da en menor proporción con 17136 cabezas.

En la parte alta de la cuenca, el distrito de Cospan presenta mayor número de cabezas de vacunos teniendo alrededor de 8544 ganados vacunos. En el valle o parte baja de la cuenca, destacan Jequetepeque y Cuspisnique con gran número de cabezas de vacunos.

Es importante señalar que los vacunos son comercializados en el Departamento de la Libertad, a los lugares de Cascas, Ascope, y en menor escala a Lima. La producción pecuaria que se desarrolla en los distritos que pertenecen a la provincia de Contumaza, se desarrolla en poca escala, como complemento de la labor agrícola y para el sostén de las familias.

CULTURA Y TRADICIÓN

La cuenca del río Jequetepeque se caracteriza por los conocimientos culturales, porque aún prevalecen algunas festividades tradicionales, que han sido transmitidas de generación en generación. Por otro lado se ha ido perdiendo el uso y la práctica de la medicina tradicional, son muy pocos los que acuden al uso de las plantas medicinales para curar sus enfermedades.

Existen restos arqueológicos que son reconocidos a nivel nacional, como Kutur Wasi; Pakatnamu, que fueron reconocidos por el Ministerio de Cultura como patrimonio inmaterial donde acuden muy pocos turísticas. Sin embargo los petroglifos de Yonan, las ruinas de Tantarica, aún no han sido promocionados, así como otros restos arqueológicos que se menciona, y se encuentran en total abandono y necesitan restauración inmediata, pudiendo constituirse como un potencial turístico

III. RECURSOS NATURALES

3.1. CLIMATOLOGÍA

La cuenca del río Jequetepeque debido a sus características orográficas, la gradiente altitudinal y los vientos húmedos que ingresan a los valles y son detenidos por las elevaciones de la meseta andina, presenta dos sectores claramente diferenciados; una parte baja y una parte alta. La cuenca alta puede clasificarse como de clima húmedo, donde ocurren la mayor parte de las precipitaciones que elevan notoriamente el caudal del río Jequetepeque, debido a la altura su cobertura vegetal es limitada a la poca vegetación altoandina, se distingue con precipitaciones anuales entre 299 y 1472 mm, que en general ocurre en el periodo húmedo entre Diciembre a Abril, y un periodo seco, de Junio a Octubre, con escasas lluvias. La cuenca baja es árida, sin vegetación, salvo aquellas zonas bajo riego ubicadas en el valle, las precipitaciones, en general son escasas (menos de 96 mm anuales) y se presentan casi siempre en los meses de verano, concentrándose en Febrero y Marzo y pueden ser muy intensas durante la presencia del Fenómeno El Niño en la Costa Norte del Perú.

En la cuenca del río Jequetepeque y cuencas vecinas se distribuyen 18 de estaciones climatológicas con baja densidad espacial, de las cuales solo 14 presentan registros pluviométricos, la información que éstas contienen es deficiente, debido a que muchas dejaron de funcionar por diversos motivos, presentando en su mayoría cortos e incompletos periodos de registro.

Los parámetros climatológicos con registros históricos como son: la temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento, horas de sol y evaporación; serán sistematizados para caracterizar el clima de la cuenca, es necesario precisar que algunas estaciones solo cuentan con información climatológica pero no registran datos de precipitación y viceversa.

Para los objetivos del presente Estudio se ha priorizado las variables precipitación y temperatura que serán utilizados en la modelación hidrológica, la evapotranspiración será estimada utilizando estas dos variables en el capítulo modelamiento hidrológico.

En el Cuadro N° 3.1 se muestra la relación de estaciones meteorológicas administradas por el SENAMHI, con registros históricos, mientras que en la figura N° 3.1 la ubicación de las mismas.

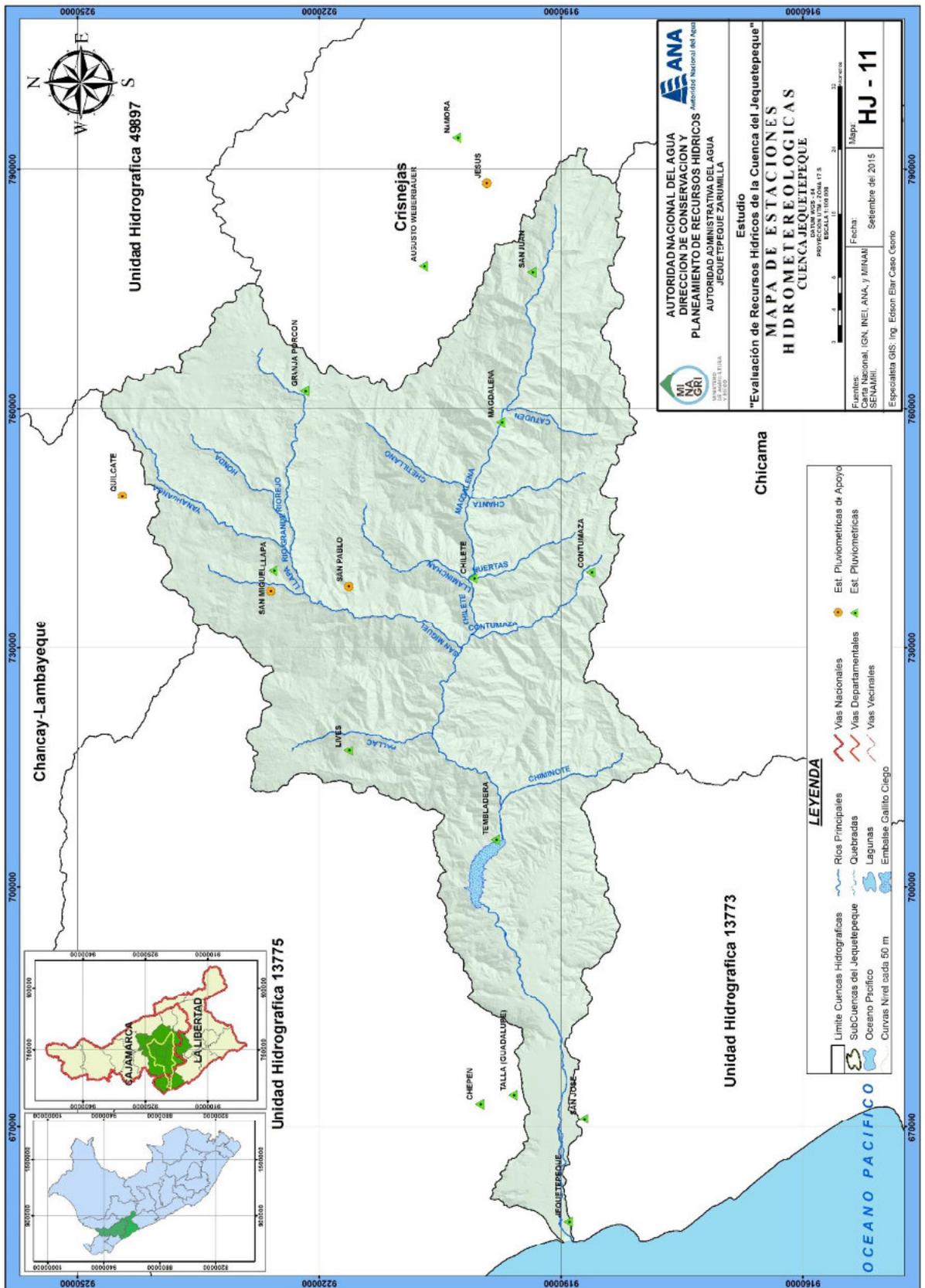
Cuadro N° 3.1
Ubicación de Estaciones Meteorológicas

Estación	Parámetros	Período
AUGUSTO WEBWEBAUER Lat. -07°09'59.80" Long. -78°29'05.28" Alt. 2660 m.s.n.m.	Precipitación total mensual	1965- 2014
	Temperatura media mensual	1950- 1961, 1965-2014
	Temperatura máxima mensual	1950- 1961, 1965-2014
	Temperatura mínima mensual	1950- 1961, 1965-2014
	Humedad relativa	1950- 1961, 1976-2014
	Evaporación	1965- 1972
	Horas de sol	1958- 1961, 1965, 1972- 2014
	Velocidad del viento	1950- 1961, 1969- 1988, 1991- 2004, 2006- 2014
CHEPEN Lat. -07°14'01.00" Long. -79°26'01.00" Alt. 114 m.s.n.m.	Precipitación total mensual	1964- 1979
	Temperatura media mensual	1963-1979
	Temperatura máxima mensual	1963-1979
	Temperatura mínima mensual	1963-1979
	Evaporación	1963-1979
CHILETE Lat. -07°13'27.12" Long. -78°50'15.36" Alt. 850 m.s.n.m.	Precipitación total mensual	1963- 2014
CONTUMAZA Lat. -07°21'55.56" Long. -78°49'20.22" Alt. 2563 m.s.n.m.	Precipitación total mensual	1964- 2014
	Temperatura media mensual	1964- 2014
	Temperatura máxima mensual	1964- 1979, 1982- 2014
	Temperatura mínima mensual	1964- 2014
	Evaporación	1964- 2008
GRANJA PORCON Lat. -07°02'10.94" Long. -78°37'59.80" Alt. 3165 m.s.n.m.	Precipitación total mensual	1966-1982, 1984- 2014
	Temperatura media mensual	1966- 1982, 1984, 1996- 2014
	Temperatura máxima mensual	1966- 1982, 1984- 2014
	Temperatura mínima mensual	1964- 2104
	Evaporación	1966- 1982, 1984
	Horas de sol	2005- 2014
	Velocidad del viento	1966- 1982, 1984- 2014
JEQUETEPEQUE Lat. -07°20'01.00" Long. -79°34'01.00" Alt. 20 m.s.n.m.	Precipitación total mensual	1970- 1983
	Temperatura media mensual	1970- 1983
	Temperatura máxima mensual	1970- 1976, 1978- 1983
	Temperatura mínima mensual	1970- 1983
	Humedad relativa	1970- 1981
	Evaporación	1970- 1983
	Velocidad del viento	1970- 1983
JESUS Lat. -07°14'14.00" Long. -78°23'22.00" Alt. 2545 m.s.n.m.	Evaporación	1996- 2014
	Humedad relativa	1996- 2005
	Velocidad del viento	1994- 2014
LIVES Lat. -07°05'00.00" Long. -79°02'00.00" Alt. 1800 m.s.n.m.	Precipitación total mensual	1963-2014
LLAPA Lat. -06°58'40.86" Long. -78°48'41.01" Alt. 2967 m.s.n.m.	Precipitación total mensual	1963- 2014
	Temperatura media mensual	1996- 2014
	Temperatura máxima mensual	1987- 1993, 1995- 2014
	Temperatura mínima mensual	1987- 2014
	Velocidad del viento	1995- 2014

MAGDALENA <i>Lat.</i> -07°15'12.40" <i>Long.</i> -78°39'09.10" <i>Alt.</i> 1257 m.s.n.m.	Precipitación total mensual Temperatura media mensual Temperatura máxima mensual Temperatura mínima mensual Velocidad del viento	1963-1984, 1986- 2014 1994- 2014 1994- 2014 1994- 2014 1995- 2014
NAMORA <i>Lat.</i> -07°12'12.00" <i>Long.</i> -78°20'20.00" <i>Alt.</i> 2782 m.s.n.m.	Precipitación total mensual Evaporación Velocidad del viento	1963- 2014 1996- 2014 1986- 1987, 1989- 2014
QUILCATE <i>Lat.</i> -06°49'49.00" <i>Long.</i> -78°44'44.00" <i>Alt.</i> 3142 m.s.n.m.	Temperatura media mensual Temperatura máxima mensual Temperatura mínima mensual Evaporación Velocidad del viento	1997- 2014 1996- 2014 1996- 2014 1996- 2014 1997- 2014
SAN JOSE <i>Lat.</i> -07°21'01.00" <i>Long.</i> -79°27'01.00" <i>Alt.</i> 100 m.s.n.m.	Precipitación total mensual Evaporación Humedad relativa Velocidad del viento	1963- 1983 1963- 1978 1963- 1982 1964, 1966- 1978, 1980- 1983
SAN JUAN <i>Lat.</i> -07°17'26.60" <i>Long.</i> -78°29'44.90" <i>Alt.</i> 2469 m.s.n.m.	Precipitación total mensual Temperatura media mensual Temperatura máxima mensual Temperatura mínima mensual Evaporación Velocidad del viento	1964- 2014 1964- 2014 1964- 2014 1964- 2014 1964- 1997 1966- 2014
SAN MIGUEL <i>Lat.</i> -06°59'46.79" <i>Long.</i> -78°51'13.64" <i>Alt.</i> 2680 m.s.n.m.	Temperatura media mensual Temperatura máxima mensual Temperatura mínima mensual Evaporación Velocidad del viento	1996- 2014 1996- 2014 1996- 2014 1996- 2014 2003- 2014
SAN PABLO <i>Lat.</i> -7°07'03.82" <i>Long.</i> -78°49'50.90" <i>Alt.</i> 2336 m.s.n.m.	Temperatura media mensual Temperatura máxima mensual Temperatura mínima mensual Temperatura mínima mensual	1996- 2014 1996- 2014 1996- 2014 1996- 2014
TALLA <i>Lat.</i> -07°16'16.00" <i>Long.</i> -79°25'24.00" <i>Alt.</i> 105 m.s.n.m.	Precipitación total mensual Temperatura media mensual Temperatura máxima mensual Temperatura mínima mensual Humedad relativa Evaporación Horas de sol Velocidad del viento	1970- 2014 1950- 1957, 1968- 2014 1950- 1957, 1968- 2014 1950- 1957, 1968- 2014 1950- 1957, 1968- 1982, 1993- 2014 1970- 2014 1950- 1951, 1968- 1990, 2002- 2004, 2009- 2014 1950- 1957
TEMBLADERA <i>Lat.</i> -07°15'01.00" <i>Long.</i> -79°08'01.00" <i>Alt.</i> 433 m.s.n.m.	Precipitación total mensual Temperatura media mensual Temperatura mínima mensual Evaporación Humedad relativa Velocidad del viento	1964- 1979, 1984 1964- 1979 1964- 1973, 1975- 1979, 1983 1964- 1979, 1983 1966- 1977, 1969- 1976 1966- 1979

Figura N° 3.1

 Mapa de Ubicación de Estaciones Meteorológicas



3.1.1. Temperatura

A. Régimen de Temperatura Media

En la cuenca del río Jequetepeque la temperatura media anual oscila en 25.6 °C y 9.8 °C, el mayor valor se observa en la estación Chepén, en la cuenca alta las temperaturas descienden, y presentan temperaturas mínimas en la estación Granja Porcón, es de resaltar que en la cuenca alta, las variaciones estacionales no son notorias presentando un valor casi constante durante todo el año.

En el Cuadro N° 3.2 se presentan los datos de temperatura media mensual en la cuenca alta y baja mientras que en los figuras N° 3.2 y N° 3.3 la variación de la temperatura media mensual en la cuenca alta y baja respectivamente.

Cuadro N° 3.2
Temperatura media (°C)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
AUGUSTO WEBERBAUER	14.8	14.8	14.7	14.6	14.2	13.7	13.5	14.1	14.6	14.7	14.8	14.9	14.4
CONTUMAZA	14.0	13.9	14.0	14.3	14.6	14.5	14.6	14.8	14.8	14.7	14.5	14.4	14.4
GRANJA PORCON	10.3	10.3	10.5	10.6	10.3	9.9	9.8	10.0	10.2	10.2	10.0	10.2	10.2
LLAPA	11.9	11.7	11.8	12.0	11.9	11.5	11.4	11.9	12.2	12.1	12.0	12.0	11.8
MAGDALENA	22.1	21.9	21.8	22.1	22.0	21.6	21.5	21.9	22.2	22.4	22.4	22.2	21.9
QUILCATE	10.9	10.9	10.9	11.0	10.9	10.5	10.2	10.6	10.6	11.1	11.2	11.0	10.8
SAN JUAN	15.5	15.4	15.5	15.7	16.0	16.2	16.5	16.8	16.7	16.3	16.3	16.0	16.1
SAN MIGUEL	13.2	13.0	13.3	13.5	13.8	13.7	13.8	14.0	14.0	13.7	13.6	13.4	13.6
SAN PABLO	14.9	14.9	15.1	15.2	15.6	15.6	15.7	15.9	15.9	15.6	15.7	15.4	15.4
CHEPEN	24.7	25.6	25.5	24.3	22.3	20.6	19.4	19.4	19.7	20.3	21.1	22.8	22.1
JEQUETEPEQUE	23.6	24.8	24.3	23.2	21.9	20.5	19.5	18.4	18.4	18.9	20.1	21.7	21.1
TALLA (GUADALUPE)	24.6	25.4	25.3	24.0	22.3	20.5	19.4	19.3	19.8	20.4	21.2	22.9	22.1
TEMBLADERA	24.1	24.5	24.4	23.8	22.9	21.4	20.5	20.6	21.2	21.8	22.1	23.1	22.4

Elaboración propia

En función de los datos de temperatura media, mostrados en el cuadro N° 3.2, se elaboró el mapa de isóneas de temperatura media anual presentada en la Figura N° 3.4

Figura N° 3.2

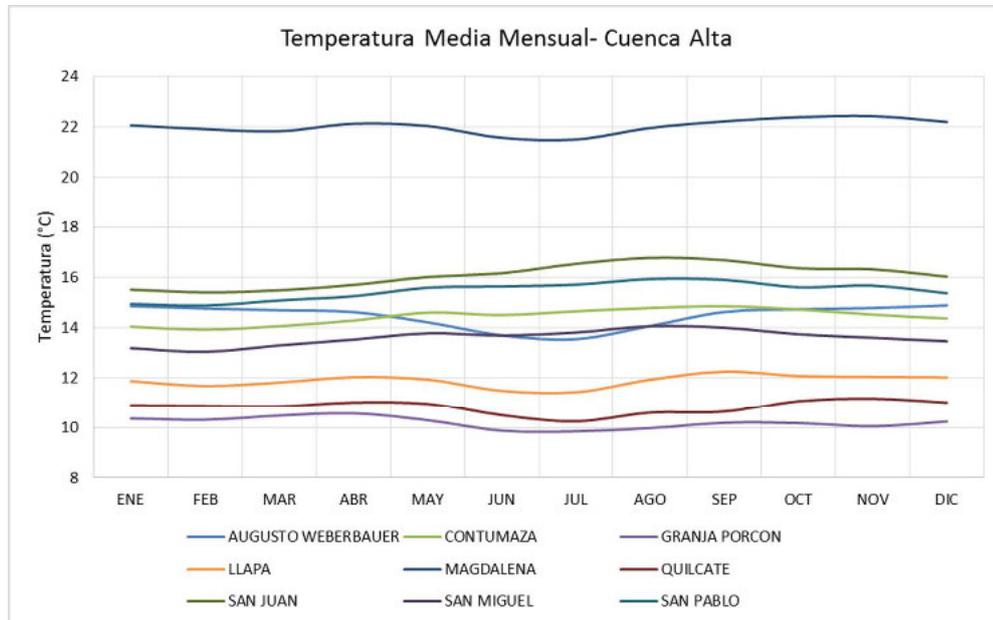


Figura N° 3.3

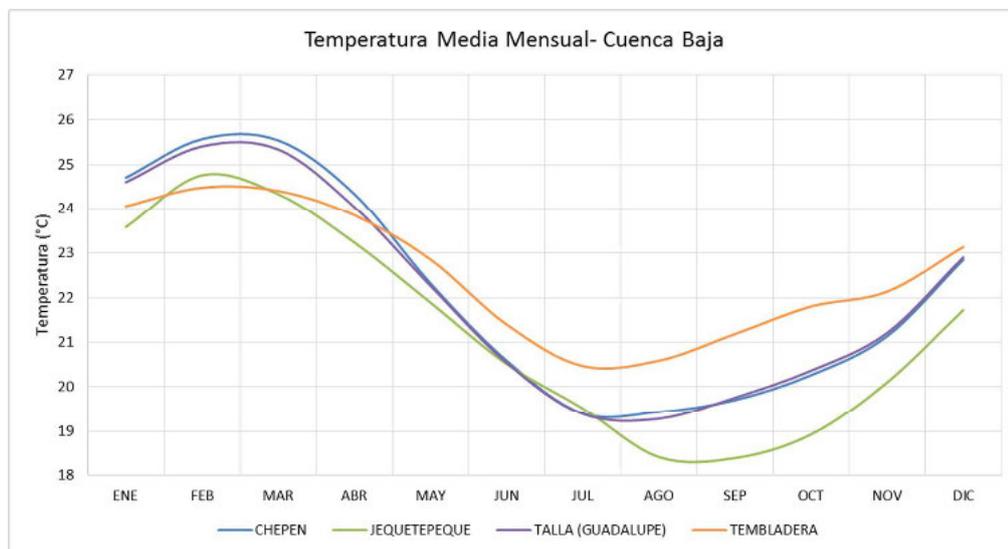
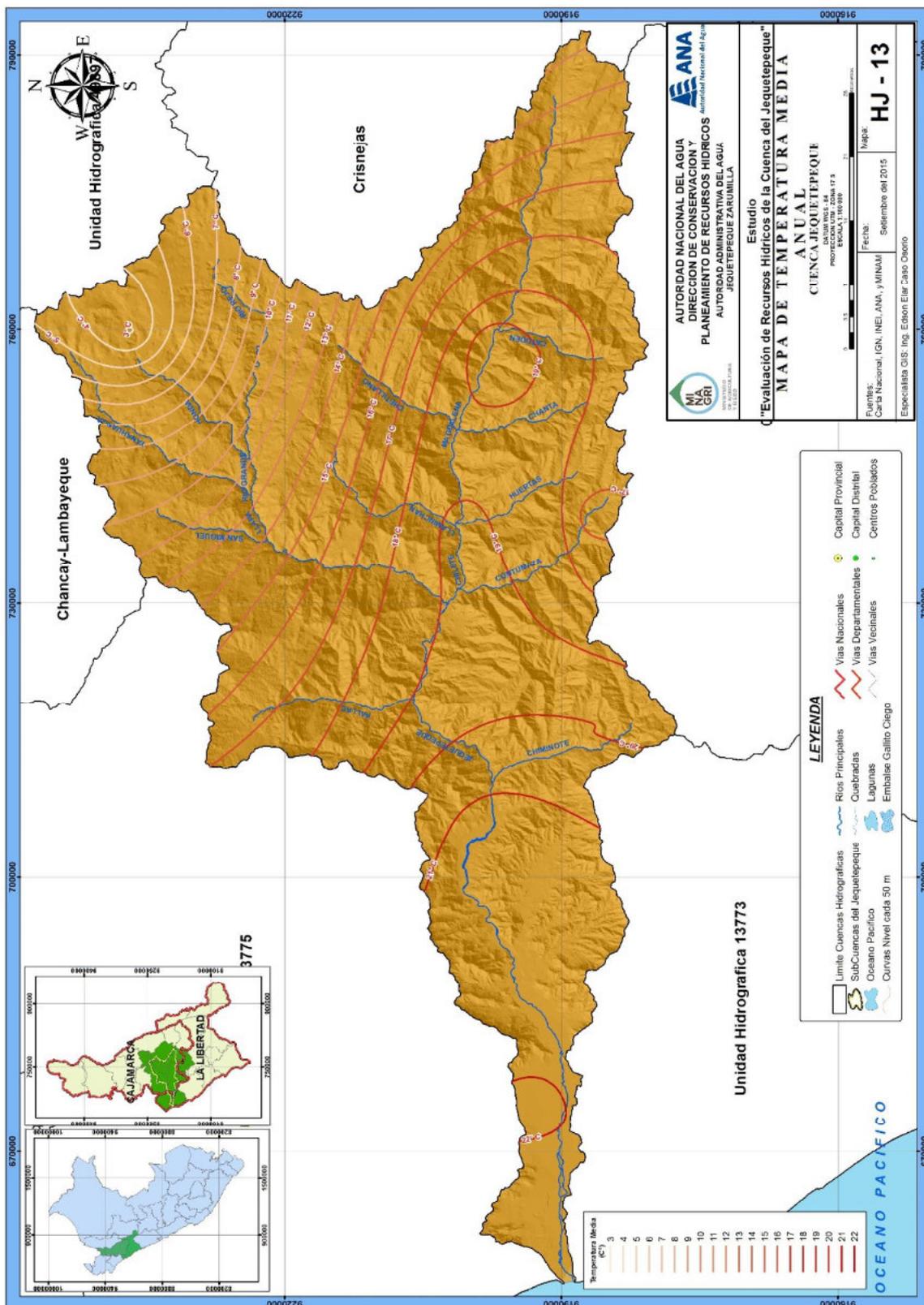


Figura N° 3.4

 Mapa de Isolíneas de Temperatura Media Anual.

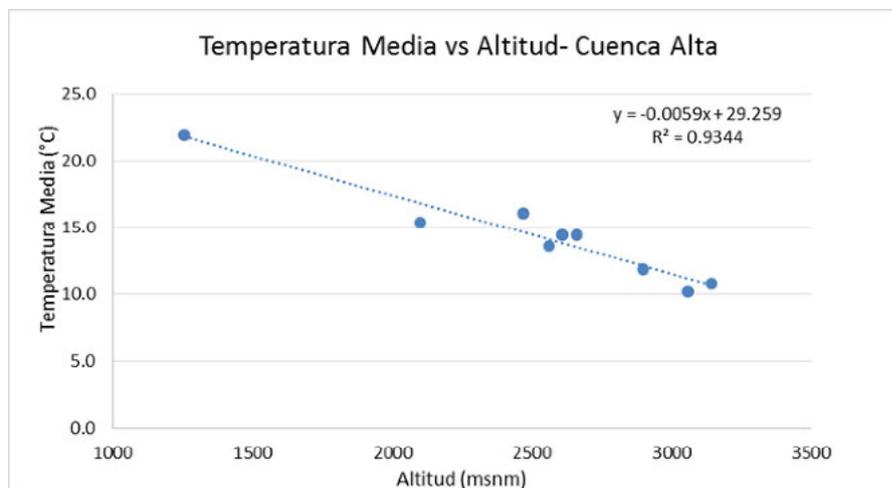


Para fines del Estudio y para caracterizar adecuadamente a la cuenca húmeda, principal productora de agua, se utilizaron únicamente las estaciones ubicadas en la parte alta para obtener los índices adecuados que serán empleados en el modelamiento hidrológico, en la Figura N° 3.5 se presenta la variación de la temperatura en función de la altitud cuyo resultado nos muestra un gradiente de $-0.0059\text{ }^{\circ}\text{C/m}$, obteniendo así un promedio anual $16.7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Cuadro N° 3.3
Relación Temperatura media-Altitud

ESTACION	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	TMEDIA
AUGUSTO WEBERBAUER	-78.485	-7.167	2660	14.4
CONTUMAZA	-78.830	-7.356	2610	14.4
GRANJA PORCON	-78.627	-7.034	3061	10.2
LLAPA	-78.830	-7.000	2900	11.8
MAGDALENA	-78.661	-7.254	1257	21.9
QUILCATE	-78.746	-6.830	3142	10.8
SAN JUAN	-78.491	-7.288	2469	16.1
SAN MIGUEL	-78.853	-6.998	2560	13.6
SAN PABLO	-78.847	-7.085	2100	15.4

Figura N° 3.5



B. Régimen de Temperatura Máxima

En la cuenca del río Jequetepeque las temperaturas máximas tienen una variación no menor a los $18.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ni superior a $32.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la cuenca baja el periodo más cálido se presenta entre los meses de enero y marzo, los demás meses disminuye ligeramente, la temperatura máxima observada es de $32.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la estación Chepén. Las estaciones Quilcate y Granja Porcón, ubicadas en la cuenca alta, presentan temperaturas máximas, que oscilan entre 19.2 y $19.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, en los meses de setiembre y octubre.

El Cuadro N° 3.4 se muestra la variación de la temperatura máxima mensual en la cuenca, mientras que en las Figuras N° 3.6 y 3.7 se presentan las temperaturas máximas en la cuenca alta y baja respectivamente.

Cuadro N° 3.4
Temperatura máxima (°C)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
AUGUSTO WEBERBAUER	24.0	23.7	23.4	23.7	24.0	23.9	23.9	24.5	24.8	24.5	24.5	24.3	24.1
CONTUMAZA	21.8	21.6	21.4	22.1	23.1	23.8	24.0	23.9	23.5	23.0	22.5	22.3	22.8
GRANJA PORCON	19.0	18.8	18.7	18.7	18.8	18.7	18.8	19.1	19.2	19.0	19.0	19.0	18.9
LLAPA	19.7	19.9	20.0	19.8	20.2	20.3	20.6	21.3	20.8	20.5	20.1	20.2	20.3
MAGDALENA	31.2	31.2	30.2	30.9	31.4	31.8	32.3	32.8	32.6	31.8	31.7	31.7	31.6
QUILCATE	18.5	18.2	18.1	18.7	18.4	18.3	18.5	19.1	19.3	19.1	19.1	19.0	18.7
SAN JUAN	24.1	23.7	23.6	24.5	25.1	25.4	26.0	26.7	26.8	26.2	25.1	24.7	25.2
SAN MIGUEL	19.9	19.5	19.7	20.1	21.1	21.2	22.0	22.1	22.0	21.5	20.5	20.4	20.8
SAN PABLO	21.8	21.5	21.3	21.7	22.7	22.9	23.2	23.4	23.1	23.2	22.6	22.4	22.5
CHEPEN	32.6	32.8	32.6	32.2	30.4	28.2	27.0	27.3	27.7	28.2	29.1	30.9	29.9
JEQUETEPEQUE	30.0	31.2	30.3	29.3	27.8	26.3	24.9	23.4	23.1	25.7	26.0	27.8	27.1
TALLA (GUADALUPE)	31.7	32.1	32.0	31.3	29.9	27.8	26.4	26.5	27.1	28.0	29.0	30.6	29.4

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.6

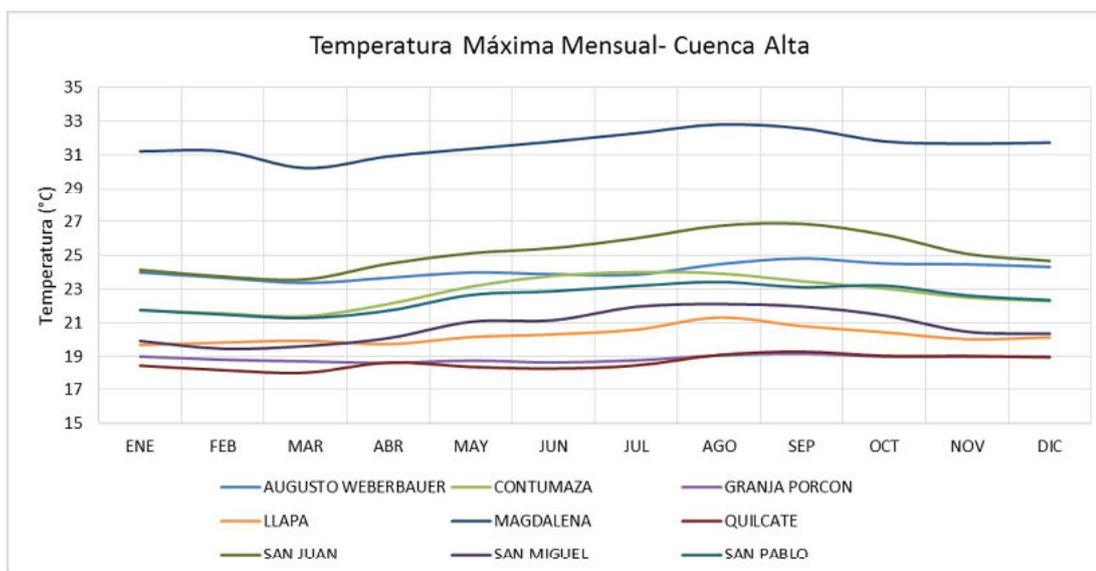
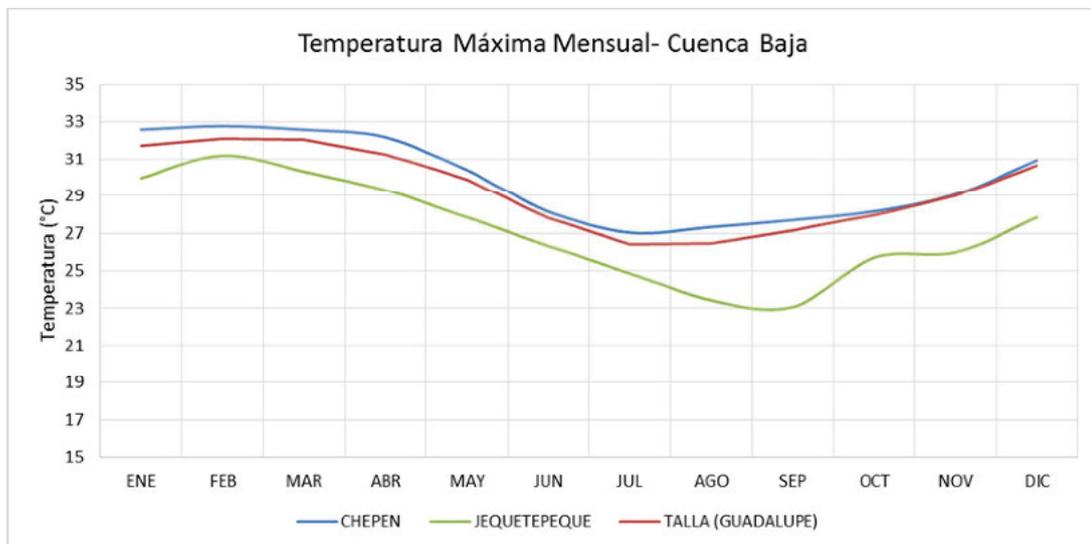


Figura N° 3.7



C. Régimen de Temperatura Mínima

La temperatura mínima, a lo largo de la cuenca del río Jequetepeque, presenta poca variación estacional, En la cuenca baja el periodo más frío se presenta entre los meses de julio y setiembre, en los demás meses aumentan ligeramente, la temperatura mínima observada es de 11.3 °C en la estación Talla. Las estaciones Quilcate y Granja Porcón, ubicadas en la cuenca alta, presentan temperaturas mínimas, que oscilan entre -2.0 y 1.3°C para Granja Porcón, de 0.9 y 3.7 °C para Quilcate.

El Cuadro N° 3.5 se muestra la variación de la temperatura mínima mensual en la cuenca, mientras que en las Figuras N° 3.8 y 3.9 se presentan las temperaturas mínimas en la cuenca alta y baja respectivamente.

Cuadro N° 3.5
Temperatura mínima (°C)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
AUGUSTO WEBERBAUER	4.6	5.1	5.3	4.7	3.2	1.9	1.1	1.8	3.3	3.6	2.5	3.0	3.3
CONTUMAZA	6.9	7.4	7.4	7.2	6.7	6.2	5.9	6.3	7.0	6.9	6.1	6.5	6.7
GRANJA PORCON	0.0	0.0	1.3	1.1	0.3	-0.9	-2.0	-1.3	-0.3	-0.1	-1.8	-1.4	-0.4
LLAPA	4.3	4.7	5.1	5.1	4.7	3.9	3.4	3.8	4.7	4.3	3.3	3.8	4.3
MAGDALENA	14.9	15.7	15.5	14.8	13.7	12.7	12.0	12.2	13.3	13.8	13.3	14.5	13.9
QUILCATE	3.1	3.3	3.7	3.7	2.5	2.2	1.1	0.9	2.4	3.2	2.2	2.7	2.6
SAN JUAN	10.0	10.2	10.0	10.2	9.9	9.7	9.3	9.7	9.7	9.8	9.5	9.8	9.8
SAN MIGUEL	7.2	7.7	8.3	8.4	8.2	7.9	7.1	7.7	8.1	7.4	6.6	7.0	7.6
SAN PABLO	8.1	8.3	8.7	8.7	8.5	8.0	7.7	7.9	7.8	7.7	7.4	8.0	8.1
CHEPEN	17.3	18.8	18.5	16.7	14.9	13.2	11.7	11.9	12.3	12.6	13.4	15.0	14.7

JEQUETEPEQUE	18.2	19.5	18.9	18.1	16.7	15.9	14.1	13.6	13.9	14.3	14.9	15.6	16.1
TALLA (GUADALUPE)	17.1	18.5	18.3	16.8	14.6	12.8	11.3	11.5	12.0	12.3	12.7	14.5	14.4
TEMBLADERA	18.4	18.9	19.1	16.3	15.0	12.9	12.1	12.3	12.9	13.3	14.6	16.0	15.1

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.8

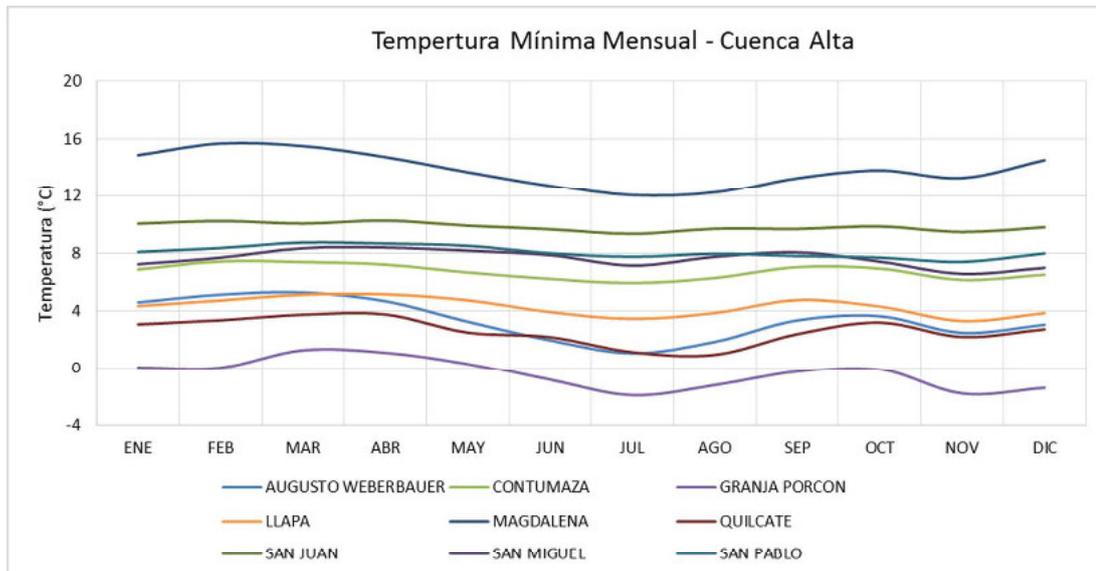
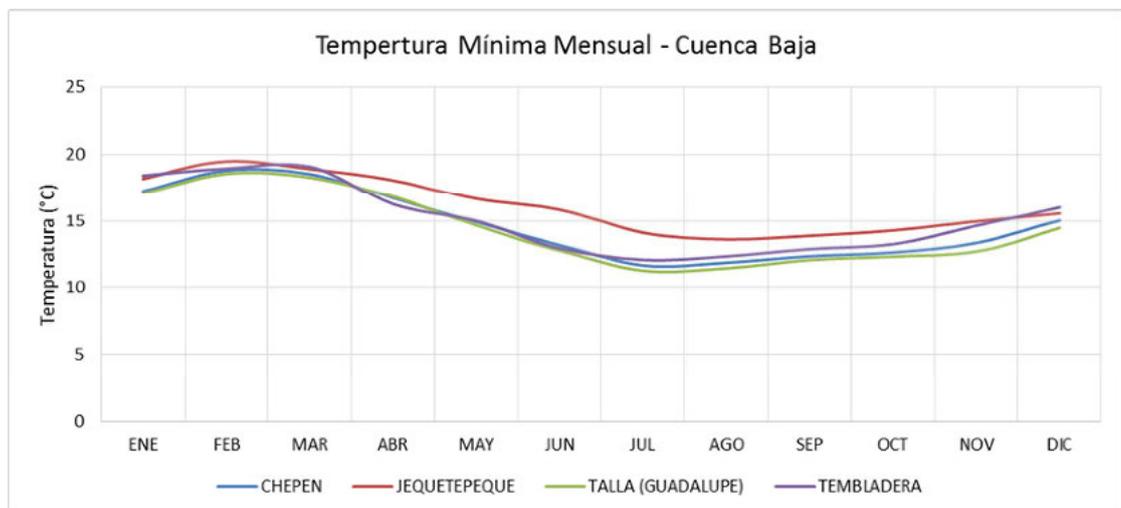


Figura N° 3.9



3.1.2. Humedad Relativa

Este parámetro ha sido registrado en pocas estaciones meteorológicas, ubicadas en la parte alta y baja de la cuenca, la estación Tembladera es la más húmeda con 89.4% y es la que presenta un régimen más homogéneo durante todo el año al igual que las demás estaciones ubicadas en la parte baja. En la cuenca alta el

comportamiento es más estacional y presentan los valores bajos de humedad característico de la zona altoandina, sus valores se encuentran entre el 66.6 y 58.7 % de Humedad Relativa promedio.

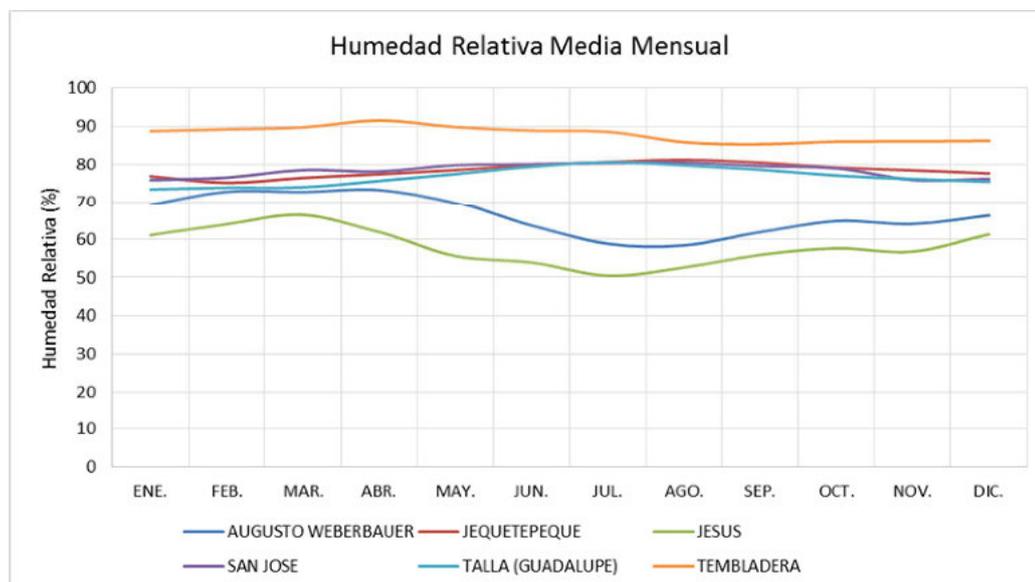
El Cuadro N° 3.6 y Figura N° 3.10 se muestra la variación de la humedad relativa media mensual en la cuenca, mientras que la Figura N 3.11 se muestra la distribución espacial.

Cuadro N° 3.6
Humedad Relativa (%)

ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
AUGUSTO WEBERBAUER	69.3	72.9	72.8	73.4	69.7	63.6	58.8	58.4	61.8	64.8	64.1	66.2	66.6
JEQUETEPEQUE	76.8	75.2	76.4	77.4	78.4	79.7	80.6	81.2	80.5	79.1	78.4	77.6	78.0
JESUS	61.0	64.0	66.4	61.8	55.7	53.9	50.4	52.5	56.0	57.6	56.8	61.2	58.7
SAN JOSE	75.9	76.5	78.4	78.1	79.8	80.0	80.4	80.5	79.5	78.9	75.9	76.2	78.1
TALLA (GUADALUPE)	73.5	74.0	74.1	75.7	77.4	79.3	80.6	79.8	78.5	77.0	76.2	75.5	76.6
TEMLADERA	88.7	89.2	89.7	91.5	89.8	88.8	88.5	85.7	85.2	85.9	85.9	86.1	89.4

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.10



3.1.3. Velocidad del Viento

Para la caracterización del viento en la cuenca Jequetepeque, se ha utilizado información del SENAMHI. En la cuenca baja las estaciones Jequetepeque, San José, Talla y Tembladera; presentan velocidades tipificados como vientos moderados a fuertes que son los causantes de formación de dunas en el valle, la

velocidad promedio es de unos 5.2 m/s. En la cuenca alta la velocidad del viento disminuye alcanzando una media de 1.6 m/s.

En el Cuadro N° 3.7 se presentan los datos de velocidad de viento promedio mensual en toda la cuenca, mientras que en las Figuras N° 3.12 y N° 3.13 la variación del viento en la cuenca alta y baja respectivamente.

Cuadro N° 3.7
Velocidad media anual del viento (m/s)

ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
AUGUSTO WEBERBAUER	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.2	1.4	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2
GRANJA PORCON	2.1	2.0	1.8	2.0	2.1	2.8	3.7	3.5	2.7	2.0	1.7	1.9	2.3
JESUS	1.9	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.2	2.7	2.4	2.3	2.5	1.9	1.9
LLAPA	0.9	0.9	0.9	0.9	1.4	2.0	2.6	2.5	1.5	1.0	1.1	1.1	1.4
MAGDALENA	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.5	1.5	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3
NAMORA	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.3	2.7	2.9	2.4	2.0	1.9	1.9	2.1
QUILCATE	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7	1.0	1.0	1.4	0.9	0.7	0.7	0.6	0.8
SAN JUAN	1.6	1.5	1.4	1.7	2.4	3.1	4.5	4.1	3.0	2.2	2.1	1.9	2.4
SAN MIGUEL	1.0	0.8	0.8	1.0	1.4	1.7	1.7	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.2
JEQUETEPEQUE	6.1	5.9	5.8	6.8	7.1	6.8	6.3	6.4	6.7	6.8	6.6	7.0	6.7
SAN JOSE	6.0	5.6	5.3	5.6	5.5	5.5	5.6	5.9	6.4	6.6	6.4	6.3	6.0
TALLA (GUADALUPE)	4.9	3.9	3.8	4.3	4.5	4.3	4.7	4.6	5.5	6.0	6.2	5.7	4.9
TEMBLADERA	3.1	3.0	2.8	2.6	2.8	3.2	3.3	3.5	3.5	3.4	3.5	3.4	3.4

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.12

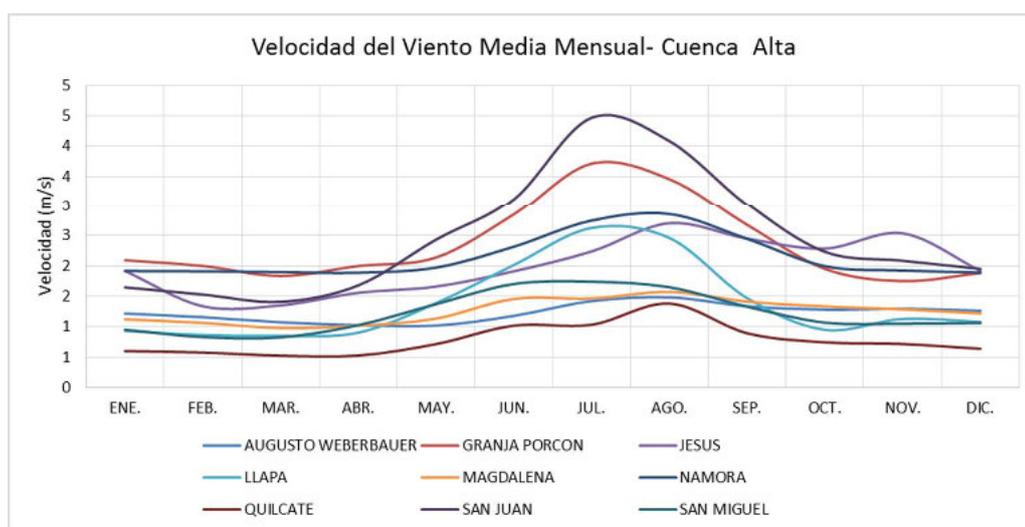


Figura N° 3.14

 Mapa de Velocidad media del Viento

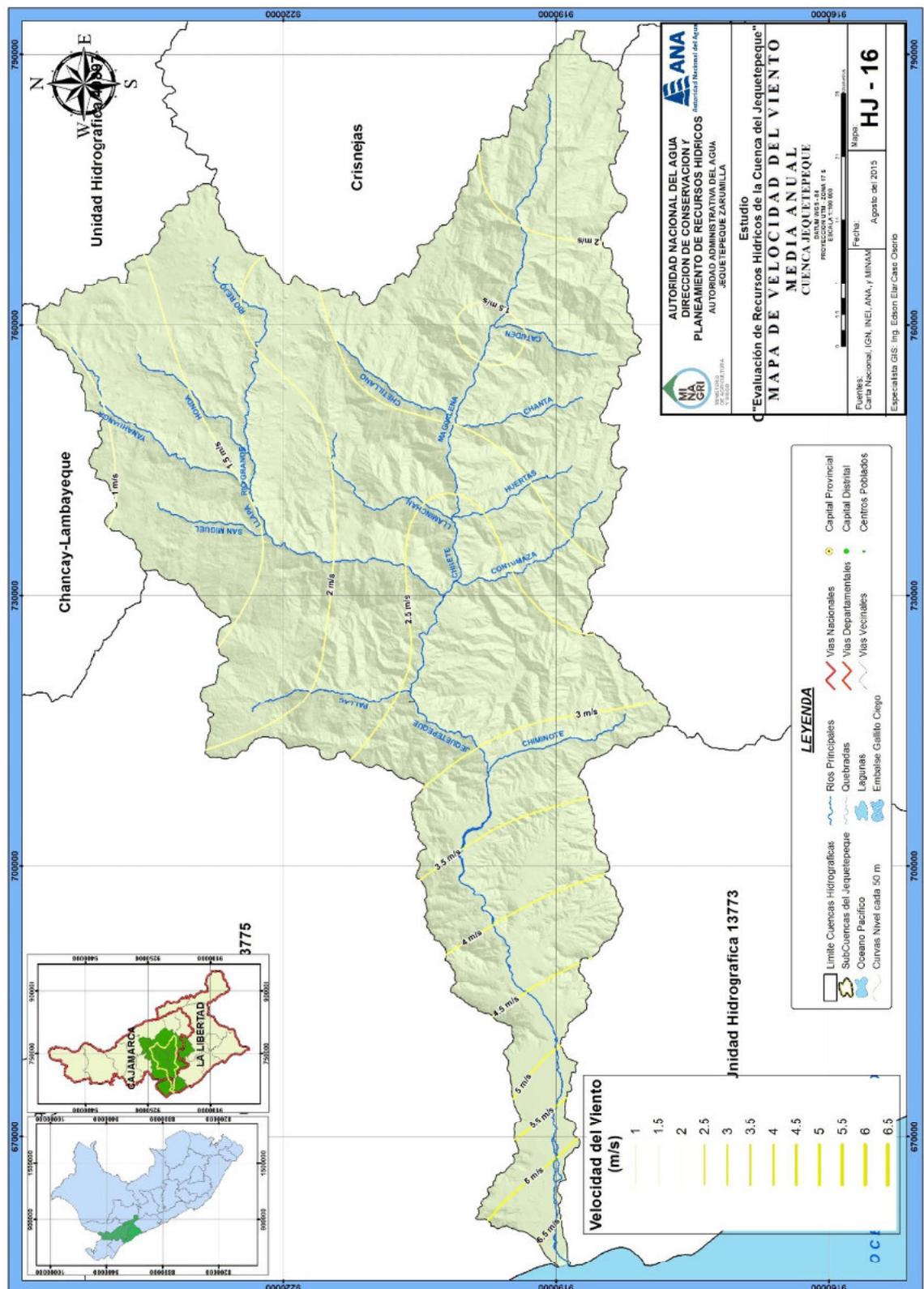
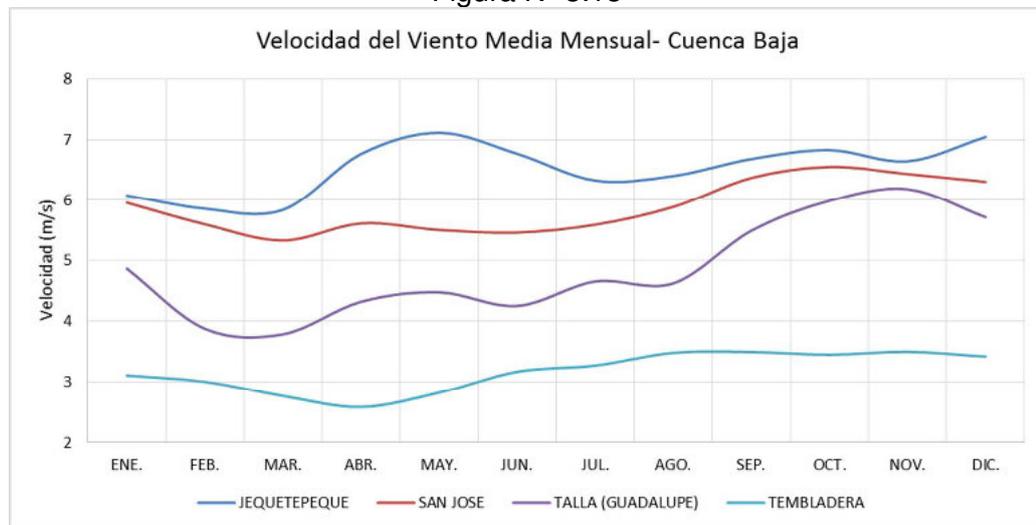


Figura N° 3.13



3.1.4. Horas de Sol

Solo ha sido posible obtener registros de horas de sol en pocas estaciones meteorológicas y se ha determinado que la distribución de horas de sol a nivel mensual varía muy poco en la parte baja (estación Talla) con una media de 5.9 horas. En la cuenca alta la variación temporal si es significativa con horas de sol máximas entre 7.4 y 7.2 horas para las estaciones Augusto Weberbauer y Granja Porcón respectivamente.

De acuerdo a la información recopilada, horas de sol registradas en la cuenca, para las estaciones seleccionadas se muestra en el Cuadro N°3.8, mientras que en el Figura N°3.15 se muestra la variación estacional.

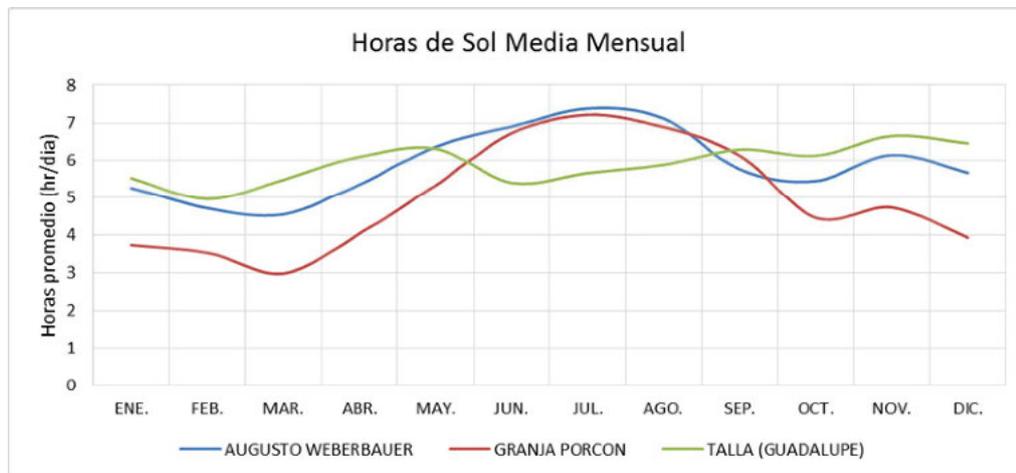
Cuadro N° 3.8
Horas de sol promedio mensual (hora/mes)

ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
AUGUSTO WEBERBAUER	5.3	4.7	4.5	5.3	6.4	6.9	7.4	7.1	5.7	5.4	6.1	5.7	5.9
GRANJA PORCON	3.7	3.5	3.0	4.0	5.3	6.7	7.2	6.9	6.1	4.5	4.7	3.9	5.0
TALLA (GUADALUPE)	5.5	4.9	5.5	6.1	6.3	5.4	5.6	5.9	6.3	6.1	6.6	6.4	5.9

Fuente: Elaboración propia

Las horas de sol presentan valores máximos entre los meses de junio y agosto en la parte alta, mientras que en el valle la variación es menos significativa.

Figura o N° 3.15



3.1.5. Evaporación

Los valores de evaporación en la cuenca Jequetepeque, son medidos en tanques evaporímetros Clase `A`. La evaporación anual en la cuenca alta varía desde; 709 mm en San Miguel, 880 mm en Granja Porcón, hasta 1098 mm en San Juan. En la parte baja, debido a las altas temperaturas y vientos en la zona del valle, la evaporación presenta altos valores que varía desde 1116 mm hasta 1604 mm.

La información de evaporación se registra en las estaciones de Contumaza, Granja Porcón, San Juan, San Miguel y Tembladera en la cuenca alta; en la parte baja se utilizaron registros de la estación Chepén, Jequetepeque, Talla y San José, adicionalmente para una mejor caracterización espacial también se utilizaron registros de las estaciones Augusto Weberbauer, Jesús, Namora y Quilcate que se encuentran en la parte alta.

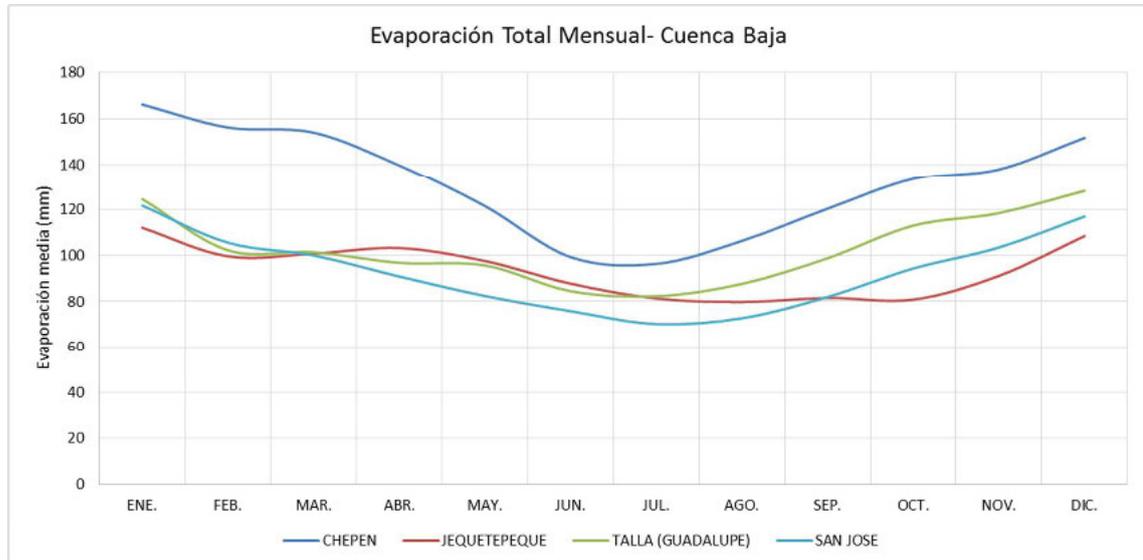
Para la evaluación se ha utilizado registros de evaporación tanque de las mencionadas estaciones, cuyas altitudes varían desde Jequetepeque (20 msnm) en el valle, hasta la estación Granja Porcón a 3061 msnm.

En el Cuadro N° 3.9 se muestra el resumen de la Evaporación mensual para cada estación, y en las figuras N° 3.16 y 3.17 se muestra la variación para la parte alta y baja respectivamente, mientras que en la Figura 3.18 se muestra el mapa de Isolíneas de Evaporación Total mensual.

Cuadro N° 3.9
Evaporación Total (mm/mes)

ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
AUGUSTO WEBERBAUER	72.2	59.1	63.1	60.6	74.1	94.9	121.4	120.2	101.9	87.2	89.6	91.0	1035.3
CONTUMAZA	55.5	41.6	42.4	47.0	66.7	78.3	93.0	94.4	83.4	77.2	73.8	65.4	818.8
GRANJA PORCON	65.7	52.6	53.5	60.1	68.0	77.5	107.5	107.3	84.6	72.1	64.3	67.4	880.6
JESUS	79.1	63.8	64.5	74.9	88.0	96.4	114.0	128.4	116.6	102.7	92.1	83.4	1103.9
NAMORA	61.8	44.5	43.7	50.0	60.0	68.9	83.6	104.1	91.1	75.1	69.7	67.2	819.5
QUILCATE	29.7	23.4	24.5	27.0	32.8	40.1	46.9	56.0	45.9	42.0	44.1	37.6	449.9
SAN JUAN	55.5	41.6	44.8	50.2	80.6	121.9	155.5	154.7	126.4	94.2	95.1	78.0	1098.6
SAN MIGUEL	36.3	25.3	29.5	35.1	57.4	73.7	92.8	104.5	77.3	61.8	65.0	50.5	709.1
TEMBLADERA	99.4	75.4	65.4	78.4	108.3	120.5	130.9	134.0	130.1	124.4	130.6	129.5	1327.0
CHEPEN	166.2	156.2	154.0	139.7	121.5	99.3	96.4	106.4	120.4	133.4	137.9	151.7	1583.1
JEQUETEPEQUE	112.0	99.6	100.8	103.2	97.6	87.8	81.4	79.8	81.6	80.9	91.2	108.4	1124.4
TALLA (GUADALUPE)	124.5	102.3	101.4	96.8	95.7	84.5	82.3	87.7	98.8	113.0	118.4	128.1	1233.7
SAN JOSE	121.7	105.6	100.0	90.9	82.4	75.9	70.2	72.8	82.0	94.3	103.5	116.9	1116.2

Figura N° 3.16



Del gráfico mostrado se puede deducir que la mayoría de las estaciones ubicadas en la parte baja muestran un comportamiento similar en el transcurso del año, los valores de mayor evaporación se encuentran entre los meses de diciembre y marzo. En la cuenca alta la variación cambia presentando altos valores en los meses de julio y setiembre.

Figura N° 3.18

 Mapa de Evaporación anual

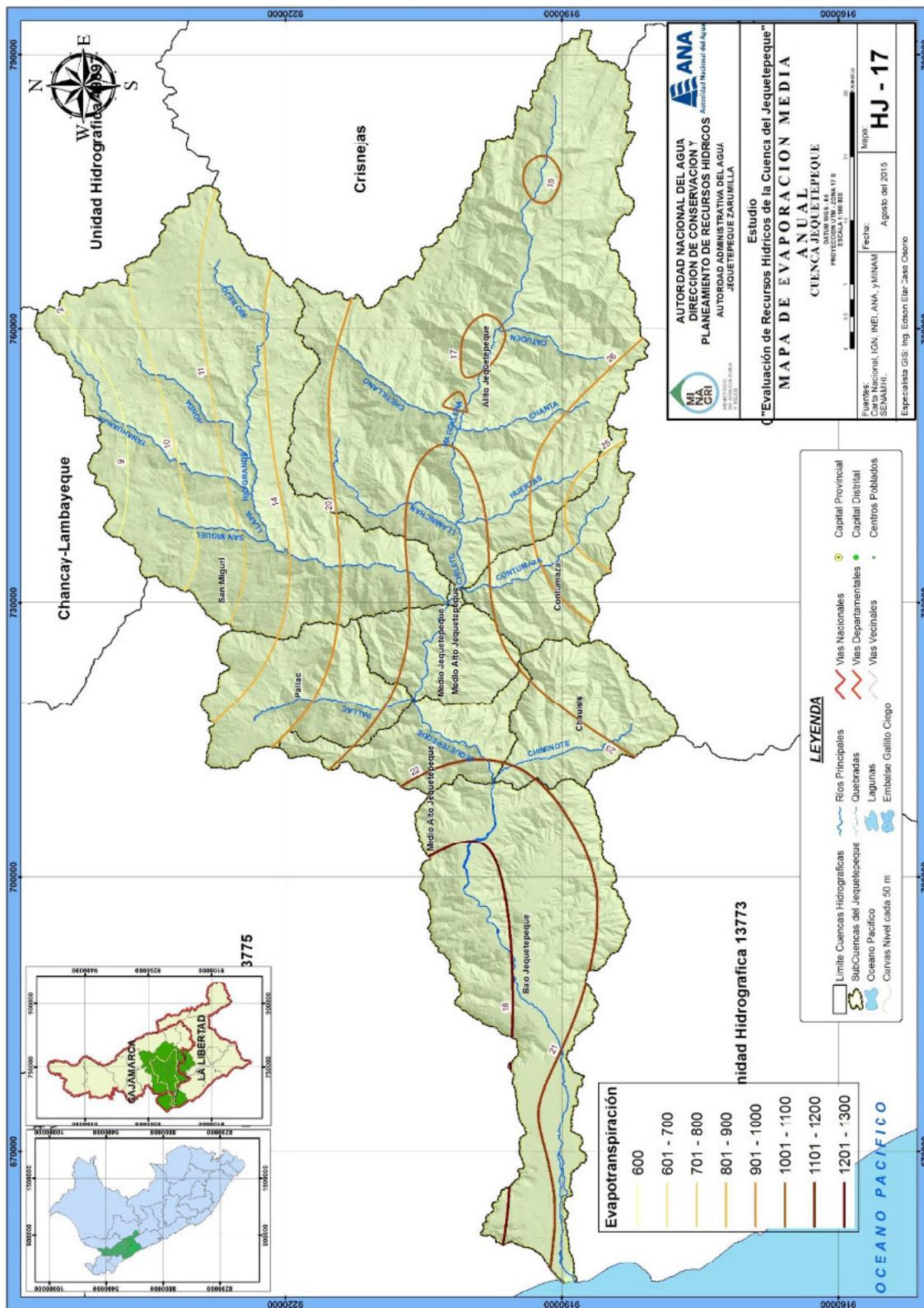
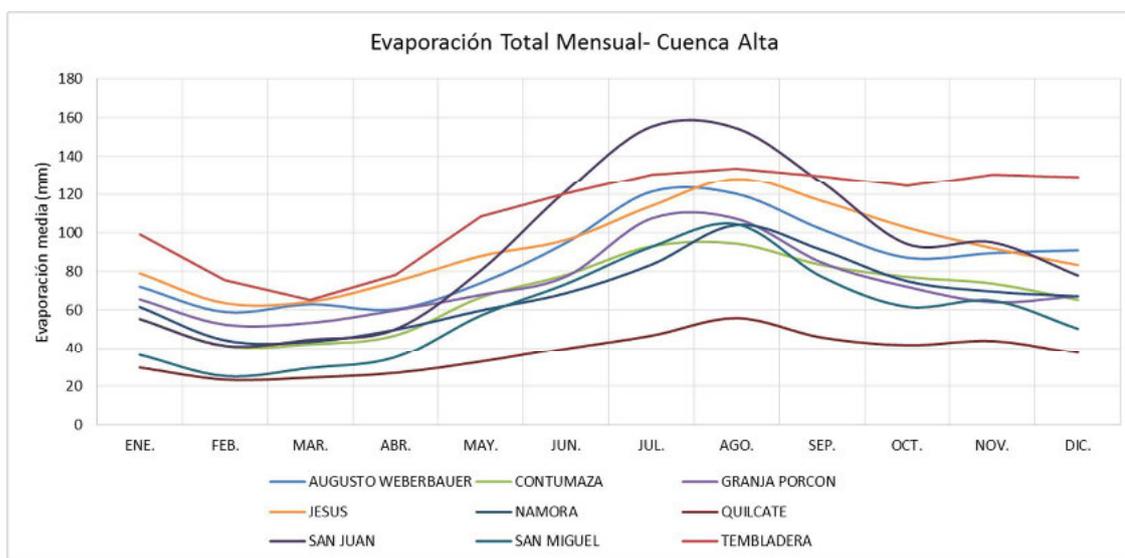


Figura N° 3.17



3.1.6. Evatranspiración Potencial - ETP

Existen varios métodos validados en hidrología para estimar la ETP, por ejemplo: Turc, McGuinness y Oudin. El programa RS MINERVE, utilizado para el modelamiento hidrológico, integra en su algoritmo los métodos antes mencionados. El método de coeficientes de Oudin está optimizado para el modelamiento hidrológico y es ampliamente utilizado en estudios hidrológicos de muchas cuencas del mundo.

(Oudin et al 2005) propone las siguientes ecuaciones para el cálculo de la ETP:

$$ETP = \frac{R_e}{\lambda \cdot \rho} \cdot \frac{T + 5}{100} \quad \text{if } T > -5$$

$$ETP = 0 \quad \text{if } T \leq -5$$

Donde *ETP*: evapotranspiración potencial [m/d]; *Re*: radiación extraterrestre [MJ m⁻² d⁻¹]; *T*: Temperatura del aire [°C]; ρ : densidad del agua, constant value of 1 000 [kg/m³]; λ : calor latente de vaporización, constant value of 2.26 [MJ/kg].

Utilizando los valores de temperatura media en la cuenca Jequetepeque, se estimó la evapotranspiración potencial mostrada en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 3.10
Evapotranspiración Total (mm/mes)

Cuenca	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
Jequetepeque	91.4	89.8	85.5	77.8	68.9	63.0	64.4	72.3	82.2	89.0	91.7	92.2	968.3

3.2. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA PLUVIOMETRÍA

Uno de los componentes más importantes del ciclo hidrológico en una cuenca hidrográfica es la precipitación, en ese sentido es que se realiza la evaluación de esta variable hidrológica en forma independiente y detallada. La información pluviométrica ha sido obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI), en el ámbito de la cuenca Jequetepeque se tiene implementado un conjunto de estaciones pluviométricas distribuidas en la parte baja, media y alta de la cuenca. Los registros pluviométricos utilizados serán tratados estadísticamente, completados y extendidos, para obtener información consistente y uniforme, a emplearse en el modelo hidrológico para generar descargas.

3.2.1. Estaciones pluviométricas

A través del diagnóstico y consistencia desarrollados en este capítulo, se seleccionaron 14 estaciones pluviométricas (adicionalmente para la consistencia y completación se utilizaron estaciones de apoyo ubicadas dentro de la cuenca y en cuencas vecinas), con información histórica de precipitación diaria que van desde el año 1965 hasta el 2014 con numerosos periodos vacíos. La mayoría de estaciones se encuentran espacialmente distribuidos de manera irregular, presentando un alto porcentaje de área sin cobertura.

También es necesario indicar que se utilizaron estaciones de apoyo en el proceso de consistencia y descarte de estaciones pluviométricas, así como para la completación de datos en los periodos faltantes de las 14 estaciones seleccionadas.

En el Cuadro N° 3.10 se presenta la relación de estaciones pluviométricas que se encuentran en la cuenca del río Jequetepeque:

Cuadro N° 3.10

Nº	NOMBRE ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LONGITUD OESTE	LATITUD SUR	ALTITUD (m.s.n.m)	FUENTE
1	AUGUSTO W	CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	78°29'5.28	07°09'59.8	2660	SENAMHI
2	CHEPEN	LA LIBERTAD	CHEPEN	CHEPEN	79°26'1	07°14'1	114	SENAMHI
3	CHILETE	CAJAMARCA	SAN PABLO	SAN BERNARDINO	78°50'15.36	07°13'27.12	850	SENAMHI
4	CONTUMAZA	CAJAMARCA	CONTUMAZA	CONTUMAZA	78°49'49	07°21'21	2610	SENAMHI
5	GRANJA PORCON	CAJAMARCA	SAN PABLO	TUMBADEN	78°37'36	07°02'2	3061	SENAMHI
6	JEQUETEPEQUE	LA LIBERTAD	PACASAMAYO	JEQUETEPEQUE	79°34'1.00	07°20'1.00	20	SENAMHI
7	LIVES	CAJAMARCA	SAN MIGUEL	UNION AGUA BLANCA	79°02'0.00	07°05'0.00	1800	SENAMHI
8	LLAPA	CAJAMARCA	SAN MIGUEL	LLAPA	78°49'49	06°59'59	2900	SENAMHI
9	MAGDALENA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	MAGDALENA	78°39'9.10	07°15'12.40	1257	SENAMHI
10	NAMORA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	NAMORA	78°20'20	07°12'12	2782	SENAMHI
11	SAN JOSE	LA LIBERTAD	PACASAMAYO	SAN JOSE	79°27'1	07°21'1	100	SENAMHI
12	SAN JUAN	CAJAMARCA	CAJAMARCA	SAN JUAN	78°29'44.90	07°17'26.60	2469	SENAMHI
13	TALLA	LA LIBERTAD	CONTUMAZA	YONAN	79°25'24	07°16'16	105	SENAMHI
14	TEMLADERA	CAJAMARCA	CONTUMAZA	YONAN	79°08'1.00	07°15'1.00	433	SENAMHI

Fuente: Elaboración propia

Ubicación de Estaciones Pluviométricas

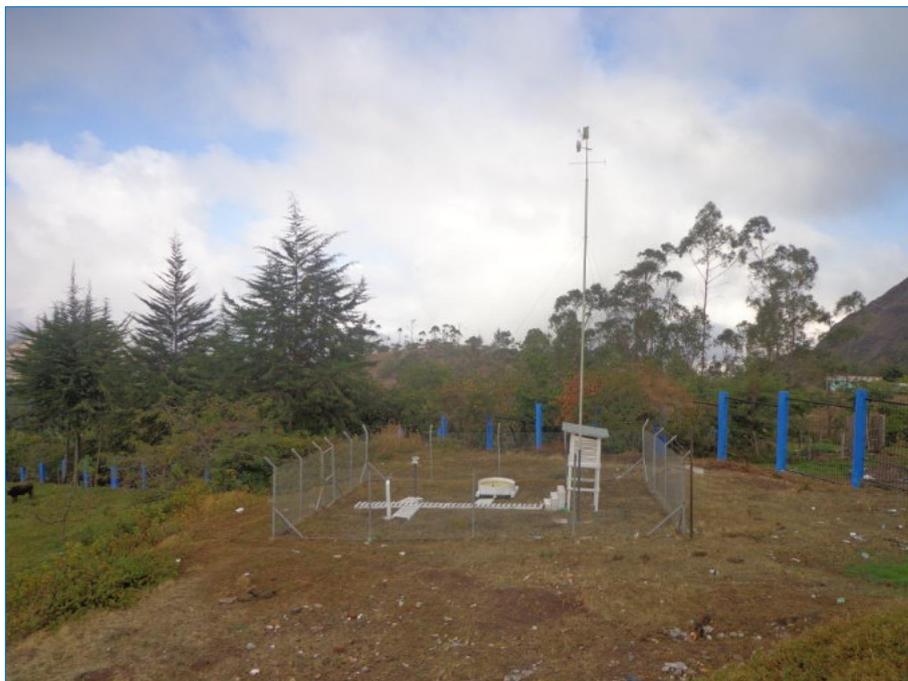
Como ya se indicó, la cuenca del río Jequetepeque, debido a sus características físicas y climáticas, presenta dos sectores claramente diferenciados; una parte baja y una parte alta. Por lo tanto para un mejor análisis pluviométrico se ha agrupado en dos sectores las estaciones: cuenca baja y cuenca alta Jequetepeque.

Se ha efectuado el diagnóstico de la red de estaciones meteorológicas dentro del área de Estudio y como resultado de la visita e inspección en campo, se ha elaborado fichas de evaluación y tomado vistas fotográficas que se muestran a continuación.

Cuadro N° 3.11

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		SAN PABLO		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		JEQUETEPEQUE		
CUENCA DEL RIO		JEQUETEPEQUE		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		CAJAMARCA	SAN PABLO	SAN PABLO
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		7°15'22.475"S	78°49'55.139"W	2336 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9212674	739585	2336 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		28/10/2015		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		319		
TIPO		CO		
DIMENSIONES		10mx8m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.1 Estación San Pablo



Cuadro N° 3.12

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		LLAPA		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		JEQUETEPEQUE		
CUENCA DEL RIO		JEQUETEPEQUE		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		CAJAMARCA	SAN MIGUEL	LLAPA
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		6°58'40.86"S	78°48'41.005"W	2967 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9228081	741824	2967 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		06/11/2015		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		388		
TIPO		CO		
DIMENSIONES		10mx8m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.2 Estación Llapa



Cuadro N°

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		SAN MIGUEL		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		JEQUETEPEQUE		
CUENCA DEL RIO		JEQUETEPEQUE		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		CAJAMARCA	SAN MIGUEL	SAN MIGUEL
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		6°59'46.785"S	78°51'13.638"W	2680 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9226056	737181	2680 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		06/11/2015		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		308		
TIPO		CO		
DIMENSIONES		10mx8m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

3.13

Foto N° 3.3 Estación San Miguel



Cuadro N°

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		CONTUMAZA		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		JEQUETEPEQUE		
CUENCA DEL RIO		JEQUETEPEQUE		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		CAJAMARCA	CONTUMAZA	CONTUMAZA
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		7°21'55.557"S	78°49'20.125"W	2563 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9185302	740346	2563 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		11/11/2015		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		354		
TIPO		CO		
DIMENSIONES		10mx8m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

3.14

Foto N° 3.4 Estación Contumaza



Cuadro N° 3.15

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		GRANJA PORCON		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		JEQUETEPEQUE		
CUENCA DEL RIO		JEQUETEPEQUE		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		7°2'10.94"S	78°37'59.801"W	3165 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9221438	761445	3165 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		11/11/2015		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		S/C		
TIPO		CO		
DIMENSIONES		10mx8m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.5 Estación Granja Porcón



Cuadro N° 3.16

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		ASUNCION		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		JEQUETEPEQUE		
CUENCA DEL RIO		JEQUETEPEQUE		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		CAJAMARCA	CAJAMARCA	ASUNCION
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		7°19'32.079"S	78°30'57.092"W	2288 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9189447	774272	2288 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		27/11/2015		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAHMI		
CODIGO DE LA ESTACION		S/C		
TIPO		CO		
DIMENSIONES		10mx8m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.6 Estación Asunción



3.2.2. Diagnóstico de la Información Pluviométrica Disponible

Se ha efectuado un diagnóstico general de los registros de la red de estaciones ubicadas en la cuenca del río Jequetepeque, y cuencas vecinas, en busca de estaciones con registros extensos para un mejor análisis regional de la precipitación.

Las estaciones evaluadas y que se encuentran operando se pueden agrupar por cuencas y son las siguientes:

Cuenca Jequetepeque: Estaciones Asunción, Chilete, Contumaza, Granja Porcón, Lives, Llapa, Magdalena, Montegrande, San Juan, San Miguel y San Pablo.

Cuenca Crisnejas: La Victoria, Cachachi, Augusto Weberbauer, Jesús, La Encañada Namora y San Marcos.

Cuenca Chaman: Talla y Cherrepe.

Cuenca Chicama: San Benito.

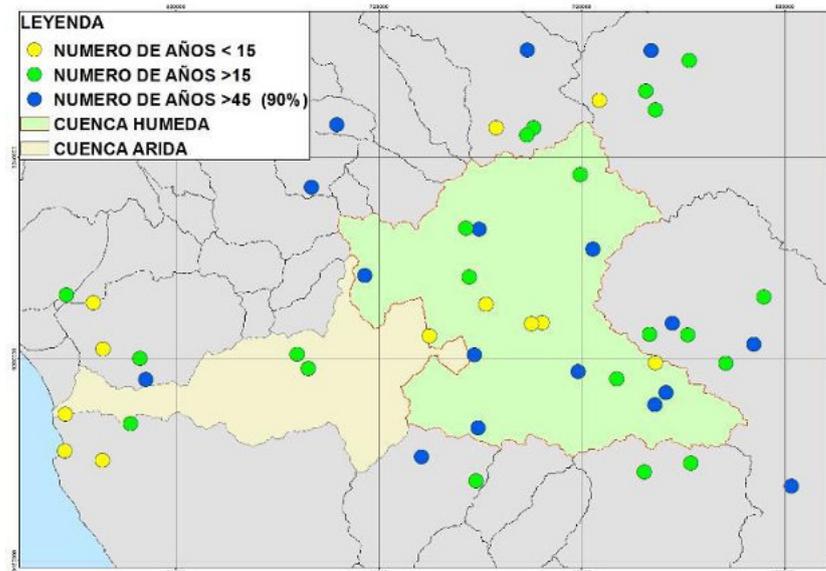
Cuenca Chancay Lambayeque: Quilcate (co) y Chugur.

Inter cuenca Alto Marañón IV: Bambamarca y Quebrada Shugar.

Cuenca Zaña: Niepos y Udima.

Uno de los criterios empleados es evaluar la longitud temporal, en ese sentido las localizaciones de las estaciones aparecen representadas en la Figura 3.19, donde se muestran resaltadas de color azul las estaciones (18) que presentan más de 90% de datos diarios en el periodo del 01/01/1965 hasta 31/08/2014, a las cuales someteremos a diversos análisis; en verde, aquellas estaciones (15) con más de 15 años de registros, las cuales serán parte del análisis para elaborar diagramas doble masa, según el método del Vector Regional.

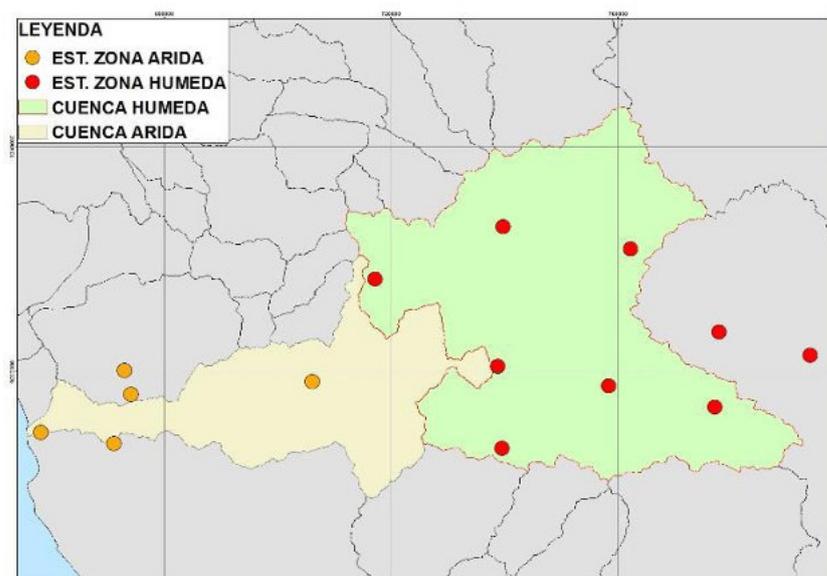
Figura N° 3.19



Por otro lado, también se ha empleado el criterio de sectorizar el ámbito de Estudio en dos sectores diferenciados; la cuenca alta o húmeda, con aporte pluviométrico significativo que favorecen las descargas; y la cuenca baja o árida, con escasas precipitaciones.

Otro criterio utilizado fue el de descartar aquellas estaciones con periodos de registros menores a 14 años localizadas en la cuenca húmeda que de otro modo nos llevarían a resultados poco adecuados. En la cuenca árida se seleccionó un grupo de 5 estaciones con 14 años de datos como mínimo. En la Figura 3.20 se presentan las estaciones definitivas (14) distribuidas según región árida y húmeda, que se utilizarán en el modelamiento hidrológico.

Figura N° 3.20



3.2.3. Información Histórica disponible

La información disponible de la precipitación es a escala diaria, por consiguiente, en el presente capítulo se realiza un análisis de la precipitación total diaria, mensual y anual. El periodo de registros pluviométricos diarios está disponibles hasta el 31 de octubre del 2014. Los registros pluviométricos utilizados serán tratados estadísticamente, completados y extendidos, para obtener información uniforme a emplearse en el análisis hidrológico y posteriormente el modelo hidrológico.

En el Anexo 01, Recursos Naturales, se presentan los registros históricos de precipitación total mensual de las estaciones seleccionadas.

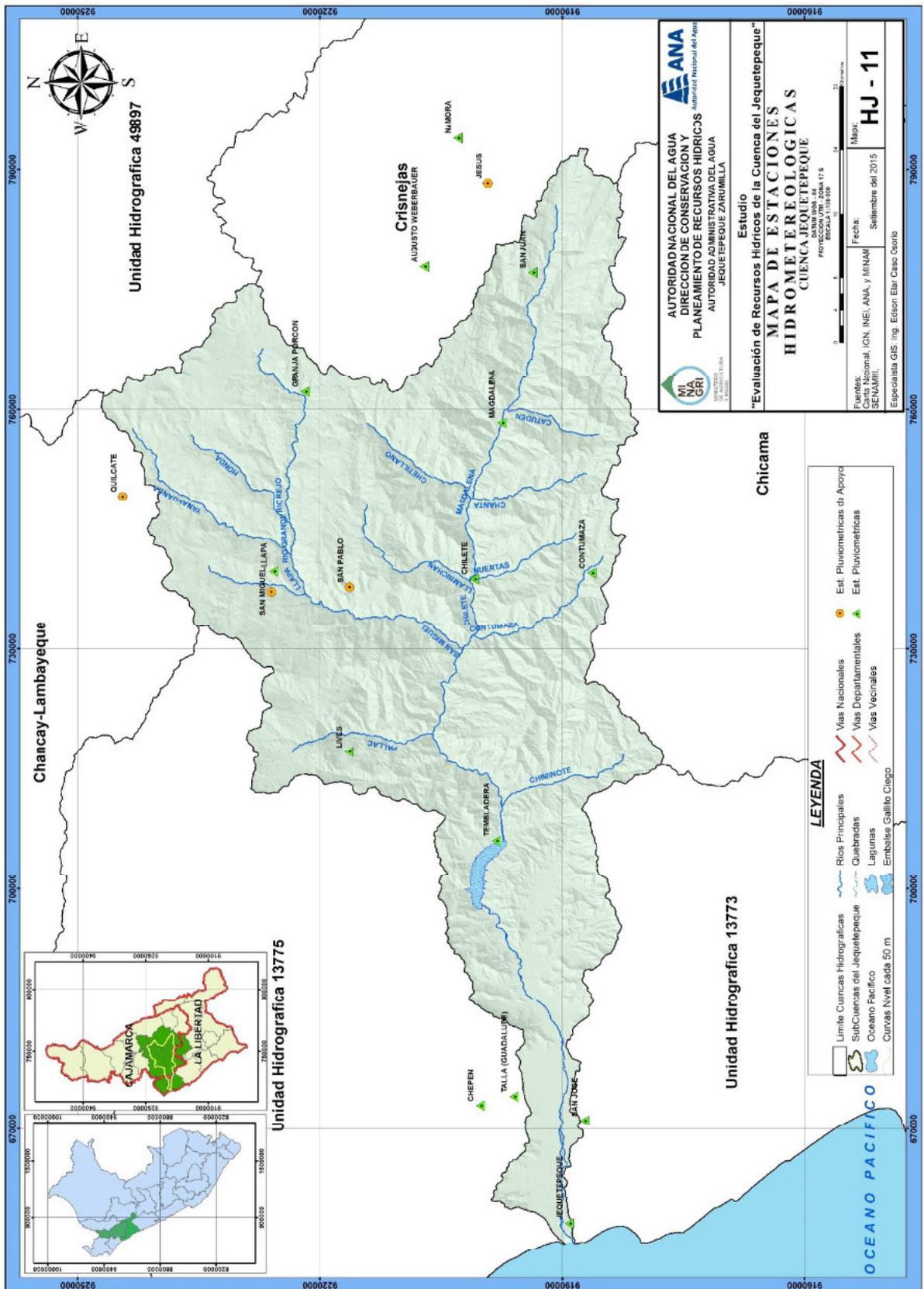
En el Cuadro N° 3.11 se presenta el periodo de registros pluviométricos de las estaciones seleccionadas en la cuenca Jequetepeque, y que corresponden a las estaciones: Chepen, Jequetepeque, San José, Talla, Tembladera, Chilete, Contumaza, Granja Porcón, Lives, Llapa, Magdalena y San Juan. Las estaciones Namora y Augusto Weberbauer se encuentran fuera de la cuenca. Los registros pluviométricos utilizados serán agrupados según distribución espacial.

3.2.4. Análisis de Consistencia

Los valores de la serie de una variable hidrológica algunas veces contienen errores. Cuando estos son aleatorios o sistemáticos se dice que los datos son inconsistentes. Inconsistencia es sinónimo de error sistemático que se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad es definido como los cambios de los datos con el tiempo debido a modificaciones ambientales ya sea por causas naturales o artificiales.

Figura N° 3.21

 Ubicación de Estaciones Pluviométricas



El análisis de consistencia y homogeneidad ha sido aplicado a las series históricas mensuales para verificar que sean registros confiables y de menor riesgo, este procedimiento comprende el análisis gráfico, doble masa y estadístico.

A. Análisis Grafico

Consiste en analizar visualmente, mediante hidrogramas, la información original con la finalidad de investigar posibles saltos o tendencias durante el período de registro de la información, así como para detectar valores extremadamente altos o bajos que no reflejen el comportamiento de la variable en el período estacional. Este análisis sirve para tener una primera aproximación de la bondad de la información y separar los periodos dudosos para el posterior análisis de doble masa y estadístico.

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 las siguientes figuras se muestran hidrogramas de precipitación histórica total diaria y mensual disponible para las estaciones de la cuenca húmeda.

Figura N° 3.22

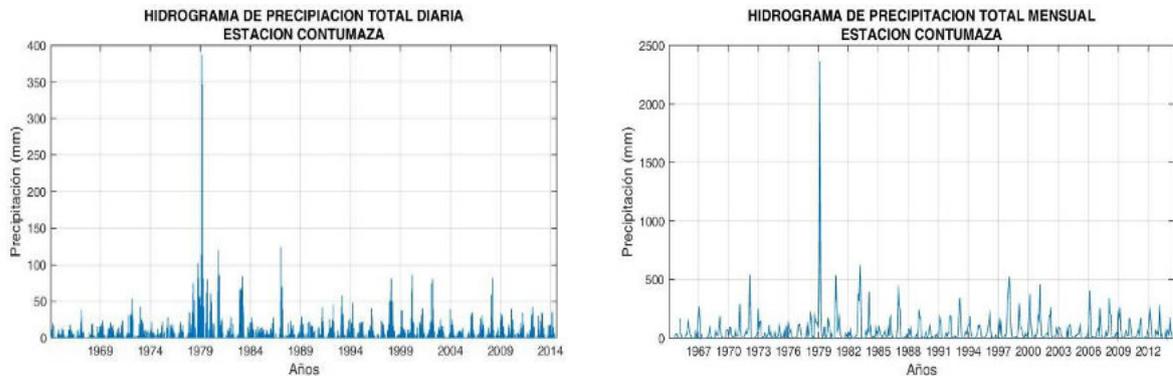


Figura N° 3.23

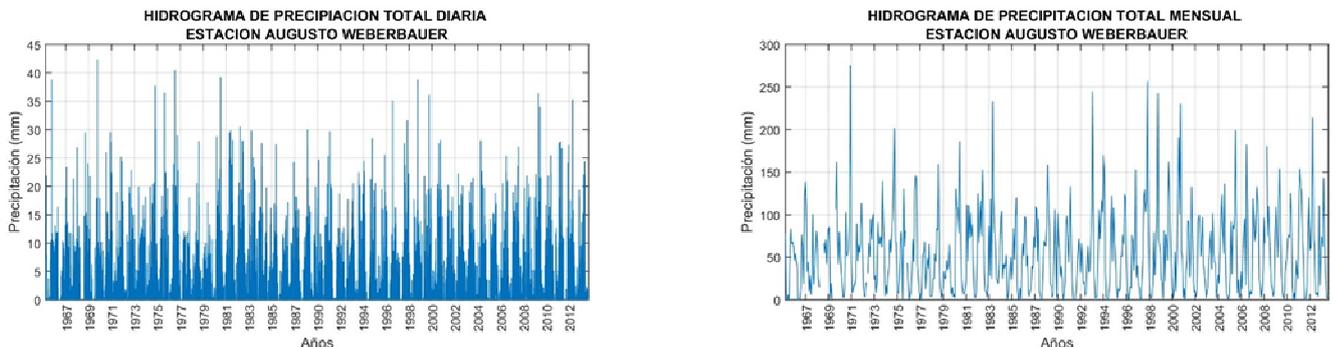


Figura N° 3.24

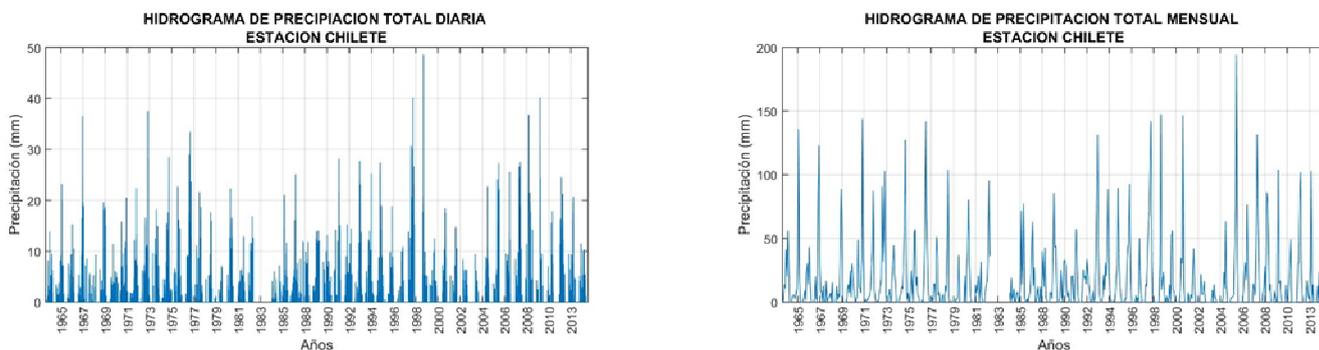


Figura N° 3.25

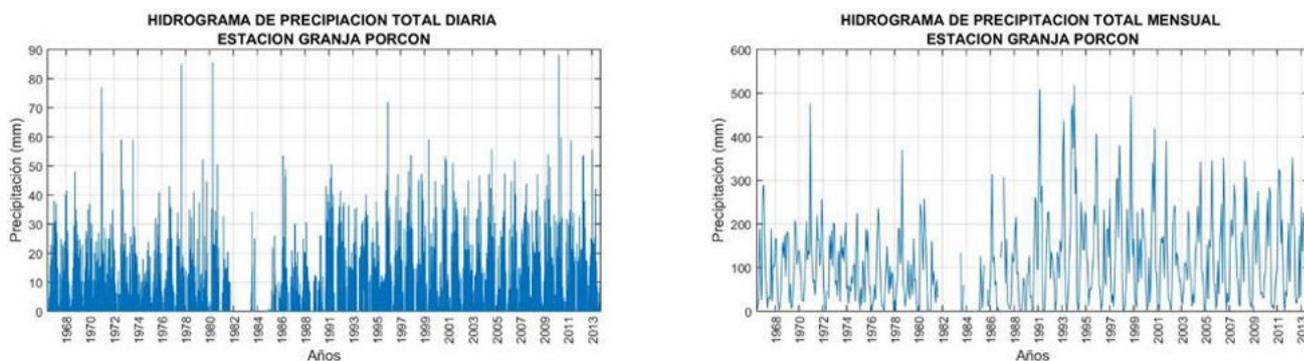


Figura N° 3.26

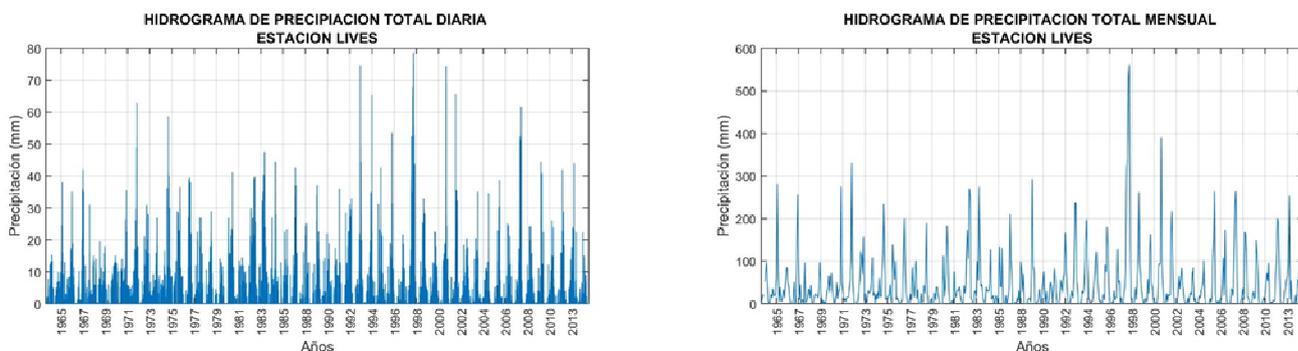


Figura N° 3.27

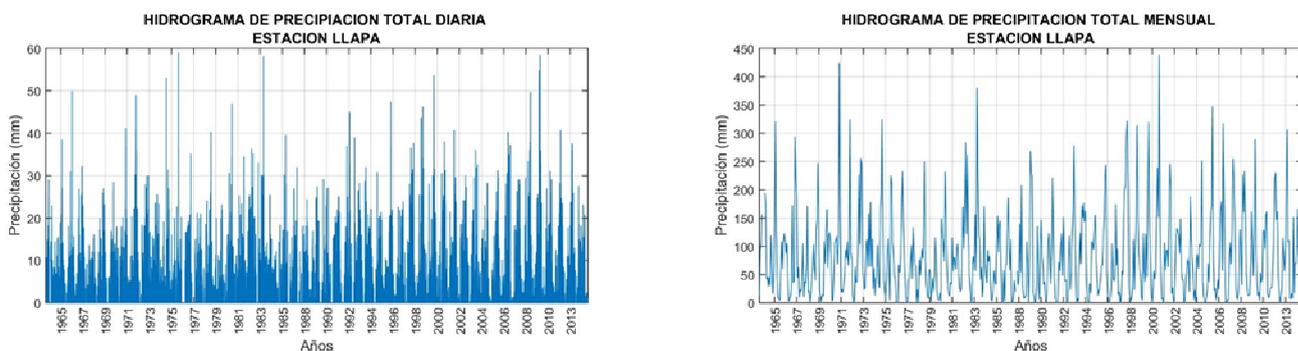


Figura N° 3.28

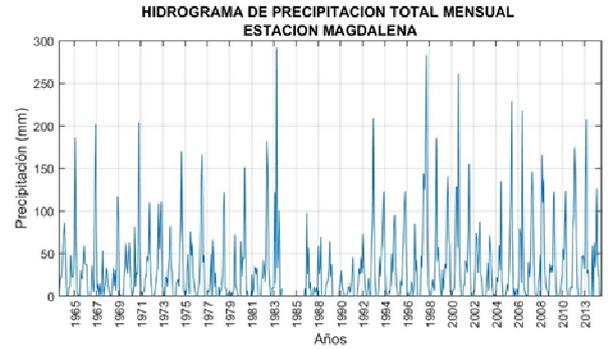
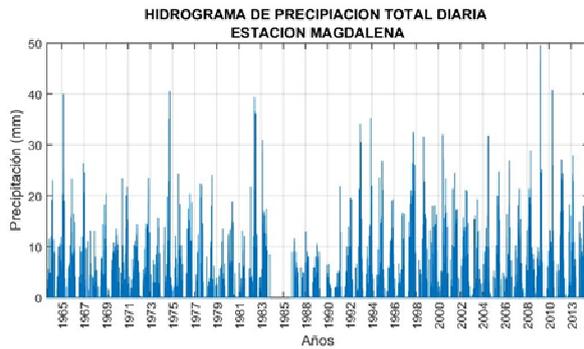


Figura N° 3.29

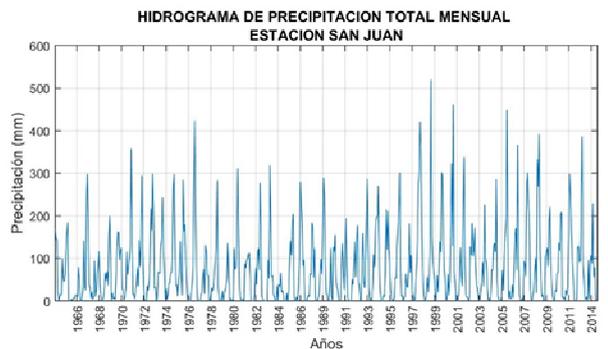
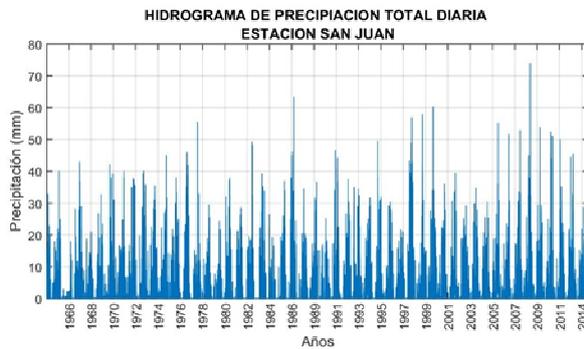
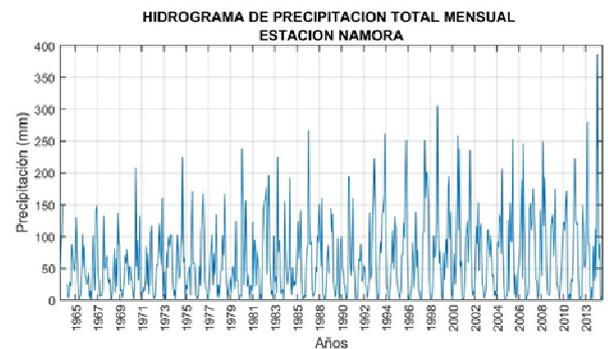
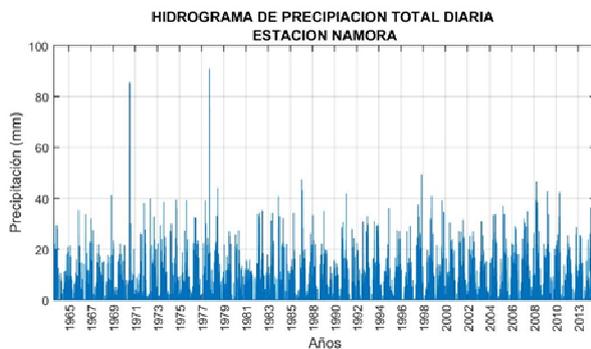


Figura N° 3.30



En las siguientes figuras se muestran histogramas de precipitación histórica total diaria y mensual disponible para las estaciones de la zona árida (cuenca baja).

Figura N° 3.31

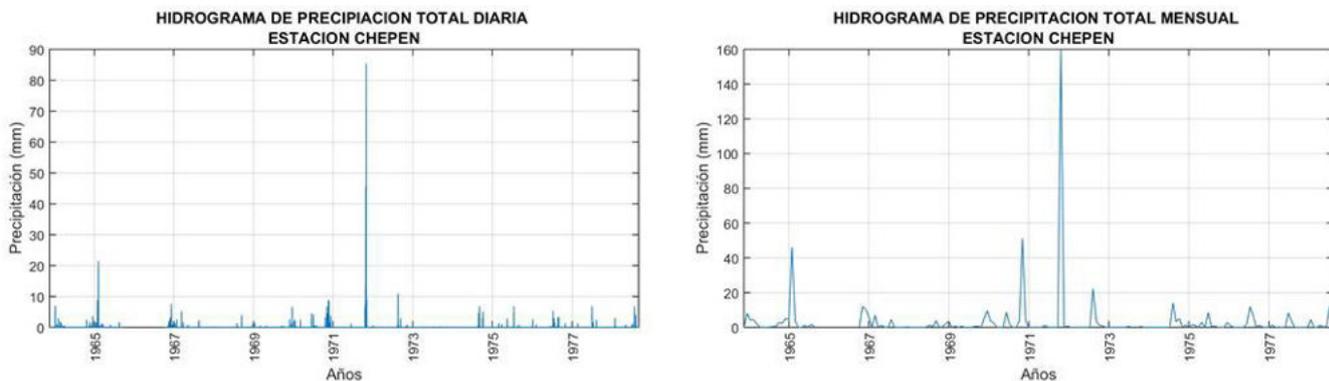


Figura N° 3.32

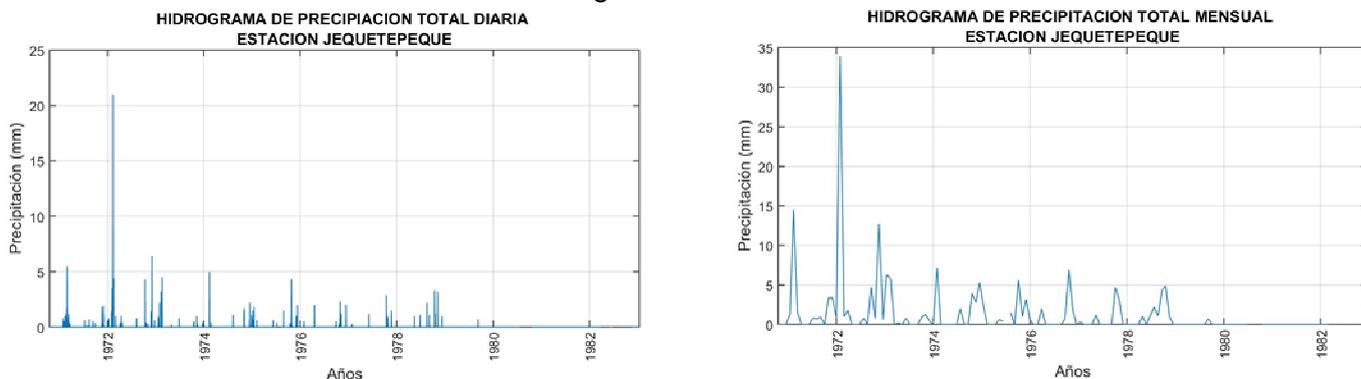


Figura N° 3.33

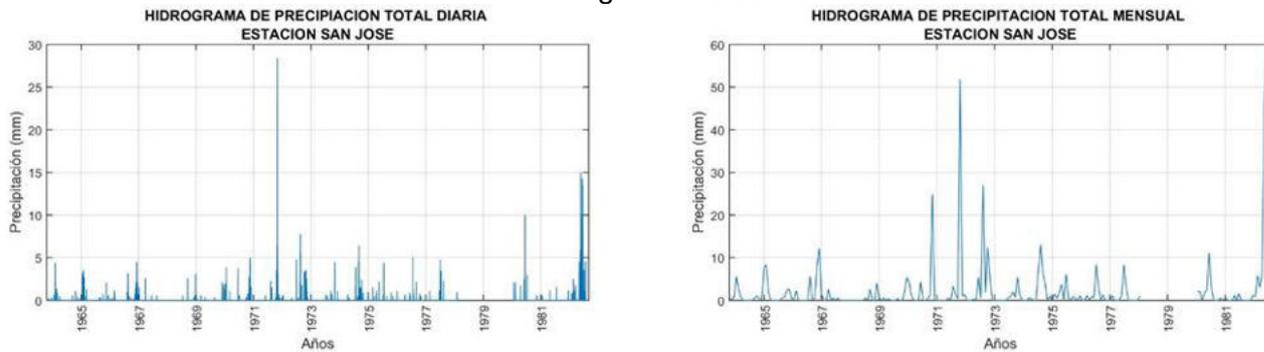


Figura N° 3.34

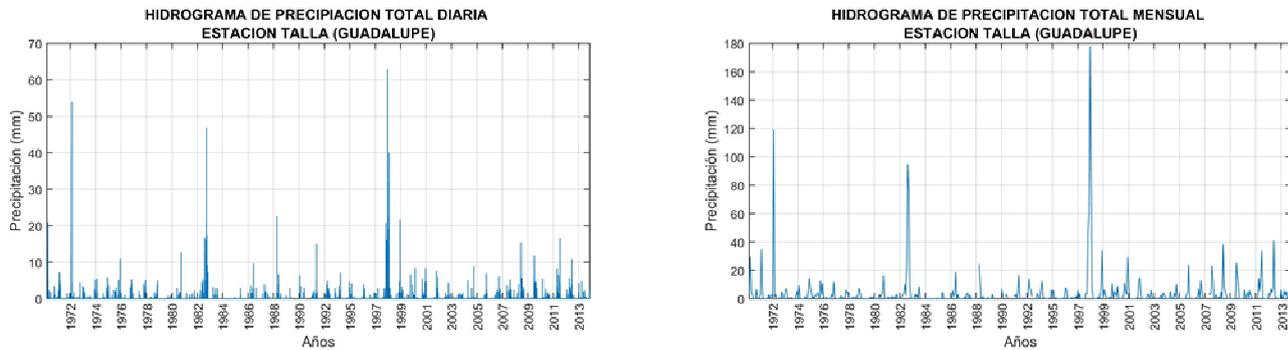
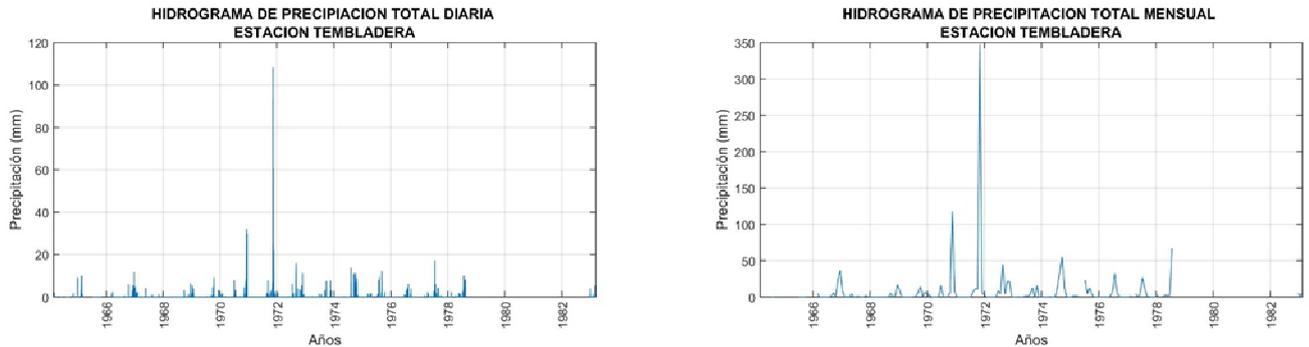


Figura N° 3.35



B. Análisis de Doble Masa y Método del Vector Regional

El análisis de doble masa se utiliza para detectar errores que puedan haberse producido durante la obtención de la información. El diagrama Doble Masa consiste en comparar una estación ficticia promedio de precipitaciones anuales con las precipitaciones anuales acumuladas de la estaciones en evaluación, para un período considerado, el gráfico debe seguir la tendencia de una línea recta de pendiente constante, y presentar pocos quiebres, pues los cambios en la ubicación de las estaciones y toma de datos (metodología, instrumentación, personal operador) pueden afectar la confiabilidad de los registros.

Para este análisis se utilizó el Método del Vector Regional (MVR), el cual genera una estación ficticia promedio a partir de un grupo de estaciones en una región hidrológica sobre la cual se construye diagramas doble masa para evaluar la homogeneidad de dichas estaciones. Así mismo construye graficas de índices, rangos de tolerancia y calcula estadísticos como correlación y desviación lo cual permite un análisis más exhaustivo.

Con la ayuda del vector regional, se analizó lo siguiente:

- Calidad de los datos de cada estación por curvas de dobles acumuladas con los índices del vector regional.
- Correlación de los datos de una estación con los índices del vector regional.
- Formación de grupos de estaciones para zonas climáticamente homogéneas.

Para efectuar el análisis por el método del Vector Regional - VR, se agruparon las estaciones teniendo en consideración;

- Cercanía espacial.
- Similitud altitudinal.
- Pluviosidad.
- Periodo concurrente.

Generalmente, cuando un grupo de estaciones se encuentran en una zona homogénea, los coeficientes de correlación y desviación del vector regional son altos y bajos, respectivamente. En este sentido y considerando que en Perú no se cuenta con índices para evaluar la consistencia de datos diarios, se asumió que las estaciones de un grupo debían tener un índice de correlación de 0.75 como mínimo y una desviación de 0.3 como máximo para considerarlas dentro de una misma región hidrológica, fuera de este rango significa no homogeneidad o presencia de inconsistencia debido a errores sistemáticos.

Teniendo en consideración las características pluviométricas observadas en la cuenca Jequetepeque hemos definido cuatro (04) grupos. Un grupo en zona árida (Grupo 1) correspondiente a la parte baja, un grupo intermedio (Grupo 2) y dos grupos en la parte alta de la cuenca donde existe el mayor aporte pluviométrico (Grupos 3 y 4). Para cada una de estos grupos se calculó el respectivo vector regional y se evaluó la homogeneidad y consistencia.

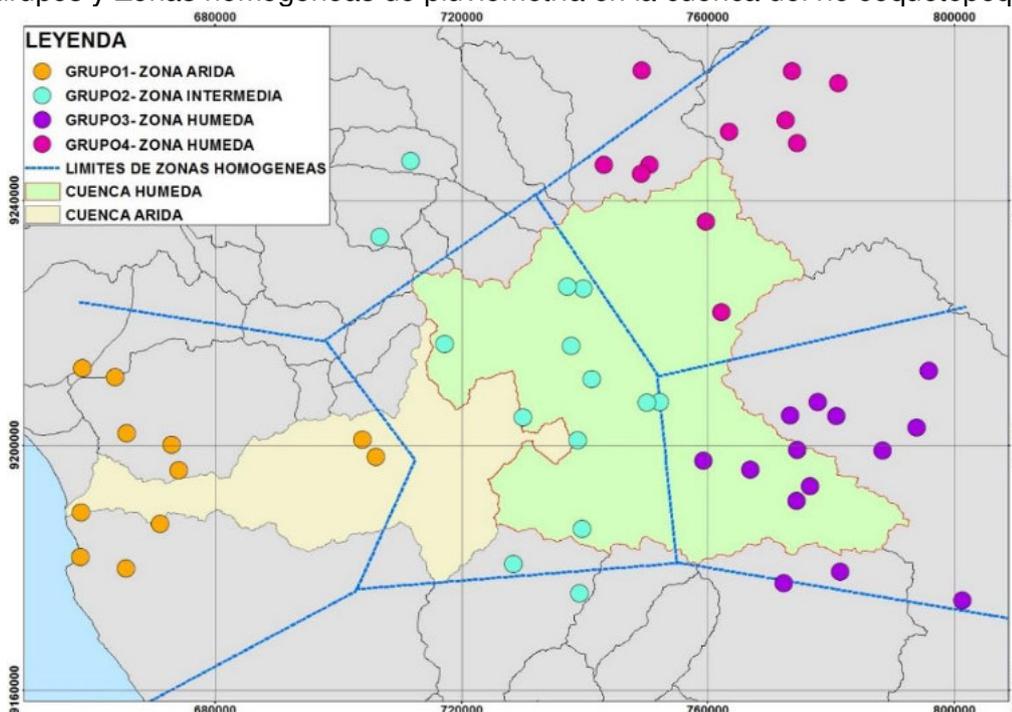
En una primera evaluación preliminar se pudieron establecer los periodos confiables y dudosos de las estaciones ubicadas en la cuenca húmeda (Cuadro N°3.12).

Cuadro N°3.12
Periodos confiables y dudosos de las estaciones utilizadas.

Estaciones	Periodo Confiable (Homogéneo)	Periodo Dudoso
AUGUSTO W	1965-2014	-
CHILETE	1965-2014	-
CONTUMAZA	1965-1977, 1981-2014	1978-1980
GRANJA PORCON	1966-2014	-
LIVES	1965-2014	-
LLAPA	1965-2014	-
MAGDALENA	1965-1985, 1992-2014	1986-1991
NAMORA	1965-2014	-
SAN JUAN	1965-2014	-

El uso de estaciones de apoyo, previamente descartadas por diversos motivos, resulta útil para completar periodos donde las estaciones seleccionadas no cuentan con registros concurrentes en un periodo dado, el procedimiento será expuesto a continuación.

Figura N° 3.36
Grupos y Zonas homogéneas de pluviometría en la cuenca del río Jequetepeque



*Nota: la delimitación es referencial

Cuadro N° 3.13
Grupos de pluviometría en la cuenca río Jequetepeque

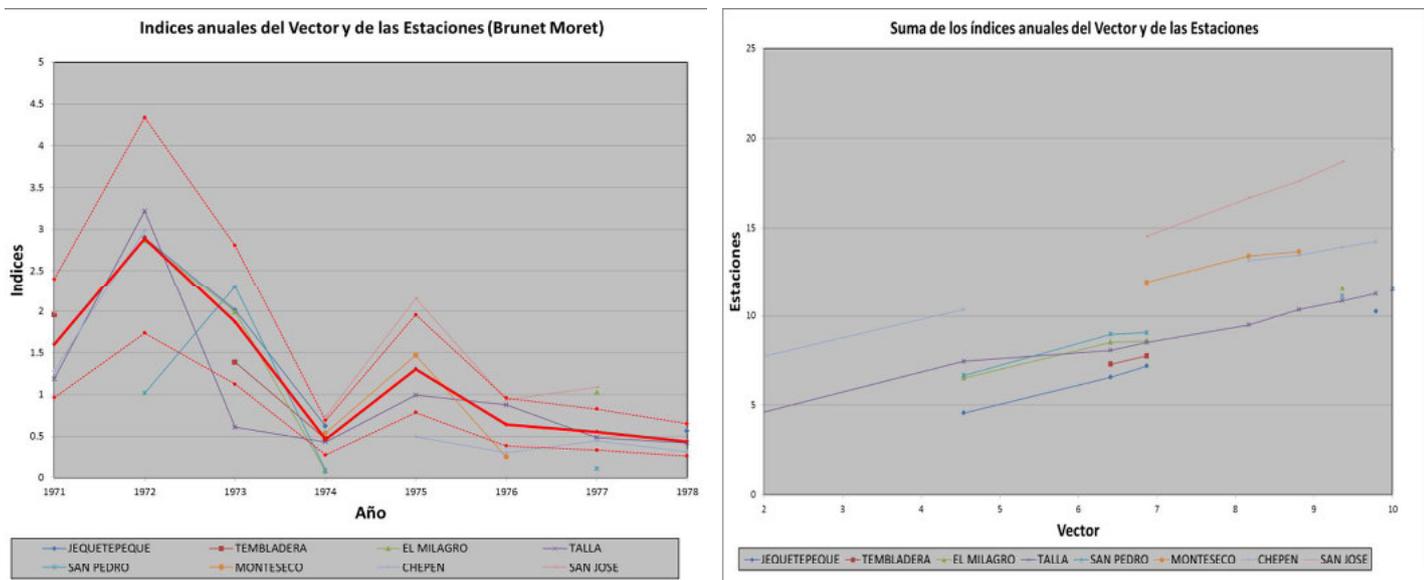
Zona Árida		Zona Intermedia	Zona Húmeda	
Grupo 1		Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Chepen*		Lives*	Magdalena*	Granja Porcon*
Cherrepe		Cascas	Asuncion	Bambamarca
El Milagro		Chilete*	Augusto W.*	Chugur
Jequetepeque*		Contumaza*	Cachachi	Hda. Llaucan
Montesecco		Llapa*	Cospan	La Llica
Pacasmayo		Niepos	Hda. Llagaden	Qda. Honda
San José*		San Benito	Jesus	Qda. Shugar
San Pedro		San Miguel	La Encañada	Quilcate (co)
Talla*		San Pablo	La Victoria	Quilcate (plu)
Tembladera*		Udima	Namora*	
			San Juan*	
			San Marcos	
			Sayapullo	

*Estaciones más importantes utilizadas en el análisis hidrológico

Grupo 1

Este grupo corresponde a la parte baja de la cuenca, caracterizada por la escasez de precipitaciones. Las estaciones que pertenecen a esta zona son: Cherrepe, Montesecco, Tembladera, El Milagro, Chepén, Talla, Jequetepeque, San José, Pacasmayo y San Pedro. Las estaciones Cherrepe, Chepén y San José tienen entre 17 y 20 años de registros, Talla registra 45 años, mientras que las demás estaciones tienen menos de 15 años y se utilizaron de manera auxiliar para la construcción del vector, el cual requiere de 3 estaciones como mínimo por año y tres años como mínimo por cada estación. Debido a la falta de concurrencia de periodos se obtuvo un VR con solo 7 años.

Figura N° 3.37
Vector regional y curvas dobles acumuladas Grupo 1



Cuadro N°3.14
Precipitaciones medias calculadas y parámetros del vector para el Grupo 1

Estación	No Años	Precipit. Anual Media Obs.	Precipit. Anual Media Calculada	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
JEQUETEPEQUE	4	24.2	15.8	0.126	0.999
TEMBLADERA	4	73	75.9	0.3	0.922
EL MILAGRO	4	33.4	22.5	0.309	0.956
TALLA	9	39.2	41.7	0.476	0.861
SAN PEDRO	5	69.4	97.9	0.903	0.691
MONTESECO	3	23.7	31.5	0.249	0.908
CHEPEN	7	45.7	54.2	0.362	0.953
SAN JOSE	7	16	15.7	0.434	0.965

Grupo 2

En este grupo se ha analizado la precipitación de las estaciones: Lives, San Miguel, Llapa, San Pablo, Chilete, Contumaza, San Benito, Cascas, Niepos y Udimá. Las estaciones de la cuenca Zaña (Niepos y Udimá) y de la cuenca Chicama (San Benito y Cascas) se descartaron luego del análisis de un vector preliminar al verificarse la no homogeneidad evidenciada en los análisis gráficos y paramétricos del vector a pesar de su cercanía al ámbito de Estudio. Posteriormente, las estaciones mostraron buena correspondencia con el vector regional.

Figura N°3.38
Vector regional Grupo 2 - Índices anuales iniciales de las estaciones

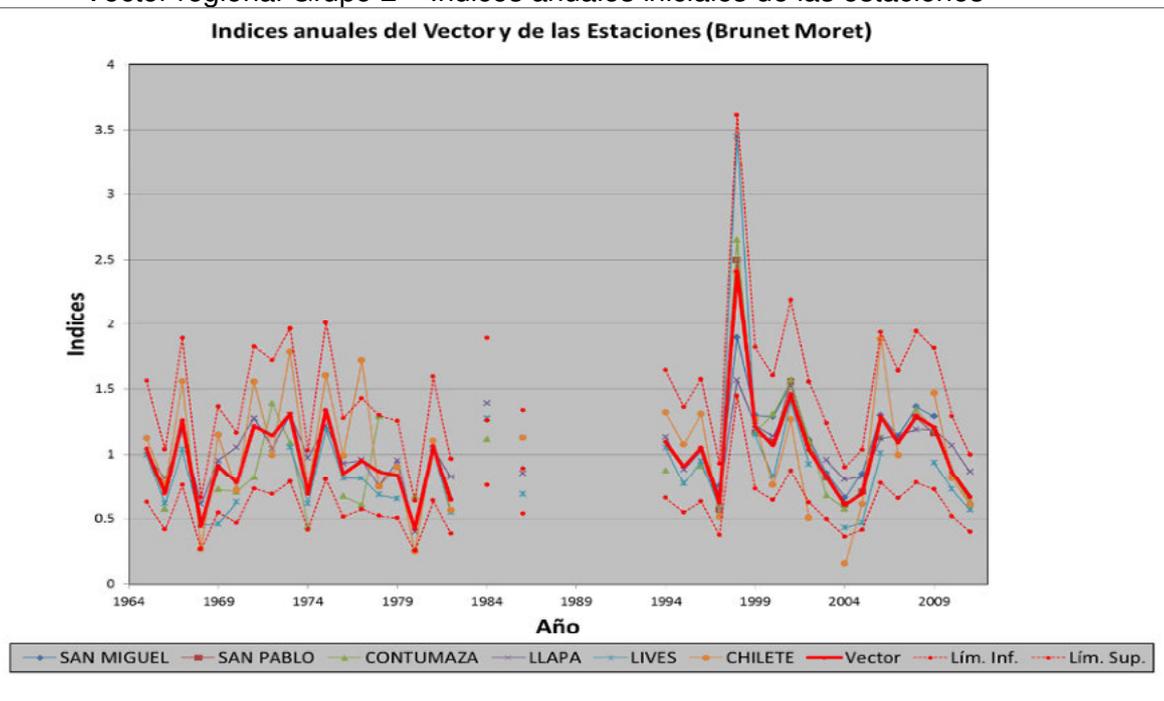
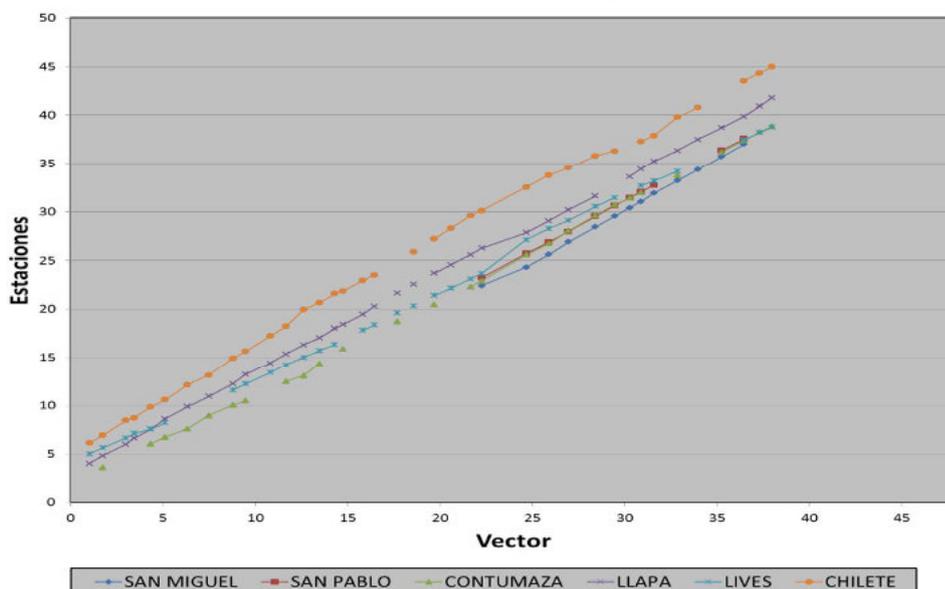


Figura N°3.39
Curvas dobles acumuladas Grupo 2 - Índices anuales iniciales de las estaciones
Suma de los índices anuales del Vector y de las Estaciones



Cuadro N°3.15
Precipitaciones medias calculadas y parámetros del vector para el Grupo 2

Id Estación	No Años	Precipit. Anual Media Obs. (mm)	Precipit. Anual Media Calculada (mm)	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
SAN MIGUEL	13	1023.2	866.2	0.175	0.954
SAN PABLO	11	816.5	716.4	0.05	0.997
CONTUMAZA	27	711.5	719.9	0.197	0.902
LLAPA	37	987.6	966.9	0.184	0.885
LIVES	32	531	590.2	0.248	0.937
CHILETE	35	198.7	190	0.271	0.858

Observaciones:

- La estación Contumaza mostro picos en los años 1978-1980 y 1983 ver gráfica. Solo el periodo 1978-1980 fue removido por incoherencias con las demás estaciones, a fin de poder salvar la estación para el análisis hidrológico

Grupo 3

En este grupo se ha analizado la precipitación de las estaciones Magdalena, Hacienda Llagaden, San Juan, Asunción, Augusto Weberbauer, La Victoria, Jesús, Namora, La Encañada, San Marcos, Cachachi, Cospan y Sayapullo. Con los vectores preliminares se descartaron las estaciones: La Victoria, por insuficiencia de datos en el periodo de análisis; Cachachi, por falta de homogeneidad y las estaciones de la cuenca Chicama (Cospan y Sayapullo) por falta de homogeneidad con la zona, también. Posteriormente las estaciones mostraron una mayor correlación con el vector (>0.7) y bajas desviaciones (<0.35).

Figura N°3.40

 Vector regional Grupo 3 - Índices anuales iniciales de las estaciones

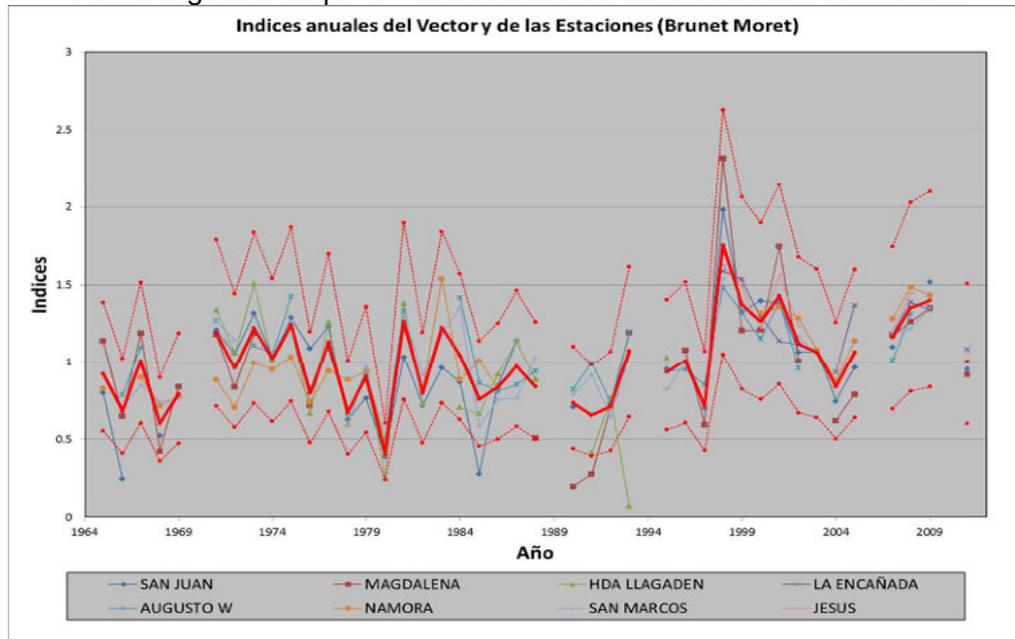
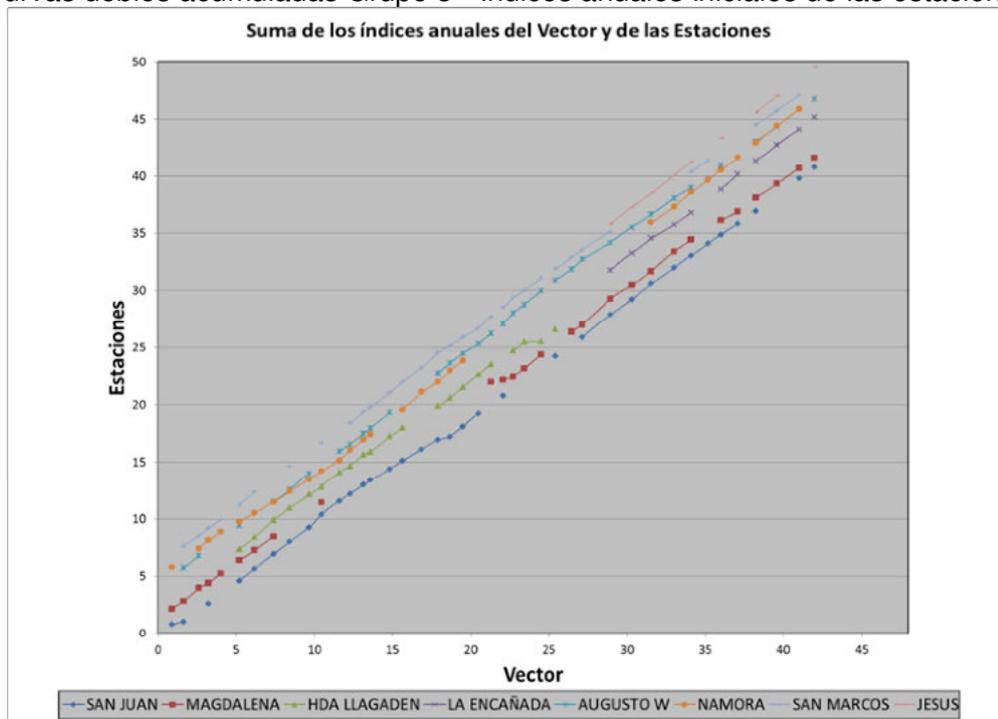


Figura N°3.41

 Curvas dobles acumuladas Grupo 3 - Índices anuales iniciales de las estaciones



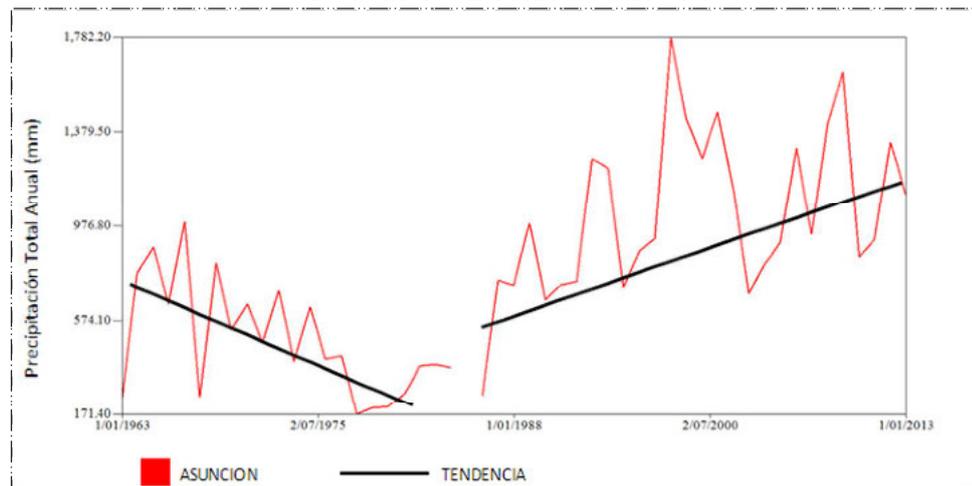
Cuadro N°3.16
Precipitaciones medias calculadas y parámetros del vector para el Grupo 3

Id Estación	No Años	Precipit. Anual Media Obs. (mm)	Precipit. Anual Media Calculada (mm)	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
SAN JUAN	34	891.9	910.3	0.161	0.905
MAGDALENA	27	398.4	408.6	0.221	0.914
HDA LLAGADEN	21	407.7	460.3	0.262	0.713
LA ENCAÑADA	11	990.5	779.9	0.151	0.775
AUGUSTO W	32	635	613.2	0.133	0.881
NAMORA	28	737.8	733.8	0.152	0.816
SAN MARCOS	32	689.3	720.9	0.124	0.892
JESUS	9	735.5	560.1	0.104	0.944

Observaciones:

- La estación Asunción, presenta una significativa desviación en el periodo 1973-1983 probablemente debido a errores sistemáticos. Dicha estación es prescindible, pues la estación San Juan, localizado a 3 km, cubre espacial y temporalmente su información por lo que se procedió a descartarla. Ver Figura N°3.42.
- En la estación Magdalena, desviación del periodo 1985-1991. El periodo fue removido para salvar la estación.
- En la estación Hacienda Llagaden, presenta desviación en el año 1993, debido a que se registraron precipitaciones igual a cero de 05/06/1992 al 05/09/1993 lo cual es incoherente. La estación fue descartada.

Figura N°3.42
Anomalías en la estación Asunción



Grupo 4

En este grupo se ha analizado la precipitación de las estaciones Granja Porcón, Quebrada Honda, Quilcate, Hacienda Llaucan, La Llica, Bambamarca, Quebrada Shugar y Chugur. En un análisis preliminar se descartaron las estaciones Bambamarca, por no homogeneidad y Quilcate (Plu) por presentar una fuerte

desviación (0.36) y baja correlación (0.58) con el vector, debido a errores sistemáticos evidenciados en el análisis gráfico.

Figura N°3.43
Vector regional Grupo 4 - Índices anuales iniciales de las estaciones

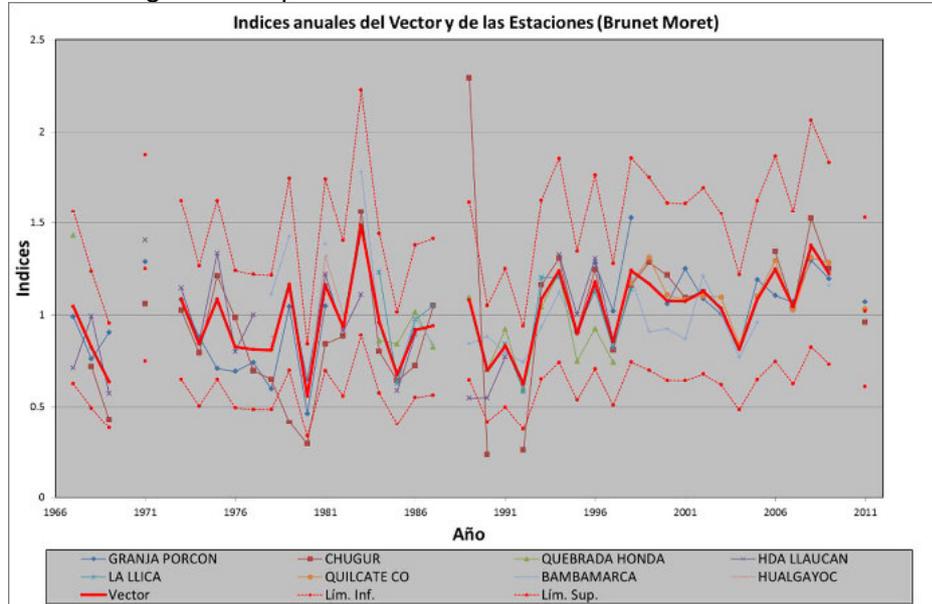
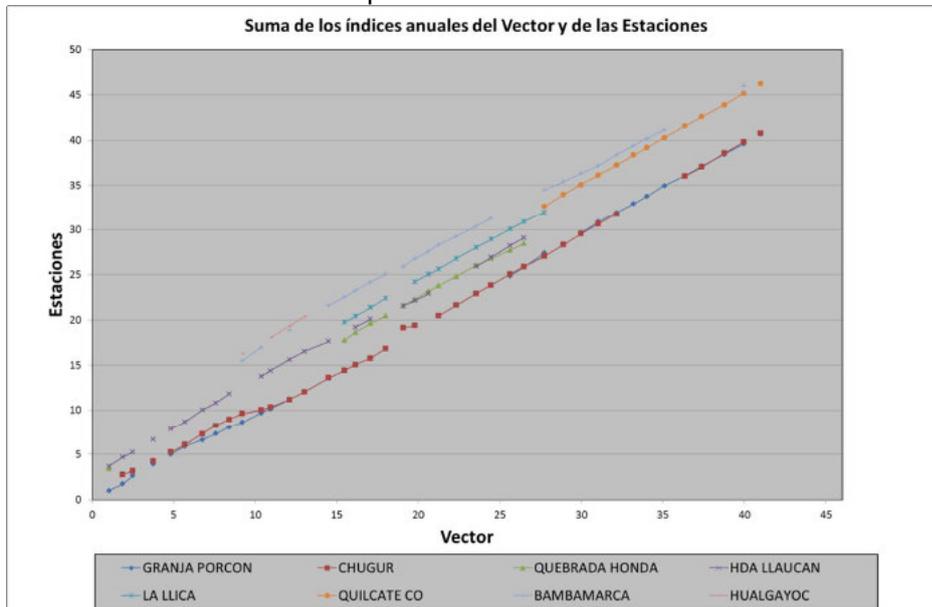


Figura N°3.44
Curvas dobles acumuladas Grupo 4- Índices anuales iniciales de las estaciones



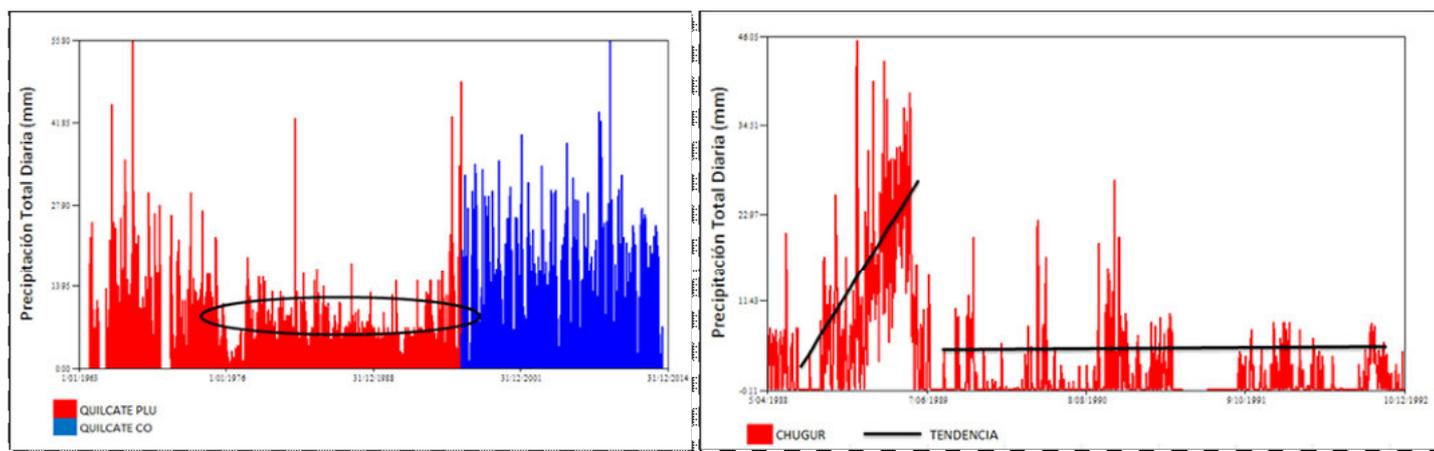
Cuadro N°3.17
Precipitaciones medias calculadas y parámetros del vector para el Grupo 4

Id Estación	No Años	Precipit. Anual Media Obs. (mm)	Precipit. Anual Media Calculada (mm)	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
GRANJA PORCON	27	1342.1	1334.3	0.139	0.809
CHUGUR	36	1497.4	1541.4	0.284	0.735
QUEBRADA HONDA	14	1106	1193.8	0.151	0.719
HDA LLAUCAN	23	689.5	732.1	0.183	0.734
LA LLICA	13	850.9	890.9	0.096	0.901
QUILCATE CO	13	1227.8	1083.4	0.057	0.916
BAMBAMARCA	24	791.9	779.7	0.16	0.763
HUALGAYOC	4	1235.8	1307.3	0.093	0.999

Observaciones:

- La estación Quilcate (Plu.) presenta errores sistemáticos en el periodo 1975-1995. La estación fue descartada. Ver figura N°3.45.
- En la estación Chugur se evidenciaron errores sistemáticos ya que se registran precipitaciones anómalas en el periodo 11/88-04/89 y 05/89-11/92. La estación fue descartada. Ver figura N°3.45.

Figura N°3.45
Anomalías en la estaciones Quilcate (izquierda) y Chugur (derecha)



C. Análisis Estadístico

El análisis se efectúa luego de haber evaluado los hidrogramas y las curvas dobles por cada grupo de estaciones consideradas climáticamente homogéneas, analizado la similitud de su comportamiento, y haber detectado algún periodo dudoso, materia de evaluación en esta etapa.

Este análisis no pudo llevarse a acabo para todas las estaciones ya que son necesarios periodos completos y extensos para el cálculo de los estadísticos y los análisis de tendencias. Adicionalmente los registros anuales deben estar mínimamente alterados por el relleno de datos, por este motivo solo se realizó el análisis para 06 estaciones.

Debido a esto se procedió a calcular los test estadísticos para las estaciones más representativas de la cuenca húmeda donde se produce el recurso hídrico,

consideradas como tal, las que contaban con un registro histórico de 45 años como mínimo y con un 5% de datos faltantes como máximo, observándose además que dichos datos faltantes consistían en periodos cortos de días distribuidas a lo largo del registro por lo que fue posible realizar la completación por interpolación simple en caso sea menor igual a 7 días y correlación múltiple en caso sea mayor a 7 días, utilizando la estación más cercana que concurra con el periodo faltante y sea homogéneo, situación que se justifica por tratarse a una misma región hidrológica.

Para efectuar este análisis se ha utilizado el software TREND que realiza test paramétricos y no paramétricos que detectan las tendencias, cambios en la media y cambios en las medias-medianas en periodos diferentes de series a escala anual.

Como conclusión general de este análisis podemos decir que no existen tendencias, cambios en la media y mediana; en las estaciones Chilete, Lives, Llapa y Augusto Weberbauer.

Las estaciones Namora y San Juan, muy cercanas espacialmente, si presentan tendencias, sin embargo en el análisis gráfico y vector regional este comportamiento hidrológico se presenta en las demás estaciones ubicadas en el Grupo 3, por lo tanto se concluye que dichas estaciones son consistentes.

Cuadro N°3.18
Análisis estadísticos y de tendencia- Estación Augusto Weberbauer

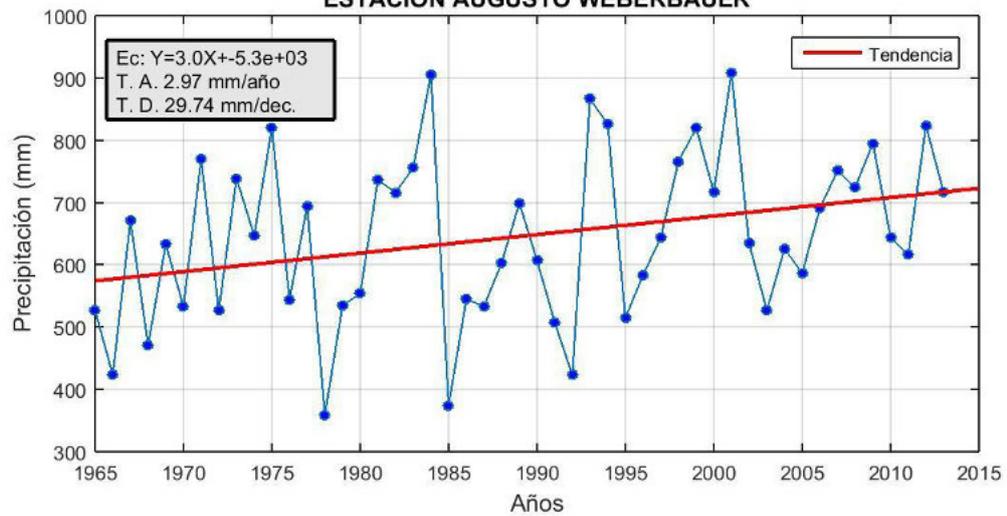
TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	1.807	1.65	1.96	2.58	S (0.1)	Significativa tendencia estadística (a<0.1), tendencia incremental
Spearman's Rho	1.701	1.65	1.96	2.58	S (0.1)	Significativa tendencia estadística (a<0.1), tendencia incremental
Linear regression	1.678	1.68	2.01	2.69	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	6	8.627	9.617	11.526	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Cumulative deviation	1.126	1.14	1.27	1.52	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Worsley likelihood	2.348	2.87	3.16	3.79	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	-1.378	1.645	1.96	2.576	NS	No hay significativa diferencia entre las medianas (a=0.1),
Student's t	-1.441	1.68	2.011	2.682	NS	No hay significativa diferencia entre las medias (a=0.1)

Figura N°3.46

TENDENCIA DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL
ESTACION AUGUSTO WEBERBAUER



Cuadro N°3.19

Análisis estadísticos y de tendencia- Estación Chilete

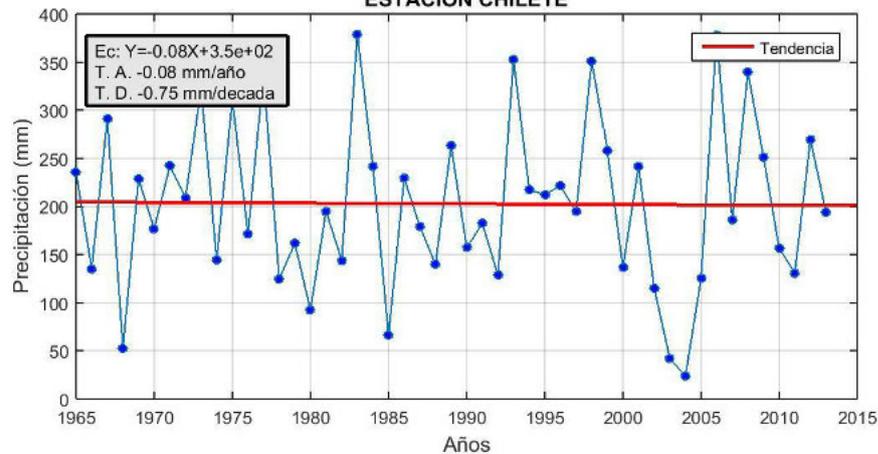
TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	-0.485	1.65	1.96	2.58	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)
Spearman's Rho	-0.475	1.65	1.96	2.58	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)
Linear regression	-0.448	1.68	2.01	2.69	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	5	8.627	9.617	11.526	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Cumulative deviation	0.555	1.14	1.27	1.52	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Worsley likelihood	1.548	2.87	3.16	3.79	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	0.252	1.645	1.96	2.576	NS	No hay significativa diferencia entre las medianas (a=0.1),
Student's t	0.225	1.68	2.011	2.682	NS	No hay significativa diferencia entre las medias (a=0.1)

Figura N°3.47

TENDENCIA DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL
ESTACION CHILETE



Cuadro N°3.20

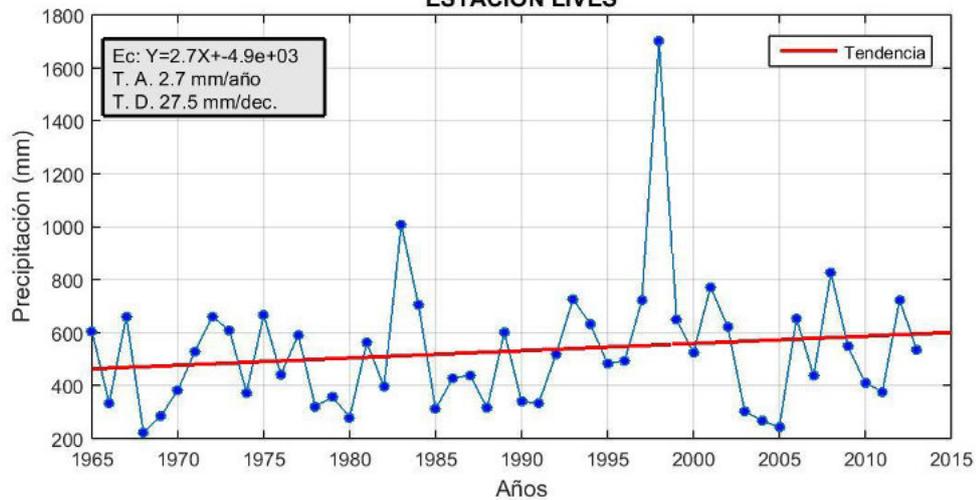
Análisis estadísticos y de tendencia- Estación Lives

TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)				Resultados del test
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	0.686	1.645	1.96	2.576	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)
Spearman's Rho	0.641	1.645	1.96	2.576	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)
Linear regression	0.8	1.681	2.012	2.685	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia				Resultados del test
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	5	8.627	9.617	11.526	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Cumulative deviation	0.805	1.14	1.27	1.52	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Worsley likelihood	1.632	2.87	3.16	3.79	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia				Resultados del test
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	-0.97	1.645	1.96	2.576	NS	No hay significativa diferencia entre las medianas (a=0.1)
Student's t	-1.153	1.68	2.011	2.682	NS	No hay significativa diferencia entre las medias (a=0.1)

Figura N°3.48
TENDENCIA DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL
ESTACION LIVES



Cuadro N°3.21
Análisis estadísticos y de tendencia- Estación Llapa

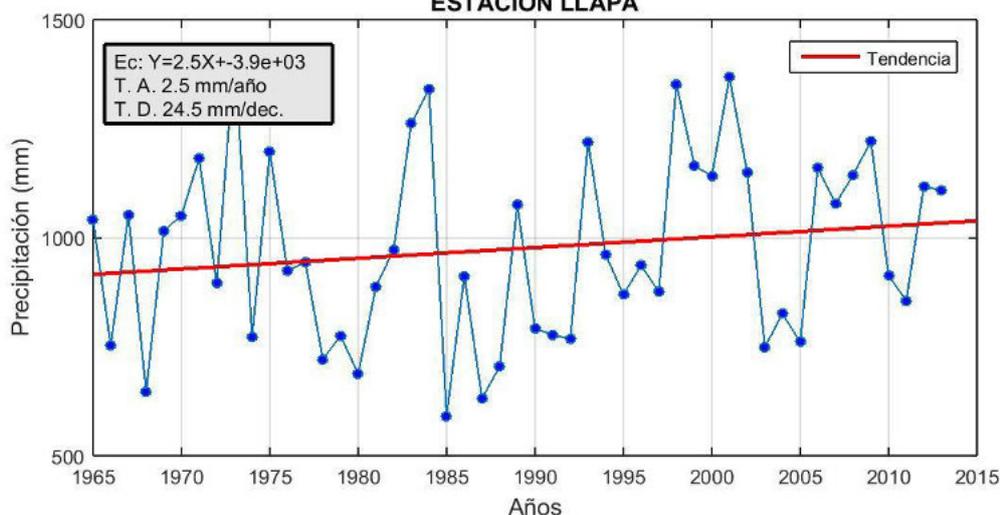
TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	0.652	1.645	1.96	2.576	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)
Spearman's Rho	0.718	1.645	1.96	2.576	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)
Linear regression	0.539	1.681	2.012	2.685	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	5	8.627	9.617	11.526	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Cumulative deviation	0.798	1.14	1.27	1.52	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Worsley likelihood	2.209	2.87	3.16	3.79	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	-0.99	1.645	1.96	2.576	NS	No hay significativa diferencia entre las medianas (a=0.1)
Student's t	-0.859	1.68	2.011	2.682	NS	No hay significativa diferencia entre las medias (a=0.1)

Figura N°3.49

TENDENCIA DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL
ESTACION LLAPA



Cuadro N°3.22

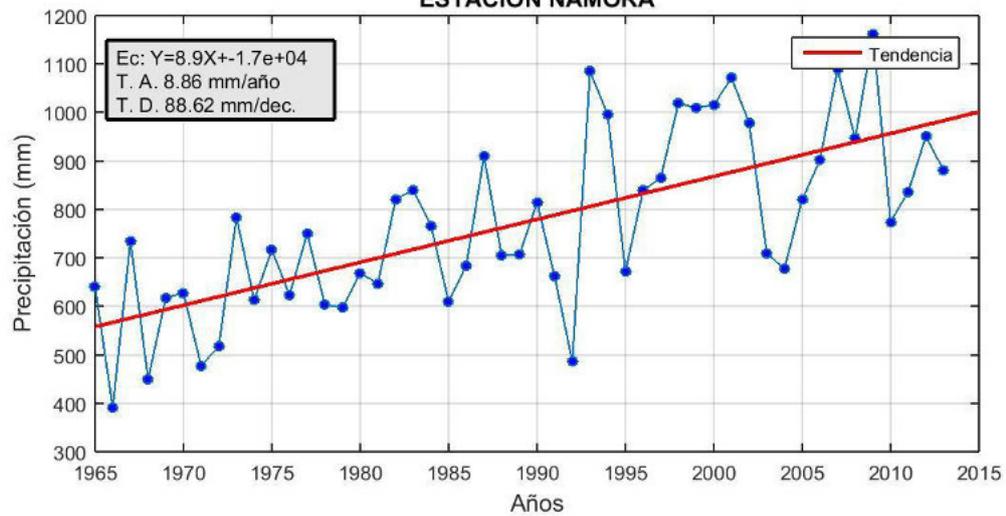
Análisis estadísticos y de tendencia- Estación Namora

TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	4.919	1.65	1.96	2.58	S (0.01)	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental
Spearman's Rho	4.773	1.65	1.96	2.58	S (0.01)	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental
Linear regression	6.24	1.68	2.01	2.69	S (0.01)	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	16	8.627	9.617	11.526	S (0.01)	Significativo salto estadístico (a<0.01), Los valores son mayores en los últimos años
Cumulative deviation	2.452	1.14	1.27	1.52	S (0.01)	Significativo salto estadístico (a<0.01), La media del 1er período es menor que la del 2do
Worsley likelihood	6.762	2.87	3.16	3.79	S (0.01)	Significativo salto estadístico (a<0.01), La media del 1er período es menor que la del 2do

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	-4.404	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	Significativa diferencia entre las medianas (a<0.01), La mediana del 1er período es mayor que la del 2do
Student's t	-4.314	1.68	2.011	2.682	S (0.01)	Significativa diferencia entre las medias (a<0.01), La media del 1er período es mayor que la del 2do

Figura N°3.50
TENDENCIA DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL
ESTACION NAMORA



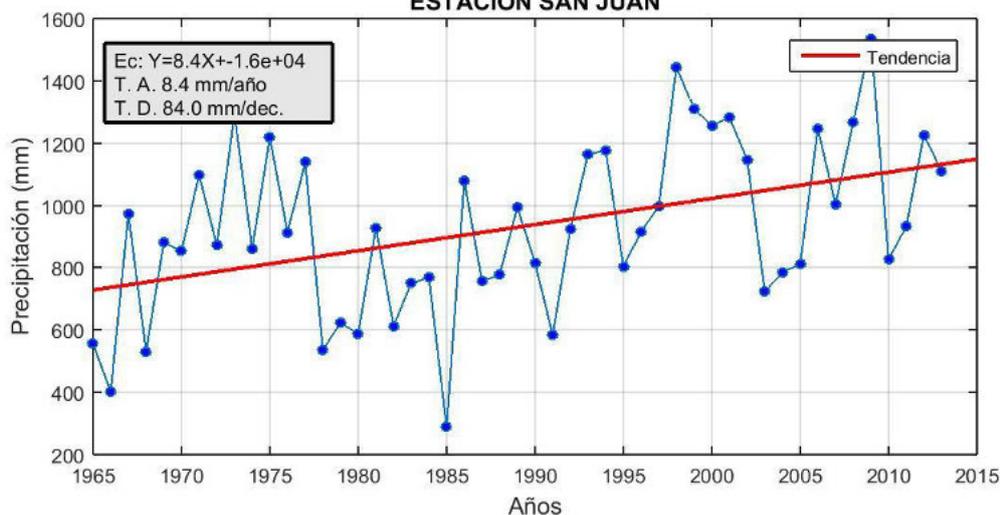
Cuadro N°3.23
Análisis estadísticos y de tendencia- Estación San Juan

TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	2.643	1.65	1.96	2.58	S (0.01)	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental
Spearman's Rho	2.499	1.65	1.96	2.58	S (0.05)	Significativa tendencia estadística (a<0.05), tendencia incremental
Linear regression	2.781	1.68	2.01	2.69	S (0.01)	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	11	8.627	9.617	11.526	S (0.05)	Significativo salto estadístico (a<0.05), Los valores son mayores en los últimos años
Cumulative deviation	1.665	1.14	1.27	1.52	S (0.01)	Significativo salto estadístico (a<0.01), La media del 1er período es menor que la del 2do
Worsley likelihood	3.731	2.87	3.16	3.79	S (0.05)	Significativo salto estadístico (a<0.05), La media del 1er período es menor que la del 2do

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	-2.794	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	Significativa diferencia entre las medianas (a<0.01), La mediana del 1er período es mayor que la del 2do
Student's t	-2.843	1.68	2.011	2.682	S (0.01)	Significativa diferencia entre las medias (a<0.01), La media del 1er período es mayor que la del 2do

Figura N°3.51
TENDENCIA DE LA PRECIPITACION TOTAL ANUAL
ESTACION SAN JUAN



3.2.5. Completación y Extensión de la Información Pluviométrica

De acuerdo a los resultados del análisis de consistencia de la información histórica, podemos concluir que las estaciones seleccionadas no presentan inconsistencia, existen tendencias en las estaciones Namora y San Juan; sin embargo dicho comportamiento hidrológico se presenta también en las demás estaciones del mismo grupo de análisis, por lo tanto no fue necesario hacer la corrección de los registros históricos de pluviometría.

El periodo de completación de registros faltantes de la información histórica comprende desde 01/01/1965 hasta 31/08/2014, que corresponde a 49 años y ocho meses. El relleno de registros faltantes se realizó en base a las series históricas más extensas de las estaciones de probada consistencia, a las cuales denominaremos estaciones patrones: Augusto Weberbauer, Chilete, Contumaza, Lives, Llapa, Magdalena, Namora y San Juan.

La completación y extensión de los datos se realizó utilizando el software River Analysis Package (RAP) desarrollado por Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Monash University. El software utiliza interpolación simple y modelos de regresión lineal y múltiple, además de su capacidad para un análisis gráfico y dinámico de los resultados.

Modelo de Regresión Lineal Simple: $y = b_0 + b_1 * x_1 ; R$

Modelo de Regresión Lineal Múltiple: $y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + \dots + b_n * x_n ; R$

Dónde:

y= Variable dependiente. Valor estimado de la precipitación (mm).

x_1, x_2, \dots, x_n = Variables explicativas. Valores de precipitación registrados en estaciones de la misma zona homogénea según rendimiento de la precipitación.

b_0, b_1, \dots, b_n = Constantes de regresión; y R= Coeficiente de correlación.

El método de regresión lineal múltiple es uno de los más utilizados en hidrología y se recomienda a nivel diario, mensual y anual.

Considerando que en el Perú no se cuenta con experiencias y pautas para el relleno de series diarias, se asumió algunas consideraciones razonables para la completación de datos diarios faltantes:

- Estación Patrón (Base) con registros históricos extensos y con menor porcentaje de datos faltantes.
- Completación por interpolación simple, en caso el registro faltante sea menor o igual a 7 días.
- Correlación múltiple en caso el registro faltante sea mayor a 7 días, utilizando la estación patrón cercana que concorra con el periodo faltante.

El procedimiento contempla; primero el relleno de las estaciones base por interpolación simple y posteriormente aplicar correlación múltiple, utilizando en algunos casos el periodo homogéneo y consistente de las estaciones de apoyo.

En la cuenca baja, la correlación lineal simple y múltiple entre las estaciones es alta, y arrojan resultados satisfactorios. Las estaciones Chepén, Jequetepeque, San José y tembladera, se completaron mutuamente con la estación más extensa, la estación Talla. Sin embargo, estas estaciones no se utilizaron en los análisis hidrológicos de la cuenca húmeda, solo sirven para caracterizar y describir las escasas precipitaciones en la cuenca seca.

En la cuenca alta o húmeda el análisis ha sido exhaustivo, con el objetivo de consolidar registros diarios extensos, completos y confiables, se ha identificado 9 estaciones. Las estaciones seleccionadas presentan periodos extensos de registro y debido a esto la completación de datos diarios fue mínima, y los modelos de regresión lineal simple y múltiple arrojaron resultados satisfactorios. Los resultados de este método pueden ser evaluados mediante los hidrogramas diarios y mensuales. A continuación se describen los resultados.

Cuadro N°3.24
Completación de datos faltantes en las estaciones de la cuenca árida.

Estación Com/Ext.	Estaciones Base	VARIABLES	Modelo de Regresión	b_0	b_1	Coef. Correlación	Datos Completados (%)
TALLA	SAN JOSE	x1	1er: $y = b_0 + b_1 * x_1$	0.024	1.361	0.70	14.14
	MONTEGRANDE	x1	2do: $y = b_0 + b_1 * x_1$	0.076	0.255	0.59	
	LIVES*	x1	3er: $y = b_0 + b_1 * x_1$	0.011	0.072	0.28	
TEMBLADERA	TALLA*	x1	$y = b_0 + b_1 * x_1$	0.105	1.503	0.64	73.31
CHEPEN	TALLA*	x1	$y = b_0 + b_1 * x_1$	-0.009	1.169	0.85	73.54
JEQUETEPEQUE	TALLA*	x1	$y = b_0 + b_1 * x_1$	0.016	0.281	0.74	76.36
SAN JOSE	TALLA*	x1	$y = b_0 + b_1 * x_1$	0.032	0.369	0.71	67.02

**Periodo homogéneo

*Estación completada Previamente

Cuadro N°3.25
Completación de datos faltantes en las estaciones de la cuenca húmeda

Estación Com/Ext.	Estaciones Base	Variabes	Modelo de Regresión	b_0	b_1	b_2	b_3	Coef. Correlación	Datos Comp. (%)
SAN JUAN	ASUNCION**	x1	1er: $y = b_0 + b_1 * x_1$	0.741	0.735	-	-	0.77	0.83
	-	-	2do: Interp. Simple	-	-	-	-	-	
LIVES	-	-	Interp. Simple	-	-	-	-	-	0.88
AUGUSTO W.	LA VICTORIA	x1	1er: $y = b_0 + b_1 * x_1$	0.548	0.851	-	-	0.74	2.70
	SAN JUAN*	x1	2do: $y = b_0 + b_1 * x_1$	0.855	0.362	-	-	0.55	
NAMORA	AUGUSTO	x1	$y = b_0 + b_1 * x_1$	0.976	0.657	-	-	0.51	1.33
MAGDALENA**	SAN JUAN*	x1	1er: $y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2$	0.175	0.254	0.134		0.65	15.70
	ASUNCION**	x2							
	SAN JUAN*	x1	2do: $y = b_0 + b_1 * x_1$	0.229	0.348	-	-	0.63	
LLAPA	MAGDALENA* LIVES* CHILETE	x1 x2 x3	$y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3$	1.562	0.503	0.3	0.265	0.54	1.06
CHILETE	LIVES* CONTUMAZA MAGDALENA**	x1 x2 x3	$y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3$	0.083	0.129	0.02	0.228	0.50	4.37
CONTUMAZA**	SAN BENITO	x1	1er: $y = b_0 + b_1 * x_1$	1.201	0.579	-	-	0.42	5.40
	-	-	2do: Interp. Simple	-	-	-	-	-	
GRANJA PORCON	LLAPA*	x1	$y = b_0 + b_1 * x_1$	2.114	0.617	-	-	0.46	9.53

**Periodo homogéneo de la estación

*Estación completada Previamente

En el Anexo 01 - Recursos Naturales, se muestran los registros completados y extendidos de las estaciones pluviométricas utilizadas para desarrollar el Estudio.

3.2.6. Variabilidad Espacial de la Precipitación en la cuenca

Existen muchos métodos para estimar la precipitación media areal en una cuenca, los métodos más conocidos y aplicados de interpolación espacial son: Método de Kriging, Método de los Polígonos de Thiessen y Método de la Distancia Inversa.

El método de la Distancia Inversa (Shepard) consiste en estimar el valor de la precipitación en una estación virtual, ubicada en el centroide la cuenca de interés, a través de relaciones de ponderación de las estaciones, asimismo utiliza el dato del gradiente determinado por la ecuación precipitación-altitud para la corrección por elevación, el método se ejecuta en programa RS Minerve utilizado en el modelamiento hidrológico.

Para evaluar la distribución espacial de la precipitación en la cuenca Jequetepeque (precipitación media areal en la cuenca alta y baja), se utilizaron las estaciones pluviométricas con registros completados y extendidos, con dicha información se realizó la caracterización de la pluviometría, en la Figura N° 3.54 se muestra las Isoyetas anuales.

Asimismo en las Figuras N° 3.52 y 3.53 se muestra la variación de la precipitación areal mensual en la cuenca alta y baja respectivamente.

Figura N° 3.52
 Precipitación Areal mensual (mm/mes) - cuenca alta

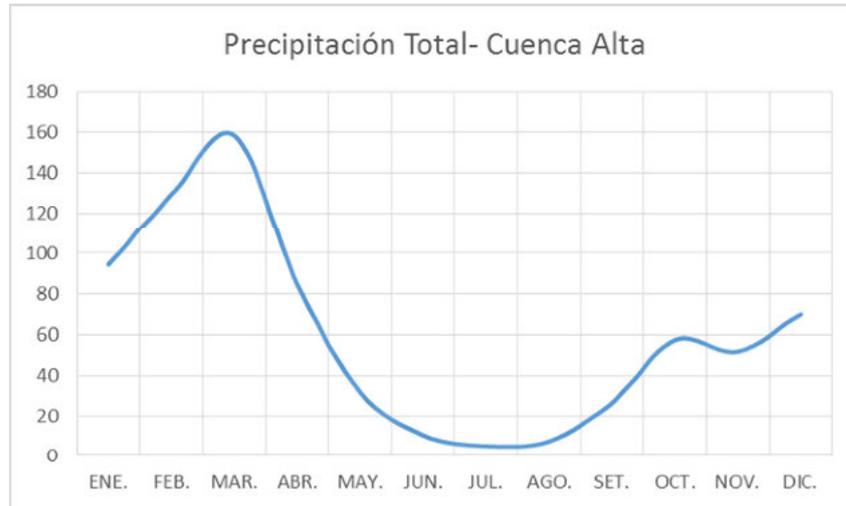


Figura N° 3.53
 Precipitación Areal mensual (mm/mes) - cuenca baja

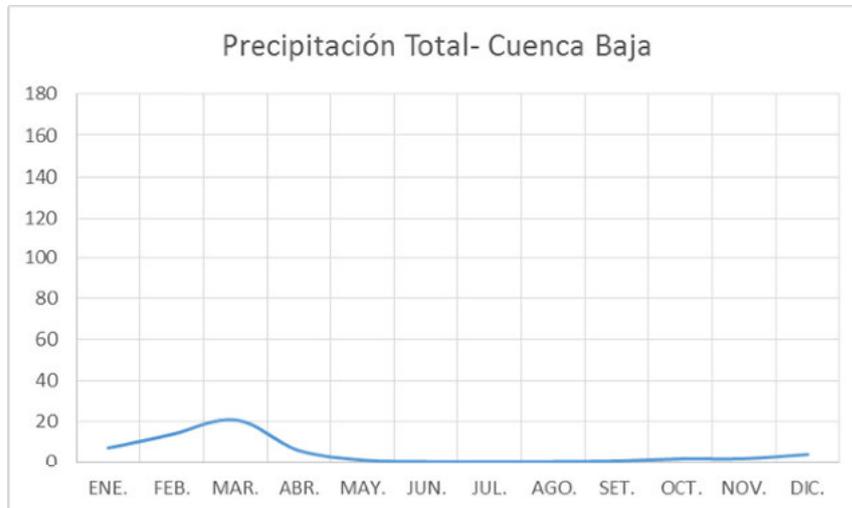
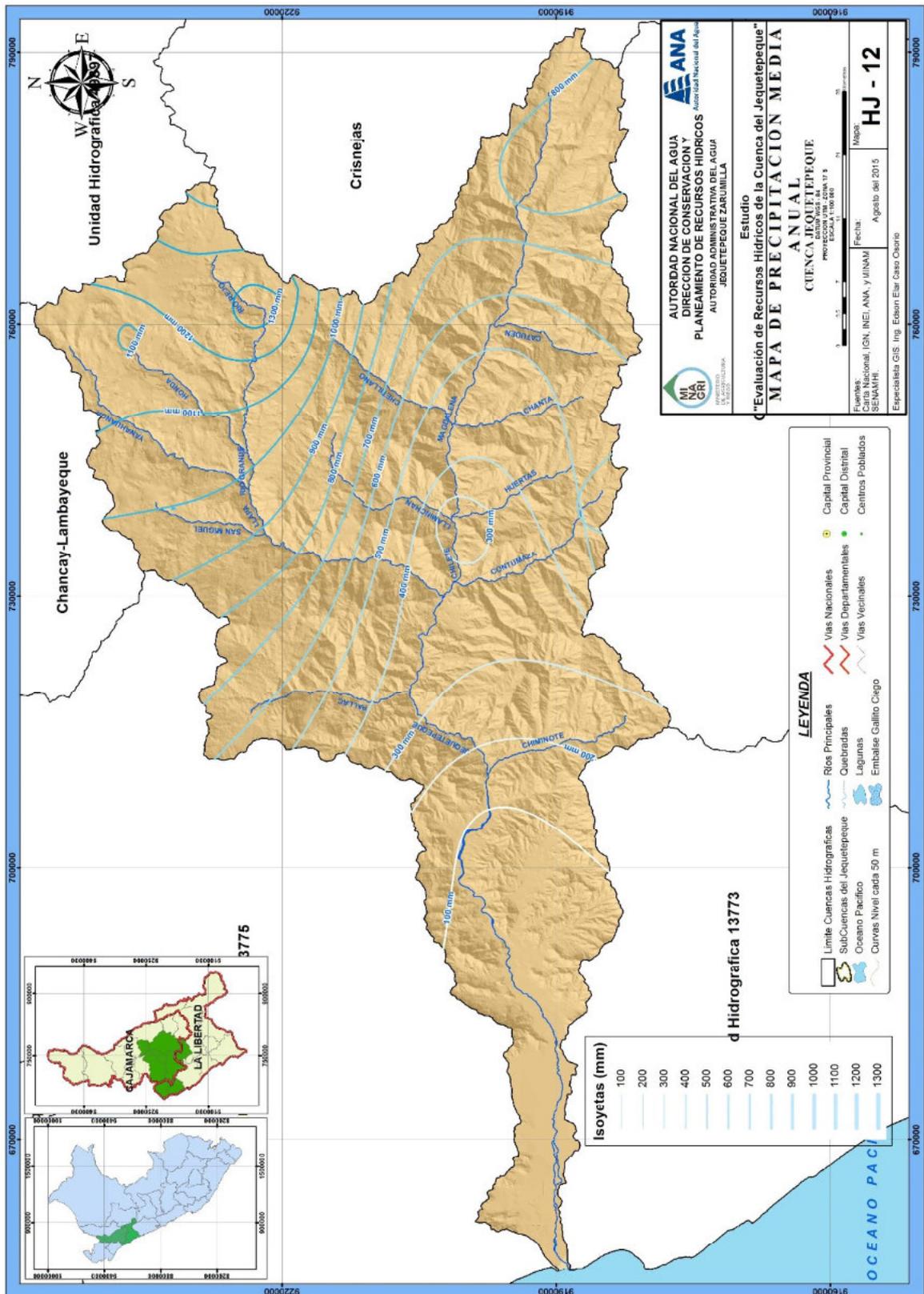


Figura N° 3.54

 Mapa de Isoyetas Anuales



3.2.7. Régimen de la Precipitación Anual

La información pluviométrica utilizada para el modelamiento hidrológico proviene de registros de estaciones pluviométricas completadas y extendidas, y distribuidas dentro del área de la cuenca. En el cuadro N° 3.26, se muestra el resumen de la precipitación total mensual consistente y en las Figuras N° 3.55 y 3.56, la variación mensual de la precipitación total en la cuenca alta y baja respectivamente.

Cuadro N° 3.26
Precipitación Total Mensual y Anual

ESTACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
AUGUSTO WEBERBAUER	77.6	97.7	118.3	67.5	28.7	9.7	6.1	8.2	28.4	67.0	64.5	71.8	645.5
CHILETE	28.2	50.2	59.2	24.3	5.2	1.1	0.4	0.6	2.6	8.8	7.3	12.8	200.7
CONTUMAZA	87.9	140.1	180.8	89.8	16.6	4.3	2.0	2.7	11.4	28.7	22.9	39.6	648.6
GRANJA PORCON	158.5	186.7	225.9	147.1	81.0	25.7	15.3	20.1	66.6	129.0	127.7	146.1	1329.7
LIVES	75.4	123.2	143.2	57.7	15.2	6.5	2.0	3.2	10.3	26.4	22.1	40.1	525.3
LLAPA	119.1	154.7	201.1	116.4	45.5	17.5	8.7	14.8	45.6	87.5	68.4	91.9	971.2
MAGDALENA	53.3	84.9	106.6	47.0	14.1	3.3	0.8	1.0	8.7	23.4	21.8	38.6	403.5
NAMORA	95.4	117.1	130.3	85.7	38.3	11.2	6.7	8.7	32.0	90.8	70.7	89.2	776.1
SAN JUAN	137.1	186.1	215.3	104.7	27.6	10.6	3.1	4.9	21.7	61.5	59.3	95.9	927.8
CHEPEN	5.9	11.8	16.7	4.8	1.0	0.3	0.1	0.2	0.5	1.6	1.4	3.4	47.7
JEQUETEPEQUE	1.8	3.2	4.2	1.6	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.5	0.5	0.9	13.4
SAN JOSE	2.7	4.6	6.2	2.6	0.5	0.2	0.0	0.1	0.2	0.7	0.6	1.3	19.7
TALLA (GUADALUPE)	4.9	10.8	13.5	5.0	0.8	0.3	0.0	0.2	0.4	1.4	1.3	3.0	41.6
TEMBLADERA	9.7	17.9	28.5	7.4	1.2	0.3	0.1	0.3	0.7	1.9	2.3	5.0	75.3

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.55

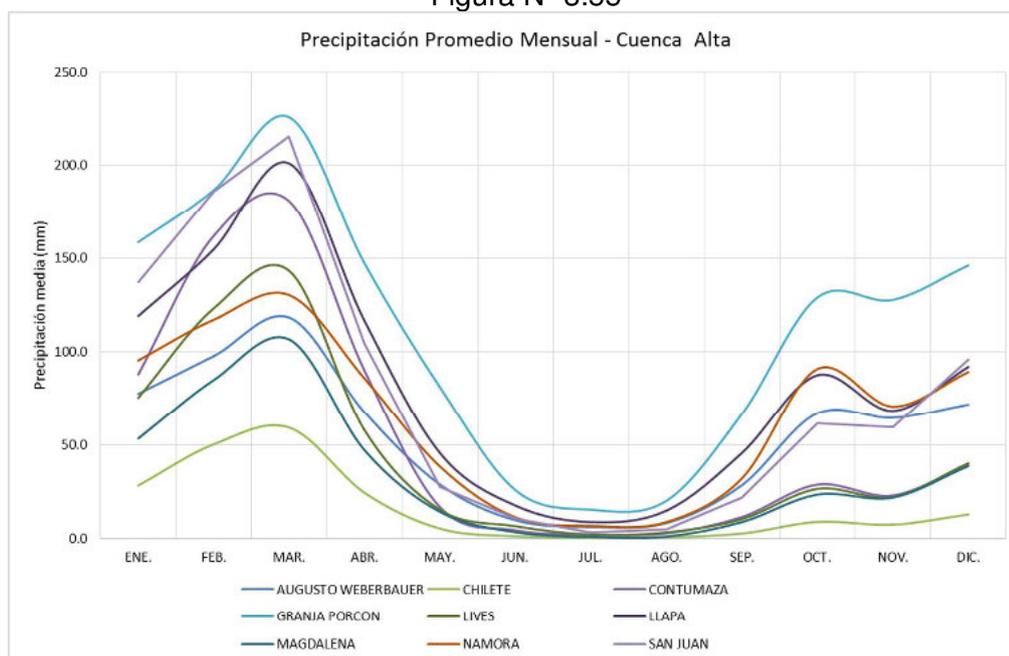
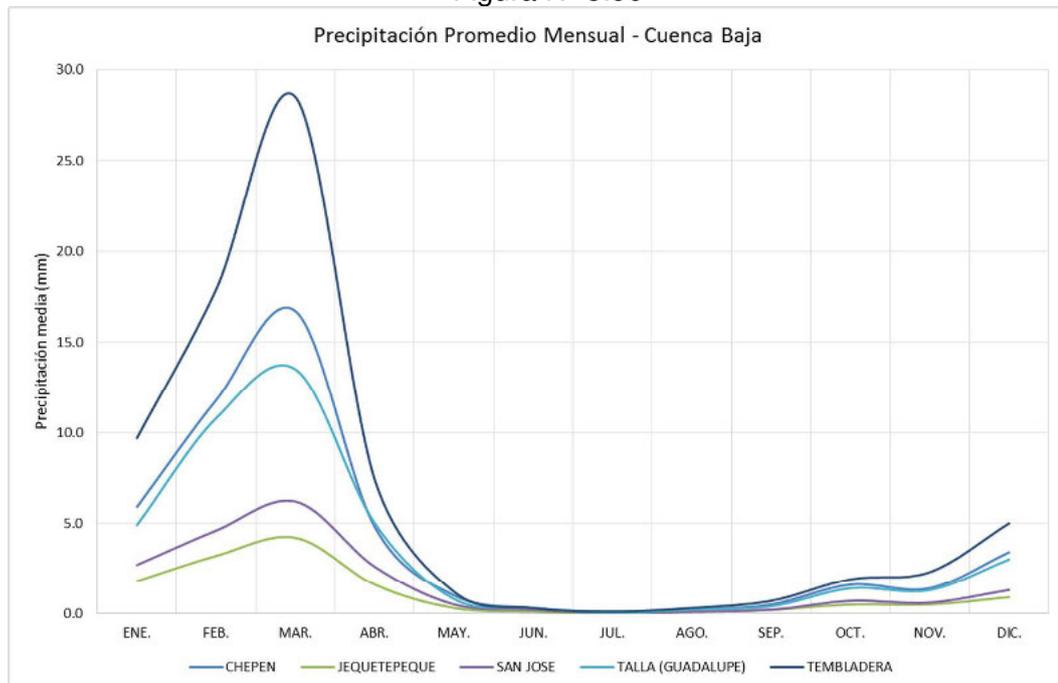


Figura N° 3.56

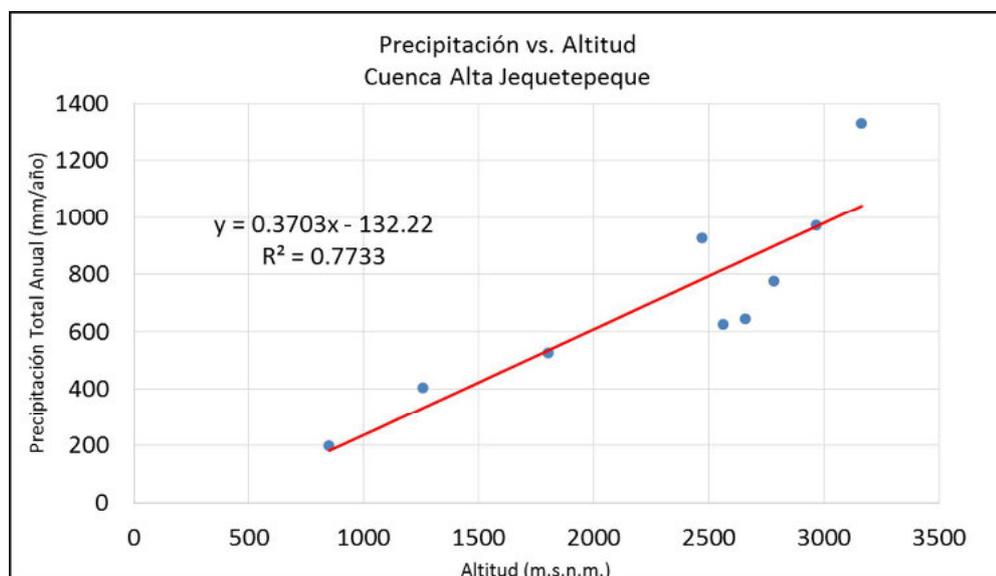


3.2.8. Gradiente Precipitación - Altitud.

Para conocer la variación de la precipitación con la altura, se relacionó las estaciones ubicadas dentro de la cuenca a través de la función Precipitación vs. Altitud cuyo resultado a nivel anual nos muestra una gradiente de 0.36 mm/m, donde se observa la buena correlación que presenta entre estos parámetros.

En la figura N° 3.57 se muestra ecuación Precipitación-Altitud en la cuenca alta, en donde intervinieron 9 estaciones.

Figura N° 3.57



3.3. HIDROMETRIA SUPERFICIAL

3.3.1. Estaciones Hidrométricas

El objetivo de las estaciones hidrométricas, es la de suministrar registros de niveles y caudales. Los registros continuos de flujo de corriente hídrica son necesarios en proyectos de abastecimiento de agua para usos múltiple y sistemas de saneamiento, en el diseño de estructuras hidráulicas, gestión del agua y en la estimación de los sedimentos en suspensión o de sustancias químicas de los ríos, incluidos también los contaminantes.

En la cuenca del río Jequetepeque fueron identificadas cuatro (04) estaciones de aforo de caudales con registro histórico (monitoreadas por el proyecto Especial Jequetepeque Zaña - PEJEZA y también por el SENAMHI), sin embargo actualmente varias estaciones están inoperativas ya que algunas de estas estaciones colapsaron por las fuertes avenidas provocadas por el Fenómeno de El Niño y otras dejaron de operar.

La estación Yonan presenta registros hidrométricos mensuales desde el año 1942, sin embargo el estudio contempla el modelamiento hidrológico a nivel diario, asimismo las estaciones pluviométricas cuentan con registros diarios desde el año 1965, por este motivo el análisis se efectuara para el periodo 1965-2015.

Por ello es que la longitud de registro de datos de caudales en la mayoría de las estaciones comienza en 1965, algunas registran pocos años y otras culminan en el 2014; con fines de realizar el análisis de consistencia y homogeneidad de la información hidrométrica se ha considerado el registro histórico de todas las estaciones, dividiéndolas en tres (03) grupos para realizar el análisis de consistencia.

De esa forma entonces se procedió a adecuar y agrupar los registros históricos de las estaciones hidrométricas: Yonan, Chilete, Llallán y Las Paltas.

En el Cuadro N° 3.28, se muestra la ubicación política y geográfica de las estaciones utilizadas y la entidad que la monitorea (según registros históricos recopilados).

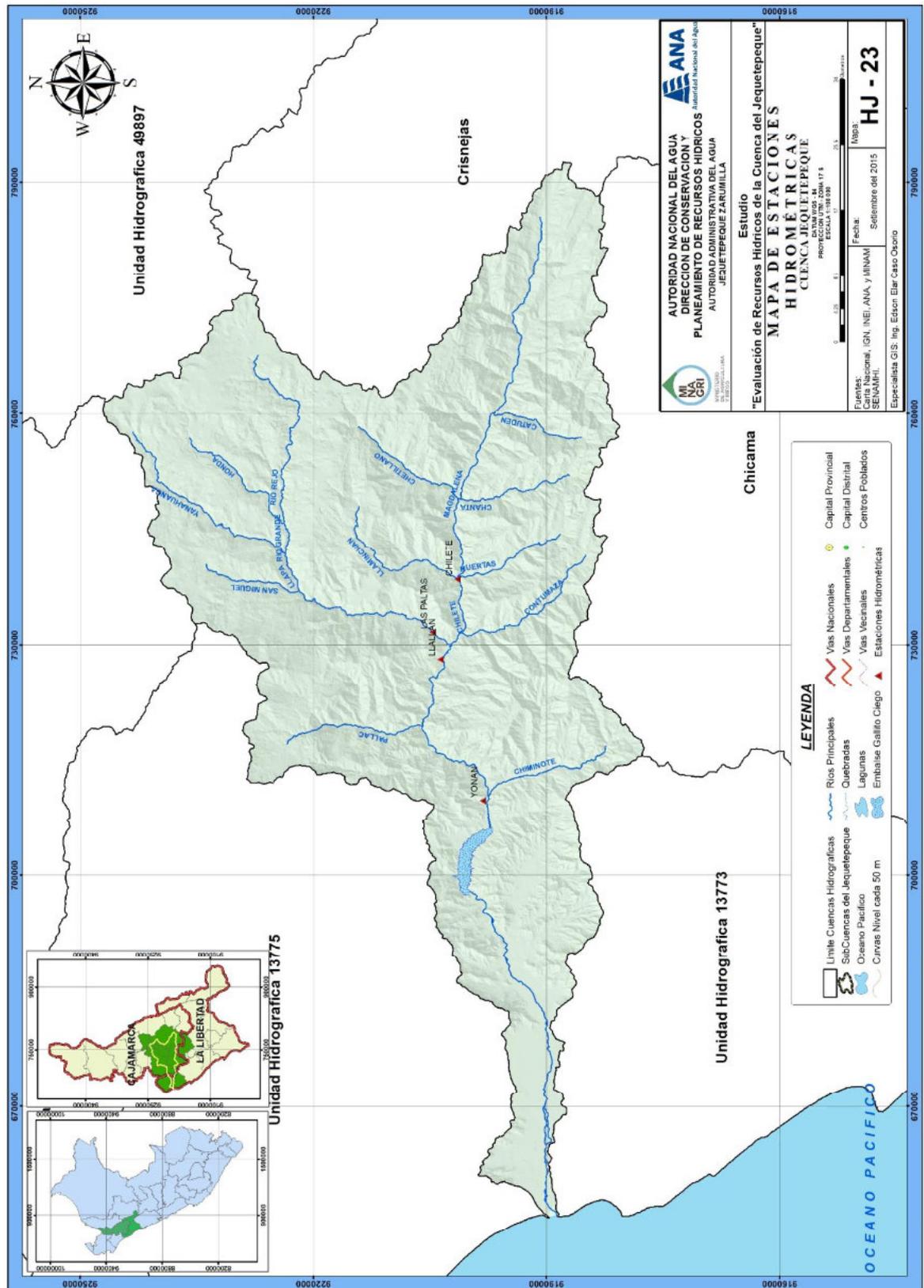
Cuadro N° 3.28
Estaciones Hidrométricas

Nº	CODIGO	CAT	NOMBRE ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LONGITUD OESTE	LATITUD SUR	ALTITUD (m.s.n.m)	OPERADOR
1	201204	HLM	YONAN	CAJAMARCA	CONTUMAZA	CHILETE	79°05'56.0"	07°15'21.5"	445	SENAMHI/ PEJEZA
2	201205	HLM	LLALLAN	CAJAMARCA	CONTUMAZA	CHILETE	78°56'00.0"	07°12'00.0"	700	SENAMHI
3	201206	HLG	LAS PALTAS	CAJAMARCA	SAN PABLO	SAN PABLO	78°54'06.4"	07°11'27.0"	761	SENAMHI
4	201207	HLG	CHILETE	CAJAMARCA	CONTUMAZA	CHILETE	78°50'19.52"	07°13'11.58"	854	SENAMHI

En el Cuadro N° 3.29, se muestra el periodo de información histórica con que cuentan.

Figura N° 3.58

 Mapa de Ubicación de Estaciones Hidrométricas



3.3.2. Diagnóstico de Estaciones Hidrométricas

En el diagnóstico y recorrido en campo, se verificó las ubicaciones de las estaciones utilizadas en el análisis hidrológico. Las estaciones evaluadas fueron: Yonan, Chilete, Las Paltas y Llallán (Pampa Larga), actualmente Yonan y Chilete están operativas y fueron modernizadas. La operación es realizada tanto por Operación y Mantenimiento - OPEMA, dependiente de PEJEZA, como por el SENAMHI.

A. Estación Yonan

La estación fue modernizada y actualmente es automática, se encuentra ubicada en la cuenca media de Jequetepeque, aguas arriba del embalse Gallito Ciego, cuenta con una regla del tipo limnigrafa de 4m de altura y carro huero, el equipamiento también incluye sensores de niveles de agua cuyo reporte es automático cada 02 horas y la medición de velocidades se realiza con correntómetro.

Cuadro N° 3.30

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		YONAN		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		JEQUETEPEQUE		
CUENCA DEL RIO		JEQUETEPEQUE		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		CAJAMARCA	CONTUMAZA	YONAN
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		7°15'21.50"	79°05'56"	445 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9197523	709886	445 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		30/10/2015		
ENTIDAD RESPONSABLE		OPEMA		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.7 Estación Yonan (regla y huaro)



Foto N° 3.8 Estación Yonan (estación automática)



B. Estación Chilete

Se encuentra ubicada en la cuenca media de Jequetepeque, controla los caudales del río Huertas y río Contumaza, cuenta con una regla del tipo limnigrafa de 4m de

altura, esta estación fue modernizada y actualmente es automática, el equipamiento incluye sensores de niveles de agua cuyo reporte es automático.

Cuadro N° 3.31

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		CHILETE		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		JEQUETEPEQUE		
CUENCA DEL RIO		JEQUETEPEQUE		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		CAJAMARCA	CONTUMAZA	CHILETE
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		7°13'11.577"S	78°50'19.518"W	854 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9201414	738728	854 msnm
CONDICION				
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		30/10/2015		
ENTIDAD RESPONSABLE				
CODIGO DE LA ESTACION		201207		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION				

Foto N° 3.9 Estación Chilete



Foto N° 3.10 Estación Chilete (regla)



3.3.3. Registros de Caudales Históricos

Se ha tomado en cuenta los caudales históricos de las estaciones seleccionadas, y se han realizado los hidrogramas diarios y mensuales con el fin observar el comportamiento de los datos. En las figuras siguientes se muestra los hidrogramas de caudales medios mensuales de cada estación.

Figura N° 3.59

CAUDAL MEDIO MENSUAL

ESTACION YONAN

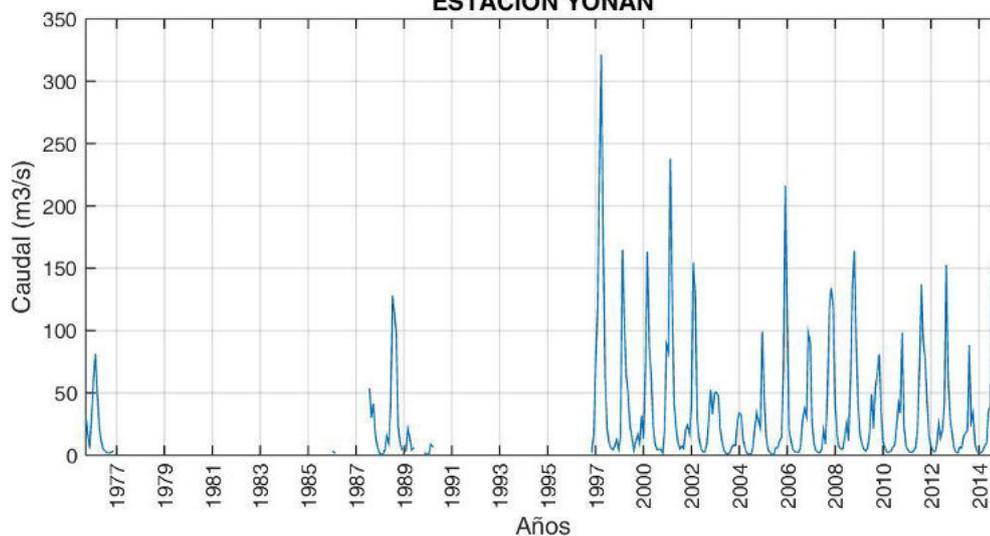


Figura N° 3.60

CAUDAL MEDIO MENSUAL

ESTACION CHILETE

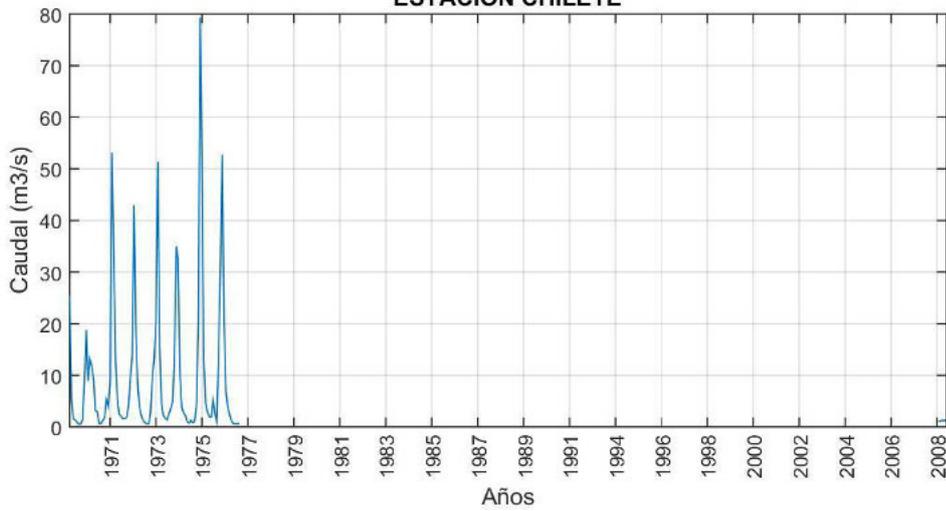


Figura N° 3.61

CAUDAL MEDIO MENSUAL

ESTACION LLALLAN

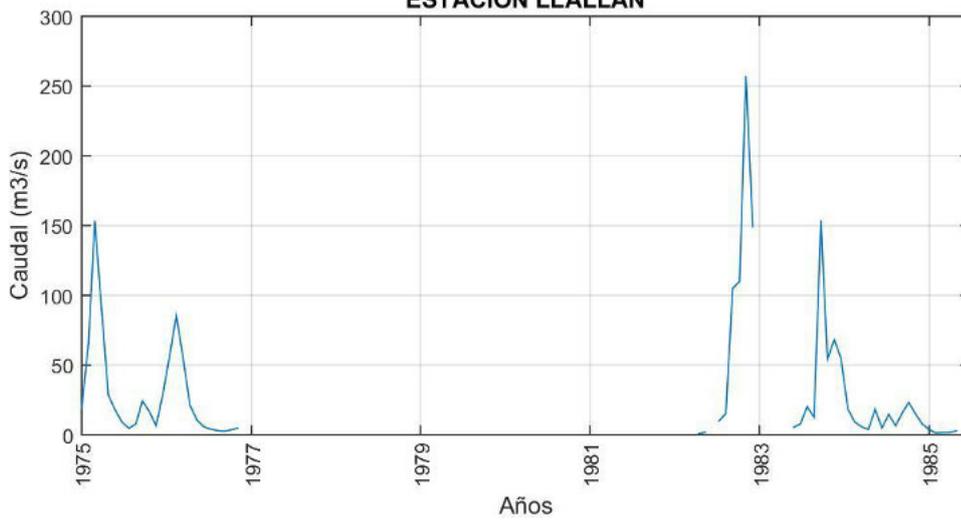
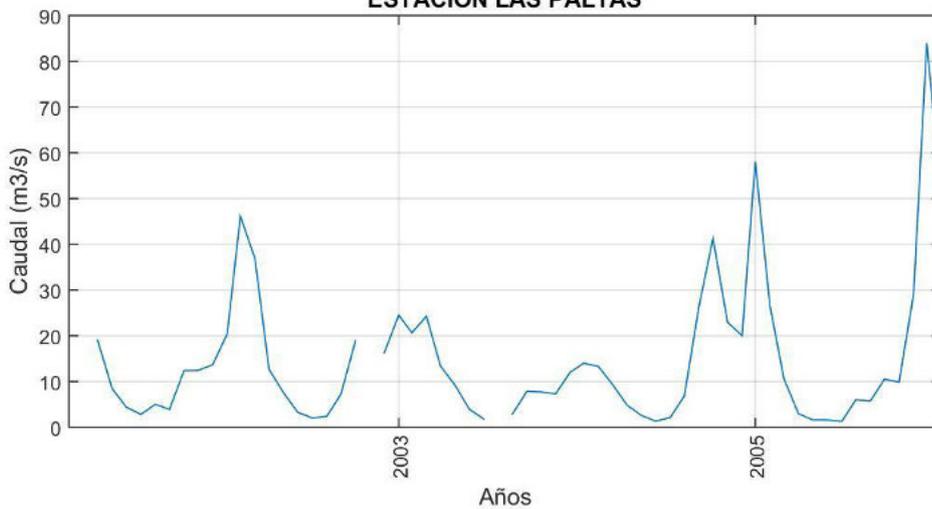


Figura N° 3.62

CAUDAL MEDIO MENSUAL

ESTACION LAS PALTAS



3.3.4. Análisis de Consistencia

Se evaluó la consistencia de los registros de caudales medios diarios y mensuales, para establecer si existen posibles fenómenos de no homogeneidad e inconsistencia de los datos, que puede reflejarse como saltos y/o tendencias en las series de tiempo históricas, el procedimiento a seguir comprendió: análisis de hidrogramas anuales y mensuales, análisis de doble masa y análisis estadístico. La información hidrométrica correspondió a los registros históricos de las estaciones: Chilete, Llallán, Yonan y Las Paltas.

Para un mejor análisis de los datos, se estableció tres grupos de estaciones hidrométricas que cuentan con un período común de registro hidrométrico, el primer grupo corresponde a las estaciones Chilete y Llallán que se ubican en el cauce principal del río Jequetepeque con un periodo concurrente de 1975 a 1976; el segundo grupo corresponde a las estaciones Chilete, Yonan y Llallán; el tercer grupo corresponde a las estaciones Yonan y Las Paltas, siendo el periodo concurrente del 2003 al 2006.

A. Análisis Grafico

Se elaboraron hidrogramas históricos a nivel diario y mensual con la finalidad de analizar posibles saltos o tendencias durante el período de registro de la información existente, así como para detectar y eliminar valores extremadamente altos o bajos que no reflejen el comportamiento estacional de los caudales analizados.

En la Figura N° 3.63, se presenta el hidrograma de caudales mensuales de las estaciones seleccionadas para el análisis y en los Figuras N° 3.64, 3.65 y 3.66 se muestran los hidrogramas diarios de los Grupos 1, 2 y 3, se observa que los ríos tienen un comportamiento similar de acuerdo a su régimen hidrológico, sin embargo se presentan valores extremos en los años 1983 y 1998, años que coinciden con la ocurrencia del Fenómeno de El Niño en la cuenca Jequetepeque.

Figura N° 3.63

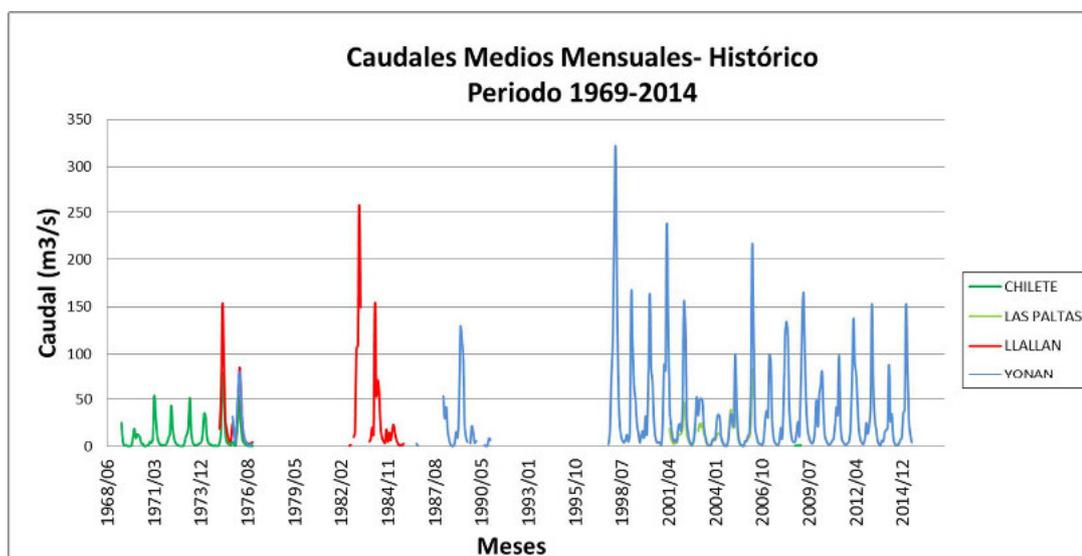


Figura N° 3.64

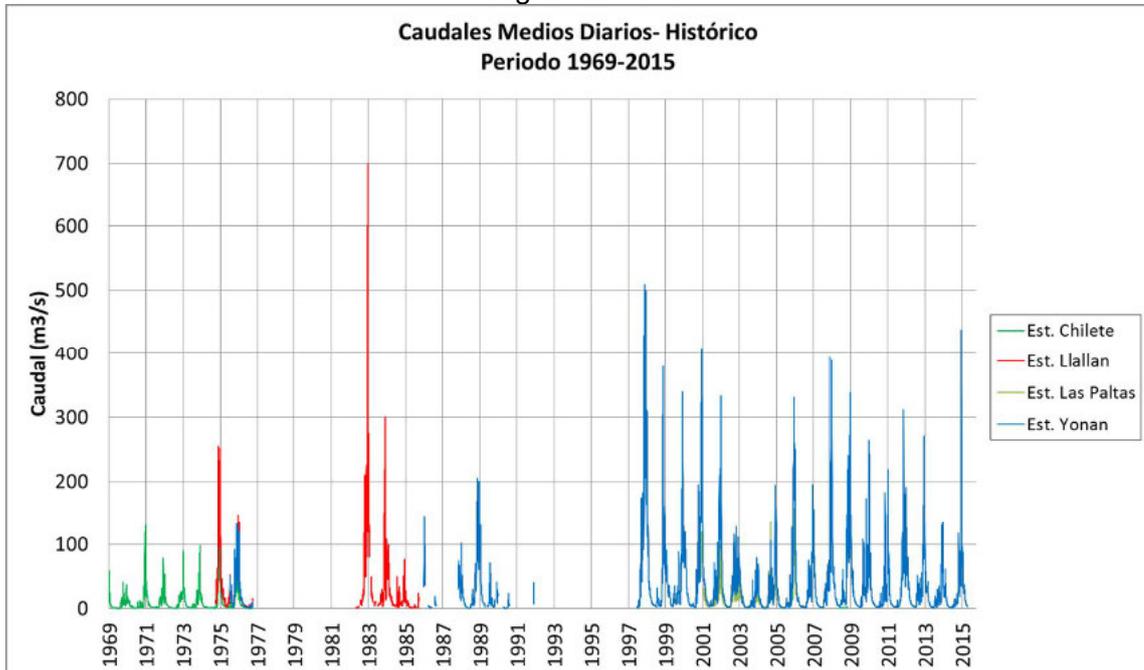
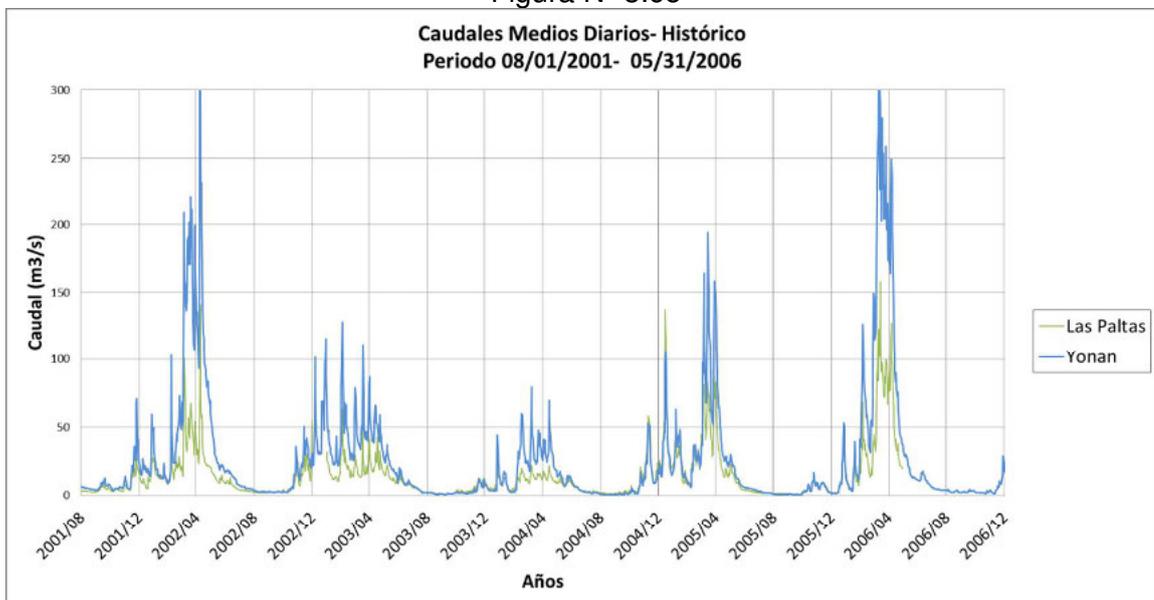
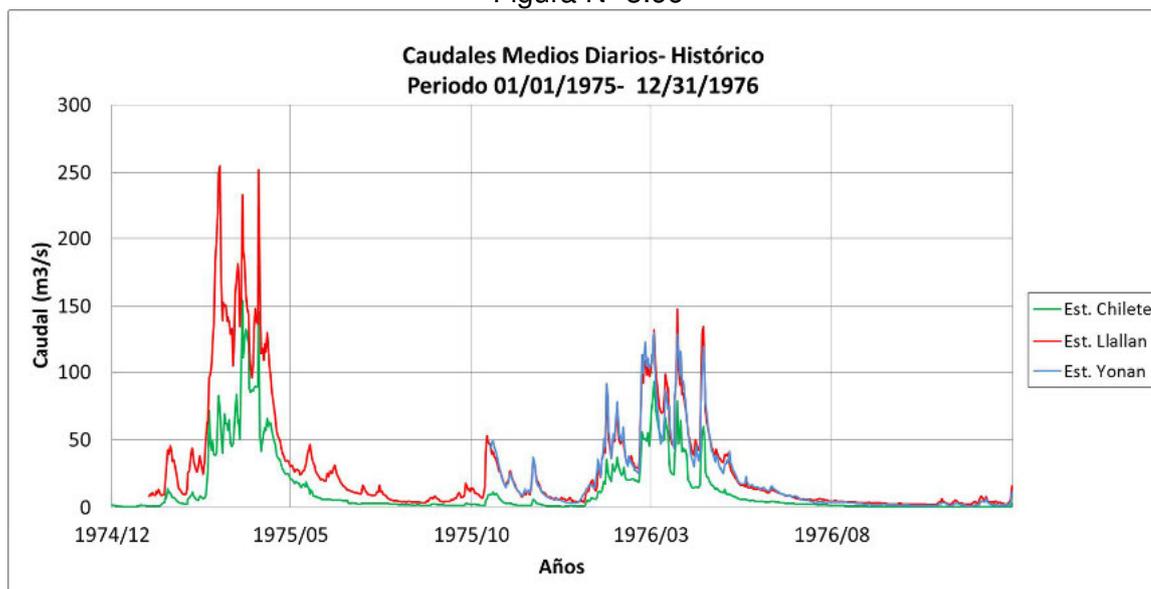


Figura N° 3.65



Los hidrogramas mostrados, tanto diarios como los mensuales, muestran un comportamiento similar para cada grupo analizado, pudiendo concluir que la información registrada en las estaciones son confiables debido a que se observa buena correlación en cuanto a su comportamiento.

Figura N° 3.66



B. Análisis de Doble Masa

Para efectuar el análisis de doble masa, se optó por agrupar las estaciones hidrométricas teniendo en consideración la cantidad de datos y el periodo de registro concurrente, así se establecieron tres grupos de análisis, el Grupo 1 que corresponde a las estaciones de Lllallán y Chilete; el Grupo 2 que corresponde a las estaciones Lllallán, Chilete y Yonan; y el Grupo 3 que comprende a las estaciones: Yonan y las Paltas.

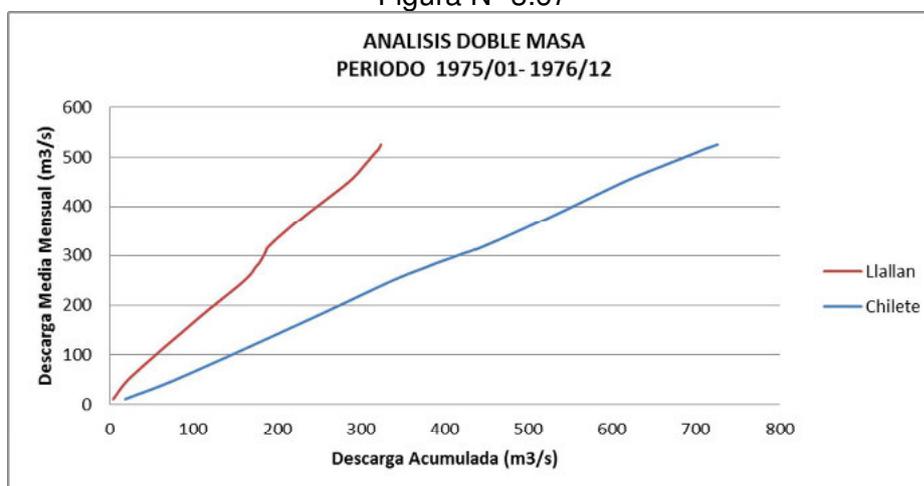
Es necesario precisar que algunas estaciones presentan largos periodos de registros, sin embargo el doble masa solo puede ser aplicado al periodo concurrente.

Cuadro N° 3.32
Análisis de Doble Masa - Grupo 1

AÑO/MES	Estación Chilete Descarga Media Mensual (m3/s)		Estación Lllallán Descarga Media Mensual (m3/s)		Estación Acumulada Descarga Media Mensual (m3/s)	
	Mensual	Acumulada	Mensual	Acumulada	Promedio	Acumulada
1975/01	4.33	4.33	18.68	18.68	11.50	11.50
1975/02	20.41	24.74	65.93	84.61	43.17	54.67
1975/03	79.32	104.06	153.45	238.06	116.39	171.06
1975/04	51.24	155.31	89.00	327.06	70.12	241.18
1975/05	12.99	168.30	28.49	355.55	20.74	261.93
1975/06	4.55	172.85	17.59	373.15	11.07	273.00
1975/07	2.89	175.73	9.19	382.34	6.04	279.04
1975/08	1.94	177.67	4.74	387.08	3.34	282.37
1975/09	1.91	179.58	7.78	394.85	4.84	287.21
1975/10	5.18	184.75	24.33	419.18	14.75	301.97
1975/11	2.51	187.26	16.67	435.86	9.59	311.56

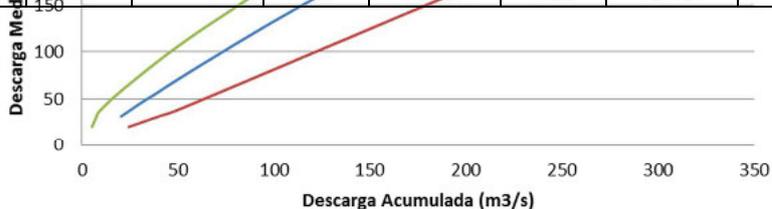
1975/12	1.14	188.40	6.57	442.42	3.85	315.41
1976/01	13.33	201.73	29.51	471.93	21.42	336.83
1976/02	31.43	233.16	57.67	529.60	44.55	381.38
1976/03	52.81	285.97	85.56	615.16	69.19	450.57
1976/04	20.78	306.75	54.36	669.52	37.57	488.14
1976/05	7.08	313.83	21.35	690.87	14.21	502.35
1976/06	3.88	317.71	10.74	701.61	7.31	509.66
1976/07	2.42	320.12	5.88	707.49	4.15	513.81
1976/08	1.22	321.34	4.14	711.62	2.68	516.48
1976/09	0.64	321.98	3.12	714.74	1.88	518.36
1976/10	0.64	322.61	2.65	717.39	1.64	520.00
1976/11	0.62	323.23	3.58	720.97	2.10	522.10
1976/12	0.65	323.87	4.83	725.80	2.74	524.84

Figura N° 3.67



Cuadro N° 3.33
Análisis de Doble Masa - Grupo 2

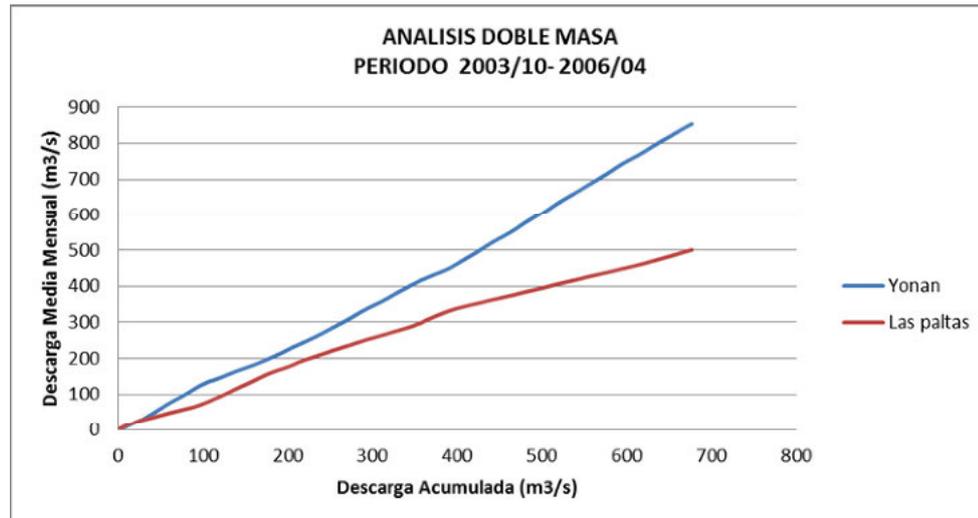
AÑO/MES	Estación Chilete Descarga Media Mensual (m3/s)		Estación Llllán Descarga Media Mensual (m3/s)		Estación Yonan Descarga Media Mensual (m3/s)		Estación Acumulada Descarga Media Mensual (m3/s)	
	Mensual	Acumulada	Mensual	Acumulada	Mensual	Acumulada	Promedio	Acumulada
1975/10	5.18	5.18	24.33	24.33	31.49	31.49	20.33	20.33
1975/11	2.51	7.69	16.67	41.00	16.37	47.85	11.85	32.18
1975/12	1.14	8.82	6.57	47.57	5.41	53.26	4.37	36.55
1976/01	13.33	22.15	29.51	77.08	32.62	85.88	25.15	61.70
1976/02	31.43	53.58	57.67	134.75	60.52	146.40	49.87	111.58
1976/03	52.81	106.40	85.56	220.31	81.40	227.80	73.26	184.83
1976/04	20.78	127.18	54.36	274.67	49.88	277.68	41.67	226.51
1976/05	7.08	134.25	21.35	296.01	22.31	299.99	16.91	243.42
1976/06	3.88	138.13	10.74	306.76	11.59	311.58	8.74	252.16
1976/07	2.42	140.55	5.88	312.64	5.01	316.60	4.44	256.59
1976/08	1.22	141.77	4.14	316.77	3.50	320.09	2.95	259.54
1976/09	0.64	142.40	3.12	319.89	2.07	322.16	1.94	261.48
1976/10	0.64	143.04	2.65	322.54	1.76	323.92	1.68	263.17
1976/11	0.62	143.65	3.58	326.12	2.23	326.15	2.14	265.31
1976/12	0.65	144.30	4.83	330.94	3.12	329.27	2.86	268.17



Cuadro N° 3.34
Análisis de Doble Masa - Grupo 3

AÑO/MES	Estación Yonan Descarga Media Mensual (m3/s)		Estación Las Paltas Descarga Media Mensual (m3/s)		Estación Acumulada Descarga Media Mensual (m3/s)	
	Mensual	Acumulada	Mensual	Acumulada	Promedio	Acumulada
2003/10	1.80	1.80	2.91	2.91	2.36	2.36
2003/11	6.09	7.89	7.86	10.77	6.97	9.33
2003/12	8.40	16.29	7.73	18.50	8.06	17.40
2004/01	7.54	23.83	7.31	25.81	7.43	24.82
2004/02	28.18	52.01	12.03	37.84	20.10	44.93
2004/03	33.74	85.75	14.01	51.84	23.87	68.80
2004/04	31.84	117.59	13.29	65.14	22.57	91.36
2004/05	12.26	129.85	9.38	74.52	10.82	102.18
2004/06	5.25	135.10	4.86	79.38	5.06	107.24
2004/07	1.84	136.94	2.60	81.98	2.22	109.46
2004/08	0.53	137.47	1.38	83.36	0.95	110.41
2004/09	1.09	138.56	2.05	85.41	1.57	111.98
2004/10	5.28	143.84	6.87	92.28	6.08	118.06
2004/11	21.46	165.30	25.69	117.98	23.58	141.64
2004/12	34.43	199.73	38.98	156.95	36.70	178.34
2005/01	27.21	226.94	21.96	178.91	24.58	202.92
2005/02	21.74	248.68	19.95	198.86	20.85	223.77
2005/03	99.19	347.87	58.71	257.58	78.95	302.72
2005/04	47.72	395.59	26.68	284.26	37.20	339.92
2005/05	14.74	410.33	10.60	294.86	12.67	352.59
2005/06	4.62	414.95	2.96	297.81	3.79	356.38
2005/07	2.04	416.98	1.62	299.44	1.83	358.21
2005/08	0.75	417.74	1.61	301.05	1.18	359.39
2005/09	0.72	418.46	1.28	302.33	1.00	360.39
2005/10	6.02	424.48	5.99	308.31	6.00	366.40
2005/11	5.88	430.36	5.76	314.07	5.82	372.22
2005/12	11.35	441.71	10.52	324.59	10.93	383.15
2006/01	14.49	456.20	9.87	334.47	12.18	395.33
2006/02	67.36	523.56	29.09	363.56	48.23	443.56
2006/03	216.37	739.92	83.96	447.51	150.16	593.72
2006/04	113.86	853.78	52.48	500.00	83.17	676.89

Figura N° 3.69



3.3.5. Completación y Extensión de la Información Hidrométrica

Datos faltantes en una serie de tiempo hidrológica ocurre por varias razones. En series de caudales, provenientes de estaciones hidrométricas, los datos faltantes pueden ser causados por: avería de los instrumentos de control, estaciones hidrométricas arrasadas por avenidas extraordinarias o simplemente se dejó de operar la estación por otras razones. Por estos motivos se presentan datos faltantes y es importante elegir el método apropiado para rellenar los datos faltantes.

En Hidrología, los métodos más comunes para completar datos faltantes de caudales son: Interpolación Lineal, Regresión Lineal Múltiple, modelos Precipitación-Escorrentía y procesos estocásticos. El método que utiliza técnicas modernas de análisis y proporciona mejores resultados es el modelo Precipitación-Escorrentía, porque intervienen parámetros climáticos directamente relacionados con la escorrentía siendo uno de ellos la precipitación y además el modelo debe ser calibrado para que represente fielmente las condiciones hidrológicas de la cuenca.

Por las razones explicadas la completación, de la serie de caudales en las estaciones, se realizara empleando un modelo Precipitación-Escorrentía que se desarrollara en el capítulo de Modelamiento Hidrológico.

3.4. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

La modelización hidrológica, puede ser utilizada para la comprensión de los procesos físicos, y de los diferentes aportes provenientes del flujo de base y escorrentía directa. La creación de escenarios hidrológicos también puede ser importante para ciertas cuencas en desarrollo o cambio constante, donde los recursos futuros y su utilización son inciertos, ya sea por la disminución de los mismos o por el crecimiento de la demanda. La extrapolación de caudales gracias a la simulación hidrológica es muy útil para; estudios de construcción o viabilidad de obras de aprovechamiento hídrico, para el dimensionamiento de embalses de laminación o vertederos de seguridad de presas o la estimación de zonas de inundación.

Los objetivos de la modelización se resumen en:

a) Simulación histórica y futura: Incrementar la información de la cuenca

- En el espacio (puntos no aforados)
- En el tiempo (completado de datos)
- Simulación-predicción de caudales

b) Diseño de infraestructuras: diseño hidrológico-hidráulico.

El modelo hidrológico semi-distribuido, utilizado en el presente Estudio, es aplicando el software RS MINERVE, el cual divide la cuenca en diferentes subcuencas, el caudal fluvial de cada una de estas subcuencas se calcula a partir de los flujos totales (infiltración, flujo base y escorrentía) obtenidos por medio de los submodelos hidrológicos. Finalmente, los caudales de escorrentía generados se propagan aguas abajo para calibrar y validar con los registros hidrométricos de las estaciones ubicadas en las salidas de la cuenca.

El objetivo del modelamiento hidrológico será la generación de series de caudales para el periodo 1965-2014 en el río Jequetepeque y los afluentes ubicados aguas arriba de Gallito Ciego; San Miguel, Contumaza, Huertas, Chanta, Catuden, Magdalena, Honda, Yanahuanga, Río Grande, Llapa, en la parte baja se considera al río Pallac.

3.4.1. Descripción del modelo Precipitación-Escorrentía

Como ya se indicó el uso de modelos semi-distribuidos permiten: la subdivisión en subcuencas y cauces, estima los parámetros y precipitación para cada subcuenca, permite también la incorporación de estructuras de aprovechamiento hídrico y la simulación de los procesos hidrológicos a nivel de subcuencas.

Antes de la simulación se debe: validar la base de datos, validar el modelo hidrológico (validación pre-simulación), seleccionar las fechas de inicio y fin de la simulación y finalmente seleccionar los parámetros de simulación (pasos de tiempo).

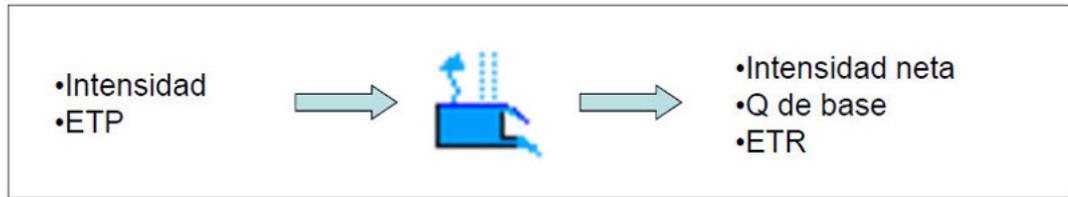
El modelo seleccionado, en el RS MINERVE, se denomina SOCONT `Soil Contribution_ este modelo hidrológico es espacialmente distribuido, con un área de evaluación configurada a nivel de subcuenca, y utiliza un set homogéneo de datos climáticos (precipitación y temperatura).

El modelo SOCONT comprende tres submodelos:

Snow Model, que utiliza la contribución por nieve (no se utilizara esta capa porque la cuenca Jequetepeque no presenta precipitación solida).



GR3 Model, comprende la infiltración, evapotranspiración y flujo base.



SWMM Model, comprende la escorrentía superficial neta.

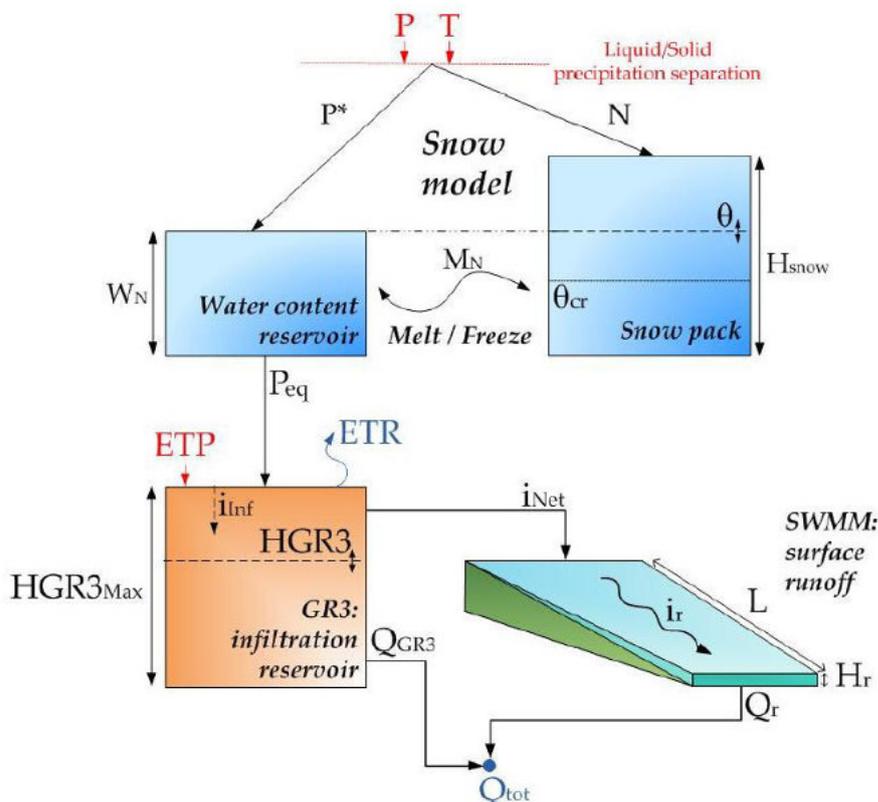


El modelo comprende 12 parámetros y 4 variables de entrada o condiciones iniciales, para la calibración se utilizarán 4 parámetros, los rangos de valores son presentados en el cuadro N° 3.35. Los valores de cada submodelo se integran para obtener el flujo total de una subcuenca, tal como se presenta en la figura N° 3.70

Cuadro N° 3.35

Object	Name	Units	Description	Regular Range
SOCONT	A	m ²	Surface of infiltration	>0
	An	mm/°C/day	Degree-day snowmelt coefficient	0.5 to 20
	ThetaCri	-	Critical relative water content of the snow pack	0.1
	bp	s/m	Melt coefficient due to liquid precipitation	0.0125
	T _{cp1}	°C	Minimum critical temperature for liquid precipitation	0
	T _{cp2}	°C	Maximum critical temperature for solid precipitation	4
	T _{cf}	°C	Critical snowmelt temperature	0
	HGR3Max	m	Maximum height of infiltration reservoir	0 to 2
	KGR3	1/s	Release coefficient of infiltration reservoir	0.00025 to 0.1
	L	m	Length of the plane	>0
	J0	-	Runoff slope	>0
	Kr	m ^{1/3} /s	Strickler coefficient	0.1 to 90
	HsnowIni	m	Initial snow height	-
	HGR3Ini	m	Initial level in infiltration reservoir	-
HrIni	m	Initial runoff water level downstream of the surface	-	
Thetalni	-	Initial relative water content in the snow pack	-	

Figura N° 3.70
Esquema del modelo hidrológico SOCONT



a) Información Básica

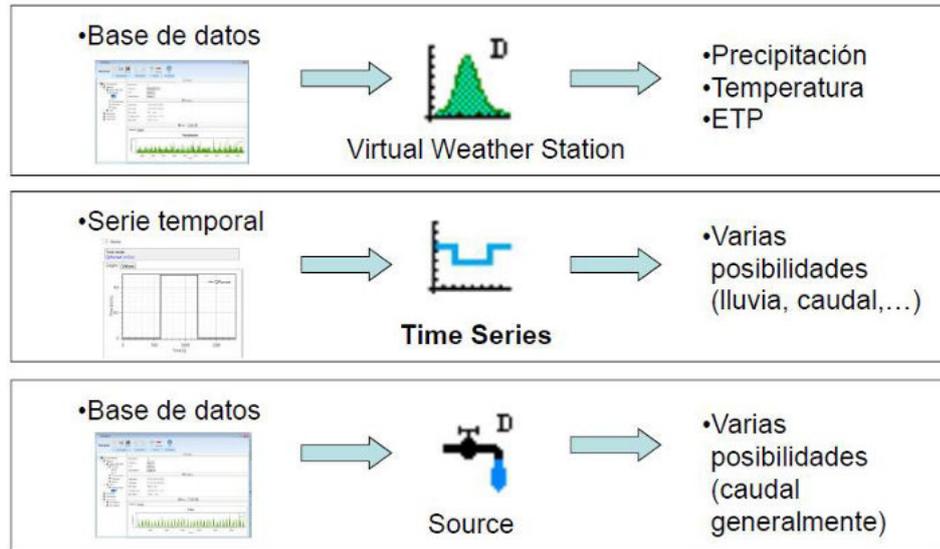
Los valores de entrada para el modelo SOCONT comprenden la precipitación (P) y temperatura (T), la evapotranspiración (ETP) se estimó por el método de Oudin.

La ecuación de Oudin para calcular la ETP es un método optimizado para modelos hidrológicos y se basa en estudios realizados en muchas cuencas del mundo (Oudin et al 2005).

Los registros históricos de P y T fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, los registros hidrométricos de caudal provienen del SENAMHI y el Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña. Previamente los registros de precipitación fueron completados y extendidos para generar una base de datos a nivel diario.

La información física de las subcuencas como superficie, pendiente y altitud se obtuvieron previo procesamiento en un Sistema de Información Geográfica - SIG.

Figura N° 3.71
Datos de entrada al modelo SOCON

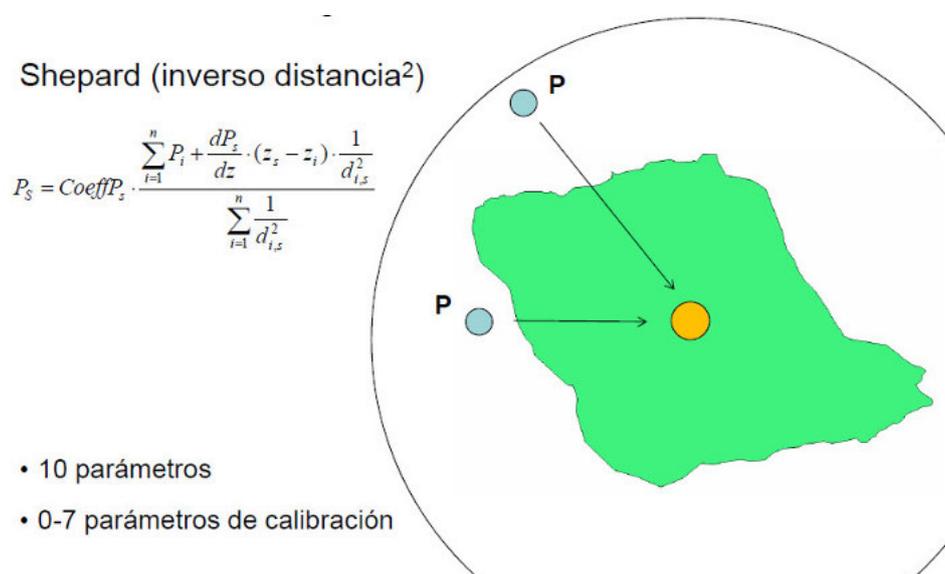


b) Formulación del Modelo

El modelo hidrológico describe el comportamiento de la cuenca de manera semi-distribuida, tomando como unidades de análisis hidrológico el espacio definido por una subcuenca.

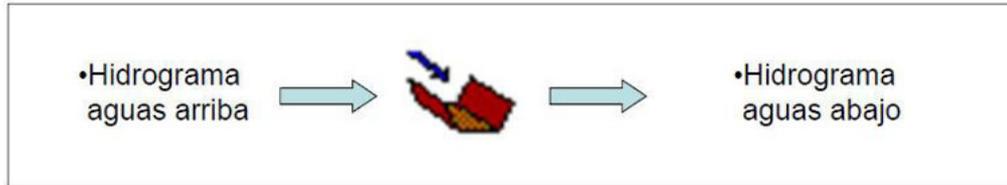
Los datos climáticos (precipitación, temperatura y ETP) requeridos para realizar la modelación hidrológica fueron distribuidos espacialmente por el método de Shepard (inverso distancia) con la finalidad de crear una estación virtual en el centroide de cada subcuenca de análisis, en la Figura N° 3.72 se muestra la interpolación por el método de inversa distancia.

Figura N° 3.72
Interpolación espacial en el centroide de la subcuenca

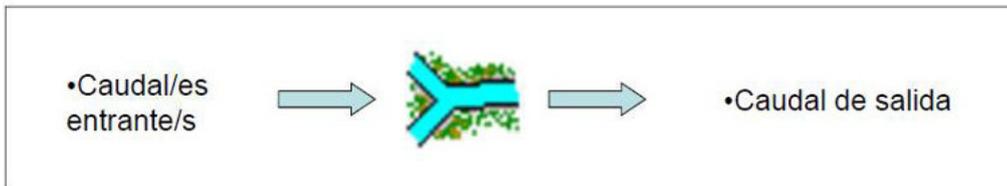


Adicional al modelo hidrológico se utilizaron modelos hidráulicos para representar adecuadamente las conexiones dentro de las subcuencas, como ríos, confluencias, derivaciones y captaciones o puntos de demandas.

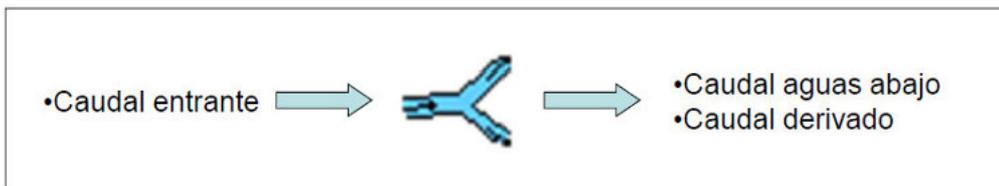
Modelos hidráulicos: Ríos o canales



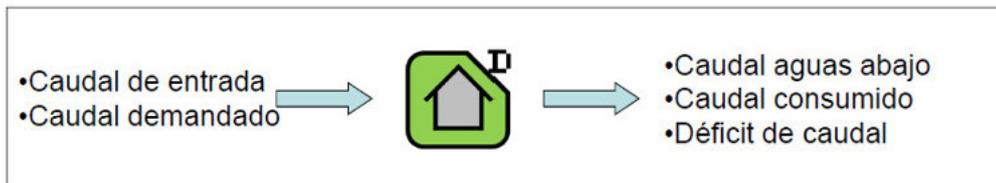
Modelos hidráulicos: Confluencias (suma de caudales)



Modelos hidráulicos: Derivaciones (separación de caudales)



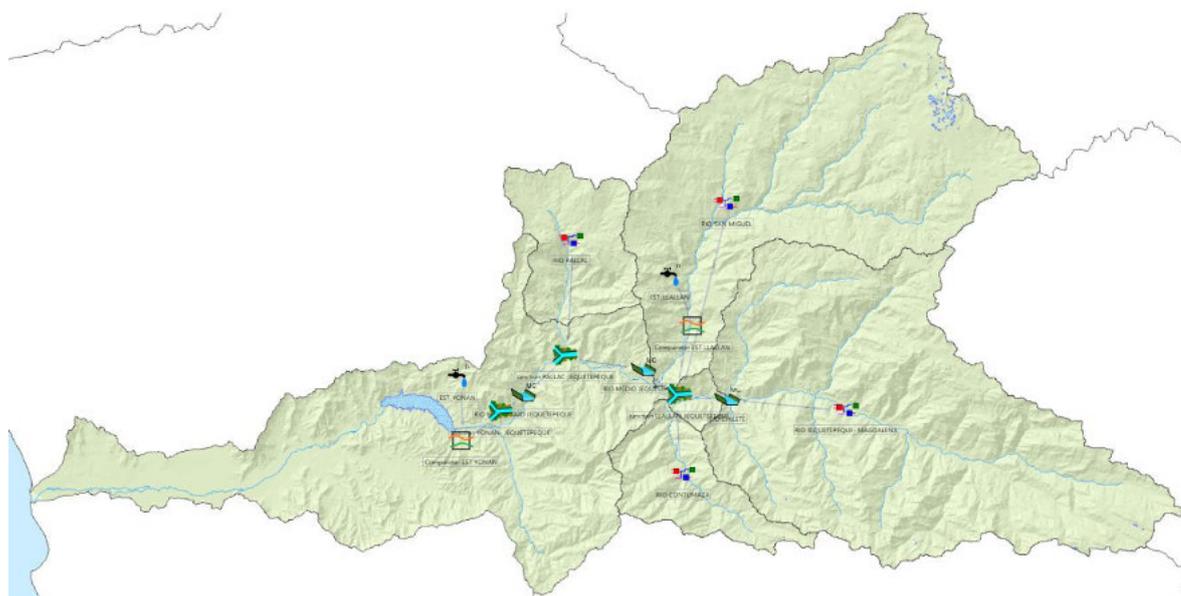
Modelos hidráulicos: Modelo de demanda / consumo



Finalmente, los datos de caudales en estaciones de medición son necesarios para poder comparar los resultados del modelo y realizar calibraciones.

El modelo hidrológico de la cuenca Jequetepeque integrado en el RS MINERVE, puede apreciarse en la Figura N° 3.73.

Figura N° 3.73
Modelo Hidrológico de la cuenca Jequetepeque en RS MINERVE



c) Estimación de Demandas

Para las subcuencas definidas en el modelamiento hidrológico, por su relevancia se consideraron las demandas agrícolas estimadas por el PROFODUA en la 'Propuesta de Asignación de Agua Superficial en bloques para la Formalización de Derechos de Uso de Agua en el valle Alto Jequetepeque', la cual fue desagregada para 10 bloques de riego y que se ubican principalmente en la parte media/alta de la cuenca Jequetepeque, el área bajo riego asciende a 5 161 ha y requiere un volumen anual de 61 Hm³. No está demás indicar que estas demandas fueron ingresadas al modelo RS MINERVE y distribuidas espacialmente en la subcuenca respectiva, los valores de demandas se muestran en el cuadro N° 3.36.

Cuadro N° 3.36

DEMANDA AGRICOLA TOTAL (Hm ³)															
BLOQUE DE RIEGO		Área	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
1	MAGDALENA	105.54	0.00	0.00	0.02	0.11	0.15	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.38
2	CONTUMAZA	196.50	0.13	0.04	0.05	0.21	0.27	0.16	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.14	1.12
3	SAN PABLO	488.01	0.94	0.71	0.29	0.67	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.79	0.93	5.29
4	EL LIRIO COCHAN BAJO	839.45	1.77	1.39	0.61	1.19	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	1.51	1.74	9.97
5	QDAS .CHACHACOMA	837.74	1.81	1.44	0.64	1.22	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	1.55	1.78	10.23
6	SAN MIGUEL	1,517.79	2.86	2.14	0.88	2.01	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	2.43	2.84	16.07
7	SAN PABLO - CALLANCA	459.23	0.48	0.29	0.23	0.56	0.59	0.31	0.00	0.00	0.00	0.23	0.41	0.50	3.60
8	CHILETE	383.10	0.06	0.05	1.34	1.42	1.42	1.31	1.10	0.88	0.00	0.04	0.06	0.06	7.74
9	RIO PAYAC	54.00	0.04	0.04	0.15	0.17	0.18	0.17	0.14	0.12	0.03	0.03	0.03	0.03	1.13
10	TEMBLADERA	279.78	0.04	0.99	1.03	1.05	1.02	0.91	0.72	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	5.82
	TOTAL	5,161.14	8.13	7.09	5.24	8.61	6.81	2.95	1.96	1.00	0.03	4.58	6.92	8.03	61.35

d) Generación de Caudales

Los resultados de la simulación se presentan a través de hidrogramas en las salidas de las subcuencas y confluencias. Las cuencas de generación (afluentes) se presentan en el cuadro N° 3.45 y figura N° 3.82.

3.4.2. Calibración y Validación del Modelo Precipitación - Escorrentía

Calibración: se busca lograr un set de parámetros hidrológicos que permitan obtener una representación de caudales y operación de obras de infraestructura que asemeje los datos históricos de la forma más cercana posible. Para esto, es necesario realizar comparaciones visuales y estadísticas entre series de datos de caudales en puntos específicos de la cuenca observadas versus simuladas.

Se utilizaron indicadores de eficiencia para estimar la precisión del modelo y de esta manera ajustar los parámetros hasta lograr la mejor respuesta hidrológica a nivel de subcuenca.

Nash (NASH)

Mide cuánto de la variabilidad de las observaciones es explicada por la simulación.

$$Nash = 1 - \frac{\sum_{t=t_i}^{t_f} (Q_{sim,t} - Q_{ref,t})^2}{\sum_{t=t_i}^{t_f} (Q_{ref,t} - \bar{Q}_{ref})^2}$$

Nash-ln (LN NASH)

Similar al Nash pero tiene en cuenta el logaritmo de los caudales, dándole de esta manera una mayor importancia relativa a los caudales base o mínimos de dichas medidas estadísticas.

$$Nash - ln = 1 - \frac{\sum_{t=t_i}^{t_f} (\ln(Q_{sim,t}) - \ln(Q_{ref,t}))^2}{\sum_{t=t_i}^{t_f} (\ln(Q_{ref,t}) - \ln(\bar{Q}_{ref}))^2}$$

El procedimiento de calibraciones por zonas, consiste en determinar una o más zonas que aportan y son controladas por una estación de aforo aguas abajo, otra condición es que el periodo de calibración sea de preferencia un año normal para evitar sobreestimar o subestimar los resultados debidos a condiciones anómalas como la ocurrencia del Fenómeno el Niño.

A fin de calibrar y validar el modelo hidrológico se utilizaron las series de descargas diarias y mensuales en 4 estaciones hidrométricas ubicadas en la cuenca, de las cuales tres controlan el caudal del río Jequetepeque y una estación controla el río San Miguel, afluente principal del río Jequetepeque.

a) Estación Chilete periodo (1969-1976)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación Chilete abarcan desde 1969 hasta el año 1976, que contabilizan $n = 2557$ días para el periodo de calibración y validación. Los resultados se presentan en los cuadros N° 3.37 y N°3.18, y las Figura N° 3.74 y N° 3.75. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($NASH=0,64$) para el período 1969-1972 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,85 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,72 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo diario.

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables y una ligera sobrestimación de la escorrentía en los periodos de avenidas, sin embargo en términos generales podemos concluir que las descargas generadas por el modelo hidrológico SOCONT describen adecuadamente los regímenes de caudales diarios y mensuales del río Jequetepeque en la estación Chilete.

Cuadro N° 3.37

INDICADORES CALIBRACION			
Caudal med ref.	Q _{rm}	8.91	m ³ /s
Caudal med sim.	Q _{sm}	12.44	m ³ /s
Nash	NASH	64.06	%
Relative Volume Bias	RVB	39.56	%
Nash-ln	LN NASH	57.38	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.85	-
Coefficient of determination	r ²	72.23	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	0.95	-
Data	n°	1096	-

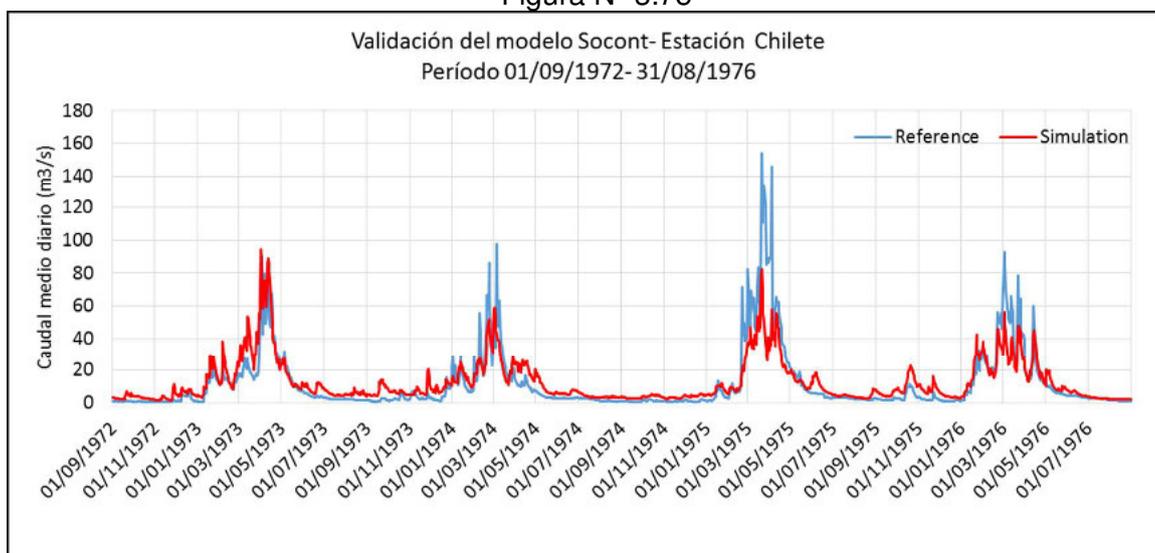
Figura N° 3.74



Cuadro N° 3.38

INDICADORES VALIDACION			
Caudal med ref.	Qrm	11.65	m3/s
Caudal med sim.	Qsm	12.68	m3/s
Nash	NASH	72.05	%
Relative Volume Bias	RVB	8.88	%
Nash-In	LN NASH	70.81	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.87	-
Coefficient of determination	r ²	75.09	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	0.80	-
Data	n°	1461	-

Figura N° 3.75



b) Estación Las Paltas periodo (2001-2006)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación Las Paltas abarcan desde 2001 hasta el año 2006, que contabilizan $n = 1673$ días para el periodo de calibración y validación. Los resultados se presentan en los cuadros N° 3.39 y N°3.40, y las Figura N° 3.76 y N° 3.77. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($NASH=0.57$) para el período 2001-2003 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0.88 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0.77 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo diario.

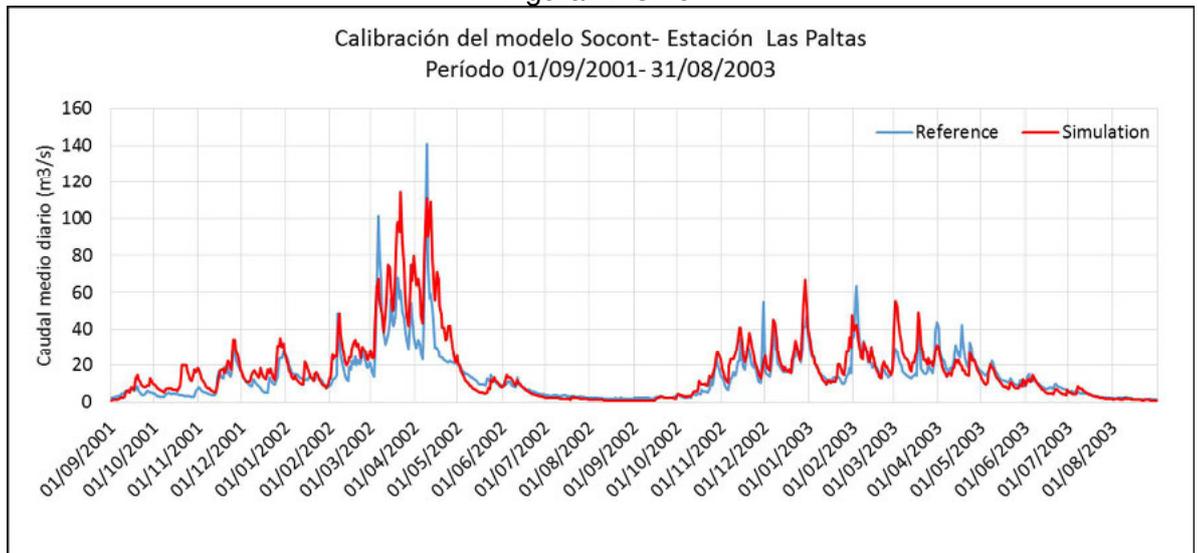
Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables y una ligera sobrestimación de la escorrentía en los periodos de avenidas, sin embargo en términos generales podemos concluir que las descargas generadas por el modelo

hidrológico SOCON describen adecuadamente los regímenes de caudales diarios y mensuales del río San Miguel en la estación Las Paltas.

Cuadro N° 3.39

INDICADORES CALIBRACION			
Caudal med ref.	Q _{rm}	14.22	m ³ /s
Caudal med sim.	Q _{sm}	17.14	m ³ /s
Nash	NASH	57.46	%
Relative Volume Bias	RVB	20.48	%
Nash-In	LN NASH	79.86	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.88	-
Coefficient of determination	r ²	77.89	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	0.64	-
Data	n°	730	-

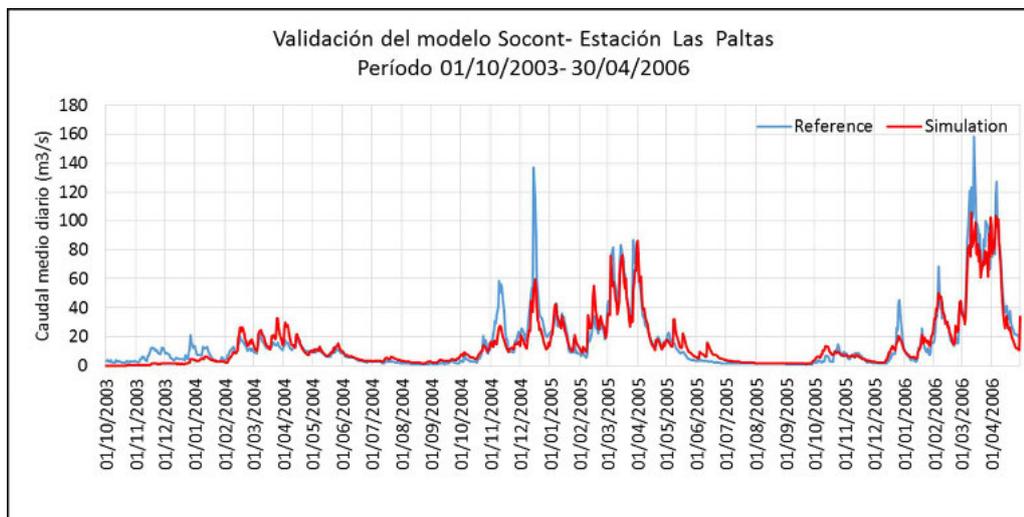
Figura N° 3.76



Cuadro N° 3.40

INDICADORES VALIDACION			
Caudal med ref.	Q _{rm}	16.10	m ³ /s
Caudal med sim.	Q _{sm}	15.21	m ³ /s
Nash	NASH	87.47	%
Relative Volume Bias	RVB	-5.52	%
Nash-In	LN NASH	66.00	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.94	-
Coefficient of determination	r ²	88.37	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	0.49	-
Data	n°	943	-

Figura N° 3.77



c) Estación Lllallan periodo (1975-1976 / 1982-1985)

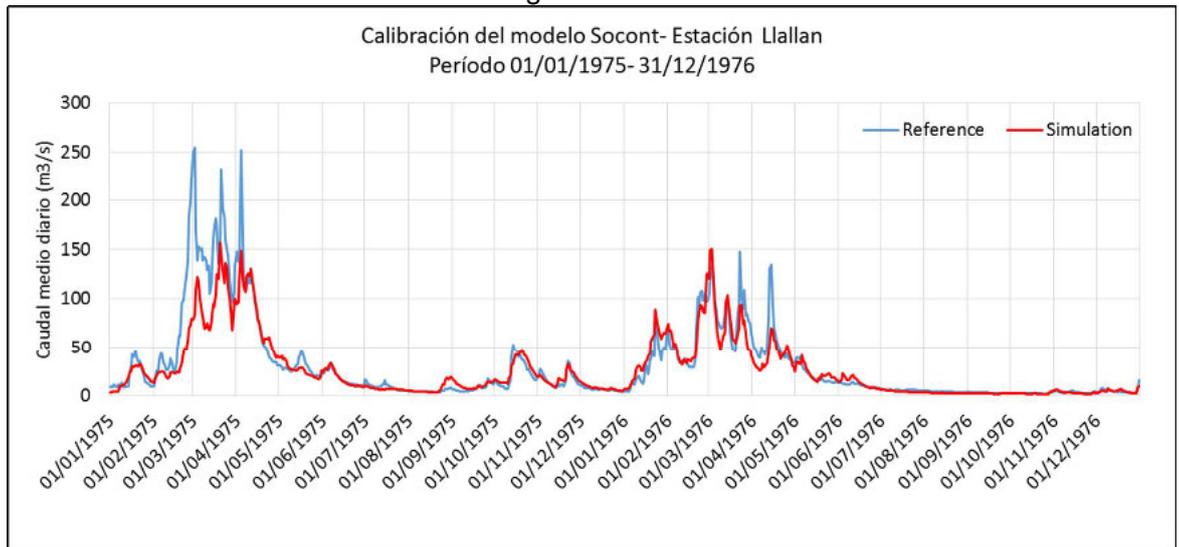
Los datos de caudales diarios registrados en la estación Lllallán abarcan desde 1975 hasta el año 1976 y otro periodo desde 1982-1985, que contabilizan $n = 1980$ días para el periodo de calibración y validación. Los resultados se presentan en los cuadros N° 3.41 y N°3.42, y las Figura N° 3.78 y N° 3.79. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($NASH=0.78$) para el período 1975-1976 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0.91 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0.82 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo diario.

Se concluye que los estadísticos nos muestran buenos resultados y una ligera subestimación de la escorrentía en los periodos de avenidas, sin embargo en términos generales podemos concluir que las descargas generadas por el modelo hidrológico SOCON describen adecuadamente los regímenes de caudales diarios y mensuales del río Jequetepeque en la estación Lllallán.

Cuadro N° 3.41

INDICADORES CALIBRACION			
Caudal med ref.	Q _{rm}	30.07	m ³ /s
Caudal med sim.	Q _{sm}	26.17	m ³ /s
Nash	NASH	78.38	%
Relative Volume Bias	RVB	-12.99	%
Nash-In	LN NASH	94.49	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.91	-
Coefficient of determination	r ²	82.10	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	0.64	-
Data	n°	731	-

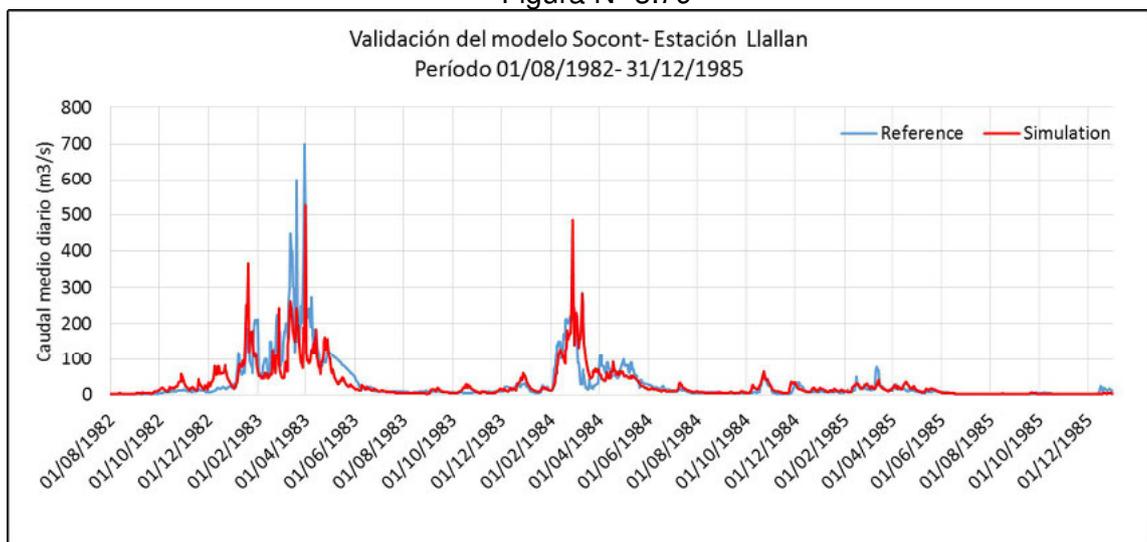
Figura N° 3.78



Cuadro N° 3.42

INDICADORES VALIDACION			
Caudal med ref.	Q _{rm}	32.28	m ³ /s
Caudal med sim.	Q _{sm}	29.46	m ³ /s
Nash	NASH	62.75	%
Relative Volume Bias	RVB	-8.74	%
Nash-In	LN NASH	84.96	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.79	-
Coefficient of determination	r ²	62.97	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	1.17	-
Data	n°	1249	-

Figura N° 3.79



d) Estación Yonan periodo (1997-2014)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación Yonan abarcan desde 1997 hasta el año 2014, es necesario precisar que la data empleada proviene de PEJEZA, por este motivo se eligió este período de calibración a nivel diario y mensual.

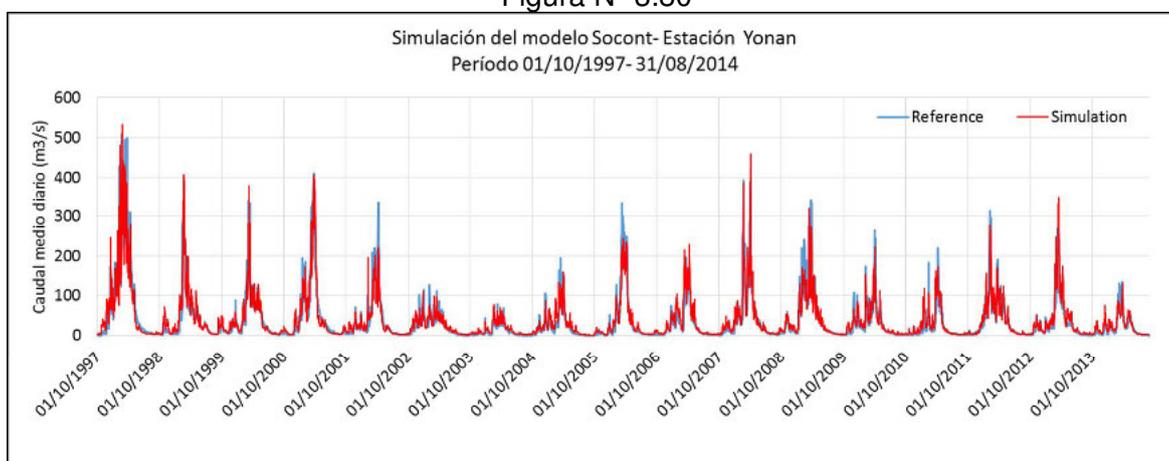
Se contabilizaron $n = 6179$ días para el periodo de calibración. Los resultados a nivel diario y mensual se presentan en los cuadros N° 3.43 y N°3.44, y las Figura N° 3.80 y N° 3.81. La eficiencia de Nash-Sutcliffe presenta un $NASH=0.91$ para los datos diarios y un $NASH=0.96$ para los datos mensuales, asimismo el modelado de caudales base, mostrados a través de las eficiencias LN NASH, varía de 0.89 a 0.90, indican una muy buena correspondencia entre los caudales observados y simulados. Además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson que oscila entre 0.96 a 0.98 y el coeficiente de determinación r^2 varía entre 0.91 a 0.96, se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo diario y mensual.

Se concluye que los estadísticos nos muestran muy buenos resultados y en términos generales podemos concluir que las descargas generadas por el modelo hidrológico SOCONT describen adecuadamente los regímenes de caudales diarios y mensuales del río Jequetepeque en la estación Yonan.

Cuadro N° 3.43

INDICADORES CALIBRACION DIARIA			
Caudal med ref.	Q _{rm}	36.52	m ³ /s
Caudal med sim.	Q _{sm}	39.55	m ³ /s
Nash	NASH	91.55	%
Relative Volume Bias	RVB	8.31	%
Nash-ln	LN NASH	89.50	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.96	-
Coefficient of determination	r ²	91.83	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	0.46	-
Data	n°	6179	-

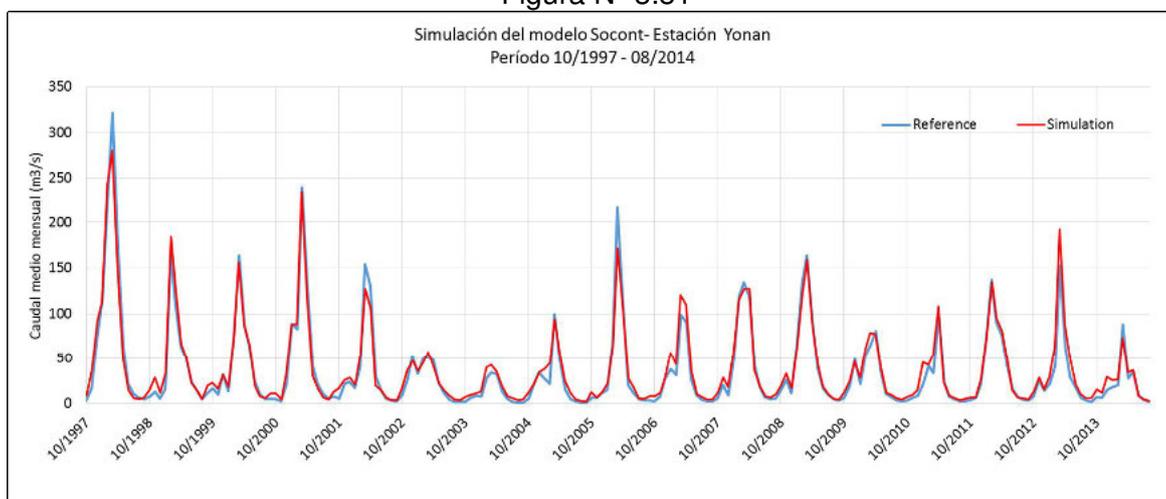
Figura N° 3.80



Cuadro N° 3.44

INDICADORES CALIBRACION MENSUAL			
Caudal med ref.	Q _{rm}	36.75	m ³ /s
Caudal med sim.	Q _{sm}	39.81	m ³ /s
Nash	NASH	96.20	%
Relative Volume Bias	RVB	8.31	%
Nash-In	LN NASH	90.92	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.98	-
Coefficient of determination	r ²	96.69	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	0.27	-
Data	n°	203	-

Figura N° 3.81



3.4.3. Generación de Caudales Medios Mensuales en el río Jequetepeque y Subcuenas

Los mayores aportes hídricos superficiales en la cuenca provienen de los ríos San Miguel y Chilite, ambos ubicados aguas arriba de la represa Gallito Ciego.

La cuenca del río San Miguel comprende a los afluentes: Honda, Yanahuanga y Río Rejo, el río Chilite recibe los aportes de los ríos: Magdalena, Chanta, Chetillano, Llamínchan, Huertas y Contumaza. En menor proporción el río Jequetepeque recibe el aporte del río Pallac y algunas quebradas que se activan en épocas de avenidas. Las descargas en todos estos afluentes serán consideradas como si fueran de régimen natural porque no están regulados.

Los resultados del modelamiento hidrológico, para generación de caudales bajo la metodología descrita, se muestran en el cuadro N° 3.45, con el resumen promedio multianual de las descargas en los principales afluentes del río Jequetepeque

Cuadro N° 3.45
Descargas medias anuales en principales afluentes del río Jequetepeque (m³/s)

Afluente	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Alto Río Magdalena	7.50	16.30	25.10	18.50	7.70	3.80	2.30	1.70	1.60	2.30	2.80	3.90	7.80
Alto Río Rejo	10.80	14.70	19.30	14.50	7.70	2.90	1.10	0.70	1.50	4.40	6.40	8.50	7.70
Qda Honda	3.20	4.60	6.10	4.40	1.80	0.50	0.10	0.10	0.40	1.30	1.60	2.20	2.20
Río Chanta	0.10	0.30	0.60	0.60	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
Río Chetillano	3.50	5.30	7.10	5.30	2.90	1.10	0.50	0.40	0.80	1.80	2.10	2.80	2.80
Río Chilete	13.90	27.40	40.30	28.90	11.90	5.40	3.20	2.30	2.90	4.70	5.40	7.60	12.80
Río Contumaza	3.30	6.70	8.70	4.50	0.80	0.10	0.00	0.10	0.20	0.90	0.70	1.20	2.30
Río Huertas	0.10	0.40	0.80	0.80	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.20
Río Llaminchan	0.80	1.20	1.60	1.20	0.70	0.30	0.20	0.20	0.20	0.50	0.60	0.70	0.70
Río Pallac	0.50	1.90	3.40	2.10	0.70	0.40	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.80
Río San Miguel	20.70	31.40	47.00	36.00	16.20	5.90	2.50	1.60	2.90	8.10	10.40	14.20	16.40
Río Yanahuanga	3.00	5.00	8.30	6.50	2.20	0.50	0.20	0.10	0.20	1.00	0.80	1.30	2.40

Las series mensuales de caudales generados en las subcuencas para el período 1965-2014 se presentan en el Anexo 01 - Recursos Naturales.

Descargas del río Jequetepeque

Las descargas del río Jequetepeque siguen un régimen natural, asumiendo que las derivaciones por uso agrícola se mantendrán en el futuro y actualmente no existe regulación o trasvase en la cuenca alta de Jequetepeque, aguas arriba de Gallito Ciego.

En el cuadro N° 3.46 podemos apreciar la serie de caudales medios mensuales en la estación Yonan para el periodo 1997-2015 y utilizada para la calibración del modelo, no está demás indicar que estas descargas son caudales netos, en donde se considera que una parte de la oferta hídrica natural ha sido utilizada para riego agrícola principalmente.

Cuadro N° 3.46

Descargas medias mensuales del río Jequetepeque (m³/s) en la estación Yonan

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
1997										2.70	16.40	72.70	
1998	115.30	230.20	321.40	173.60	63.30	21.70	10.20	5.80	4.40	7.40	12.50	4.90	80.90
1999	15.40	164.80	110.10	63.50	49.80	23.30	14.60	4.10	11.00	16.50	9.60	31.90	42.90
2000	13.20	73.10	163.50	87.40	65.10	24.50	9.60	4.30	4.70	4.40	2.00	20.40	39.40
2001	88.90	82.80	237.60	128.50	40.50	21.80	10.00	5.00	7.30	5.50	21.10	24.00	56.10
2002	16.80	40.60	154.30	130.00	29.40	13.80	5.50	2.70	2.50	8.70	26.90	52.40	40.30
2003	33.00	49.50	50.80	48.00	22.00	10.80	4.00	1.40	1.20	1.80	6.10	8.40	19.80
2004	7.50	28.20	33.70	31.80	12.30	5.30	1.80	0.50	1.10	5.30	21.50	34.40	15.30
2005	27.20	21.70	99.20	47.70	14.70	4.60	2.00	0.80	0.70	6.00	5.90	11.30	20.20
2006	14.50	67.40	216.40	113.90	19.90	11.40	4.40	2.80	2.80	2.10	7.50	28.20	40.90
2007	37.70	31.10	98.60	90.40	26.80	8.60	3.90	2.40	1.90	5.10	19.90	8.90	27.90
2008	48.70	119.20	134.00	118.50	41.10	16.70	6.70	4.70	5.20	14.50	25.90	11.40	45.60
2009	63.00	133.40	164.00	93.00	38.90	16.50	8.80	4.80	3.20	6.20	18.50	49.00	49.90
2010	21.30	54.60	65.10	80.90	36.40	10.50	6.40	2.70	2.50	3.10	6.30	8.10	24.80
2011	21.50	41.50	33.60	98.30	23.20	7.10	4.20	2.50	2.50	3.50	6.10	21.10	22.10
2012	70.60	137.20	90.60	76.60	41.40	15.50	6.90	4.00	2.80	7.70	25.10	13.80	41.00
2013	21.20	41.60	152.80	63.10	29.20	18.10	6.00	2.70	1.60	6.50	5.60	15.00	30.30
2014	17.60	19.80	88.40	27.10	34.50	9.00	3.40	1.60	1.90	3.40	7.40	9.50	18.70
2015	35.30	39.50	152.00	88.90	28.80	12.20	4.70						
MEDIA	37.20	76.50	131.50	86.70	34.30	14.00	6.30	3.10	3.40	6.10	13.60	23.60	36.30
D. EST.	29.50	58.00	74.40	37.50	14.70	6.20	3.30	1.50	2.60	3.90	8.30	18.50	

Fuente: PEJEZA

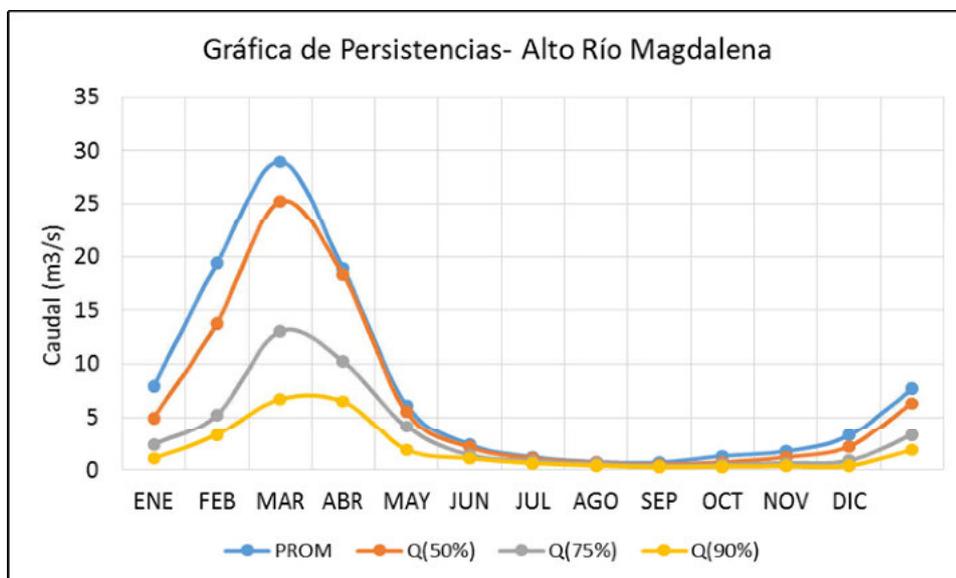
3.5. OFERTA HIDRICA POR CUENCAS

Para determinar la oferta hídrica superficial se realizó, dentro del modelo hidrológico, el balance hídrico para cada subcuenca empleando la demanda hídrica por comison de regantes (Cuadro N° 4.9). Los resultados de la disponibilidad hídrica para el periodo 1965-2014, con persistencias al 50%, 75% y 90%; son mostrados en los cuadros y gráficos siguientes.

Cuadro N° 3.47

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- ALTO RIO MAGDALENA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	7.90	19.36	28.99	18.86	6.13	2.41	1.19	0.70	0.66	1.30	1.76	3.26	7.71
Q(50%)	4.95	13.80	25.21	18.29	5.48	2.16	1.05	0.63	0.47	0.68	1.19	2.23	6.35
Q(75%)	2.41	5.21	13.06	10.23	4.11	1.39	0.80	0.54	0.37	0.44	0.62	0.86	3.34
Q(90%)	1.05	3.33	6.72	6.49	1.92	1.06	0.61	0.39	0.25	0.32	0.33	0.37	1.91

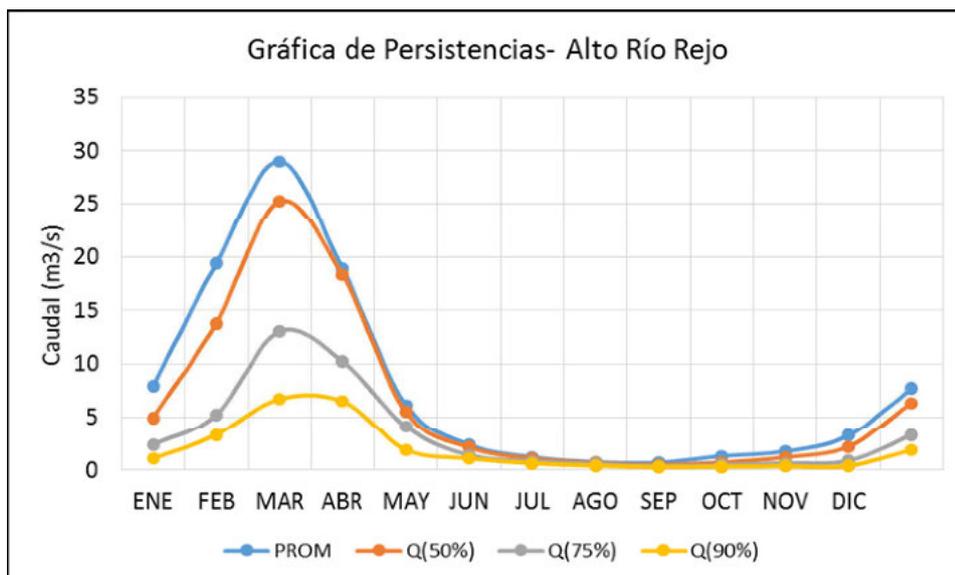
Figura N° 3.83



Cuadro N° 3.48

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- ALTO RIO REJO													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	10.30	14.15	18.71	14.03	7.46	2.80	1.04	0.62	1.35	4.03	5.95	8.07	7.38
Q(50%)	8.86	12.65	16.97	14.12	5.98	2.38	0.83	0.34	0.93	3.72	4.49	6.72	6.50
Q(75%)	5.43	7.22	10.27	8.02	4.37	1.50	0.48	0.10	0.47	2.48	3.17	3.96	3.96
Q(90%)	3.46	2.73	6.11	5.54	3.46	0.82	0.24	0.00	0.20	1.21	1.38	1.56	2.23

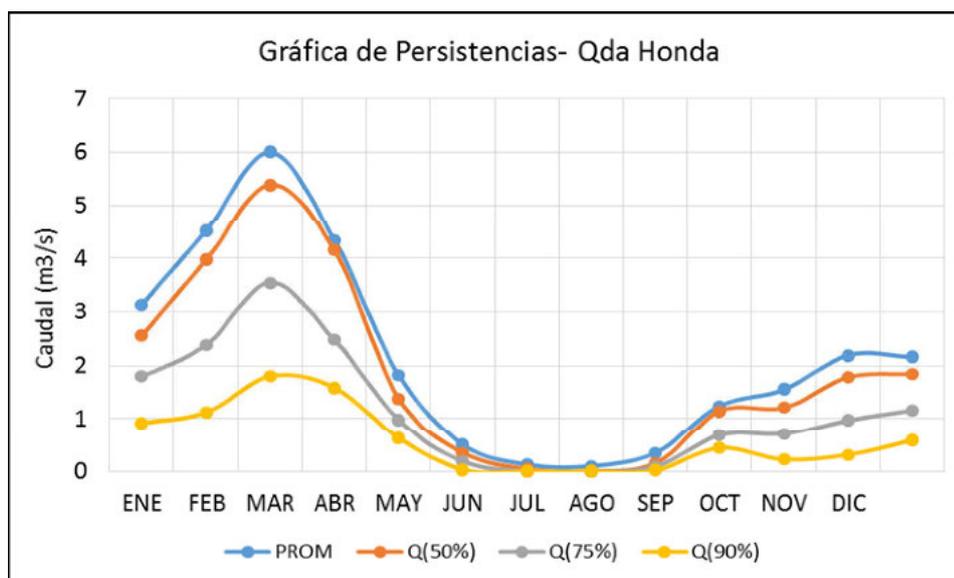
Figura N° 3.84



Cuadro N° 3.49

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- QDA HONDA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	3.14	4.52	6.00	4.34	1.82	0.51	0.12	0.10	0.35	1.25	1.55	2.19	2.16
Q(50%)	2.56	3.97	5.39	4.15	1.38	0.36	0.04	0.00	0.16	1.14	1.21	1.78	1.84
Q(75%)	1.79	2.38	3.54	2.48	0.98	0.19	0.00	0.00	0.09	0.69	0.71	0.97	1.15
Q(90%)	0.92	1.12	1.80	1.58	0.63	0.03	0.00	0.00	0.02	0.45	0.22	0.32	0.59

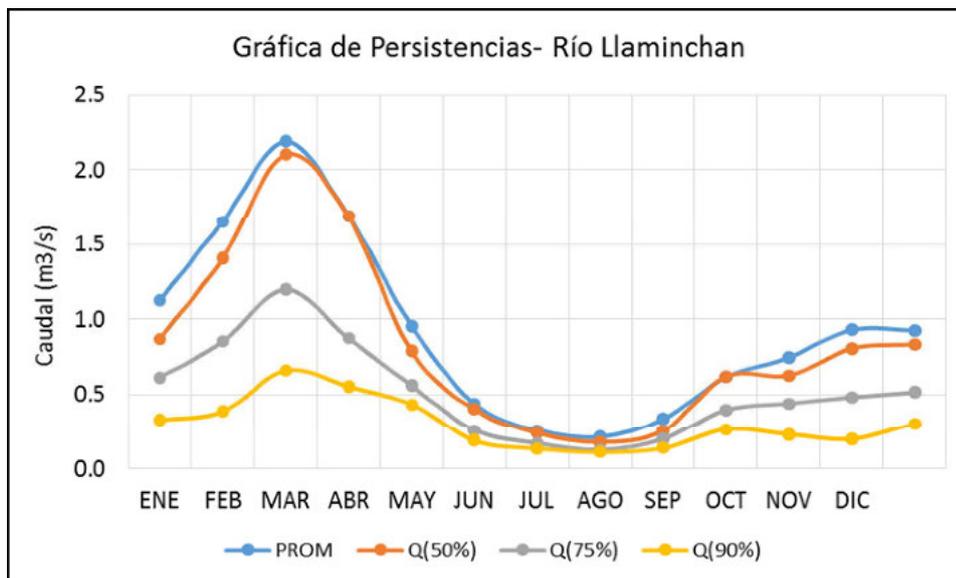
Figura N° 3.85



Cuadro N° 3.50

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- RIO LLAMINCHAN													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	1.12	1.65	2.19	1.69	0.96	0.44	0.26	0.21	0.33	0.61	0.75	0.93	0.93
Q(50%)	0.87	1.41	2.10	1.69	0.79	0.40	0.24	0.18	0.25	0.62	0.63	0.80	0.83
Q(75%)	0.61	0.85	1.20	0.87	0.56	0.26	0.17	0.13	0.20	0.39	0.44	0.48	0.51
Q(90%)	0.33	0.38	0.66	0.55	0.43	0.19	0.14	0.11	0.14	0.26	0.23	0.20	0.30

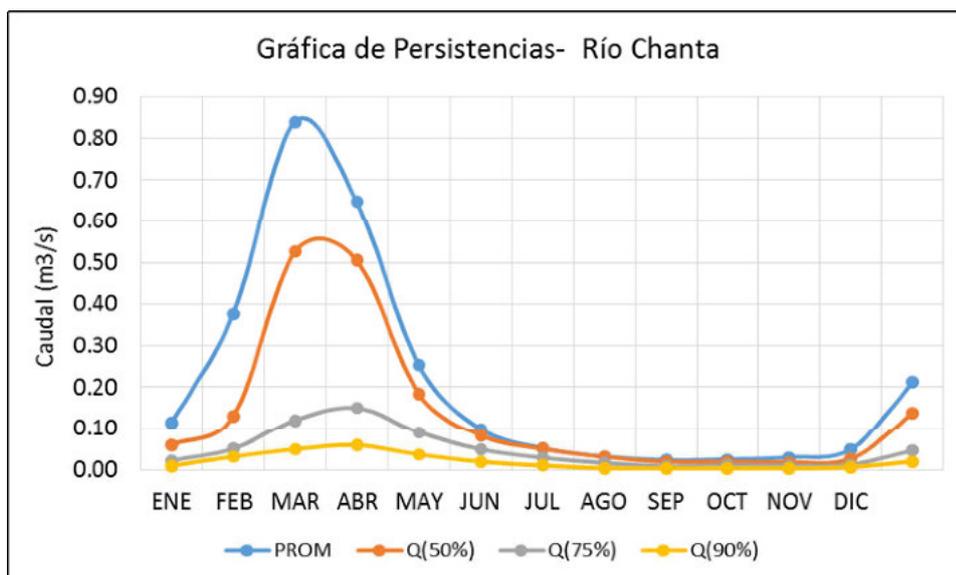
Figura N° 3.86



Cuadro N° 3.51

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- RIO CHANTA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	0.11	0.38	0.84	0.65	0.25	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.21
Q(50%)	0.06	0.13	0.53	0.50	0.19	0.08	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.14
Q(75%)	0.02	0.05	0.12	0.15	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
Q(90%)	0.01	0.03	0.05	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02

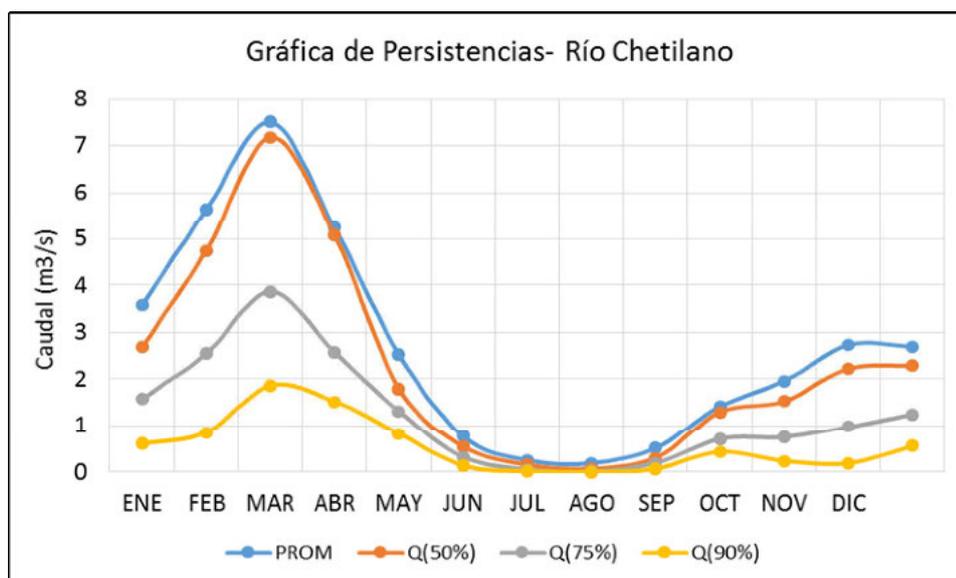
Figura N° 3.87



Cuadro N° 3.52

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- RIO CHETILANO													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	3.58	5.63	7.51	5.23	2.53	0.77	0.25	0.18	0.52	1.41	1.96	2.73	2.69
Q(50%)	2.68	4.74	7.17	5.07	1.80	0.55	0.15	0.06	0.31	1.29	1.53	2.23	2.30
Q(75%)	1.58	2.54	3.87	2.57	1.31	0.32	0.05	0.01	0.19	0.71	0.75	0.97	1.24
Q(90%)	0.61	0.86	1.86	1.52	0.83	0.13	0.01	0.00	0.07	0.44	0.23	0.18	0.56

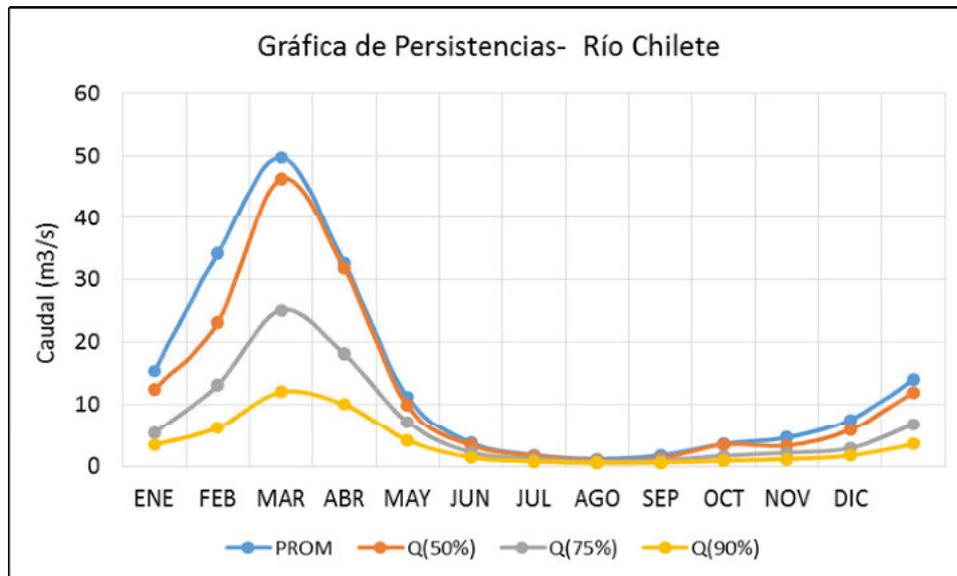
Figura N° 3.88



Cuadro N° 3.53

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- RIO CHILETE													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	15.47	34.26	49.78	32.72	11.23	3.91	1.84	1.19	1.76	3.70	4.71	7.57	14.01
Q(50%)	12.44	23.23	46.30	31.83	9.85	3.49	1.69	0.99	1.26	3.58	3.44	5.94	12.00
Q(75%)	5.41	13.20	25.15	18.16	7.21	2.32	1.18	0.79	0.92	1.70	2.21	3.00	6.77
Q(90%)	3.54	6.27	12.09	10.04	4.27	1.44	0.82	0.56	0.66	0.91	1.17	1.76	3.63

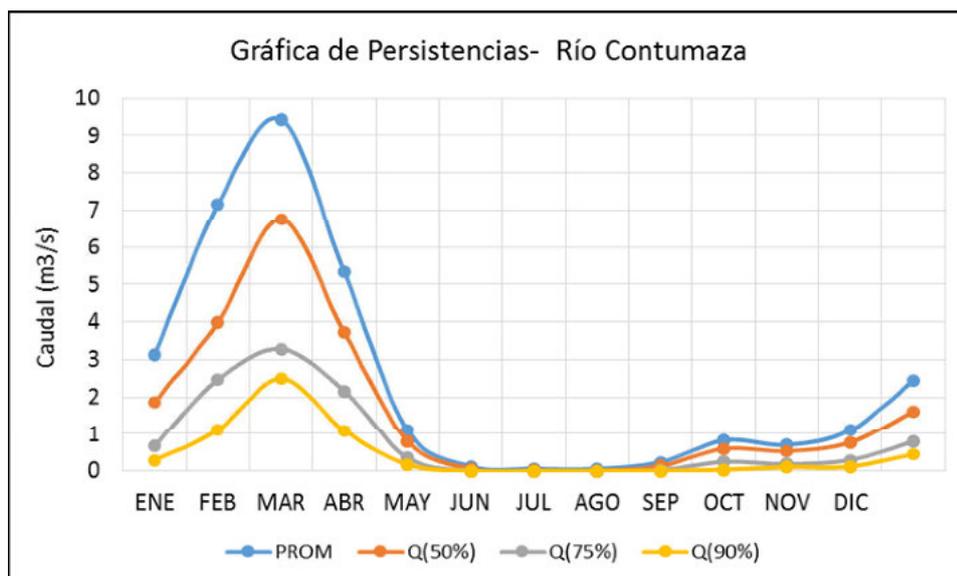
Figura N° 3.89



Cuadro N° 3.54

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO CONTUMAZA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	3.12	7.14	9.44	5.33	1.10	0.11	0.05	0.05	0.23	0.83	0.71	1.10	2.43
Q(50%)	1.85	3.98	6.74	3.72	0.81	0.05	0.00	0.00	0.12	0.60	0.54	0.77	1.60
Q(75%)	0.68	2.46	3.27	2.16	0.35	0.00	0.00	0.00	0.02	0.23	0.18	0.29	0.80
Q(90%)	0.29	1.10	2.48	1.09	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.11	0.45

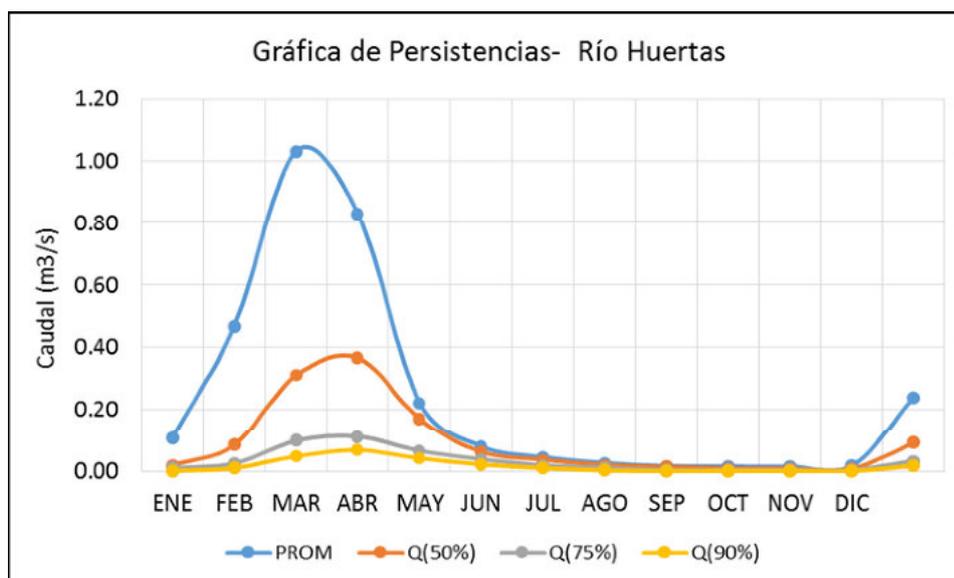
Figura N° 3.90



Cuadro N° 3.55

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO HUERTAS													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	0.11	0.47	1.03	0.83	0.22	0.08	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.24
Q(50%)	0.02	0.09	0.31	0.37	0.17	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09
Q(75%)	0.01	0.03	0.10	0.11	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03
Q(90%)	0.00	0.01	0.05	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02

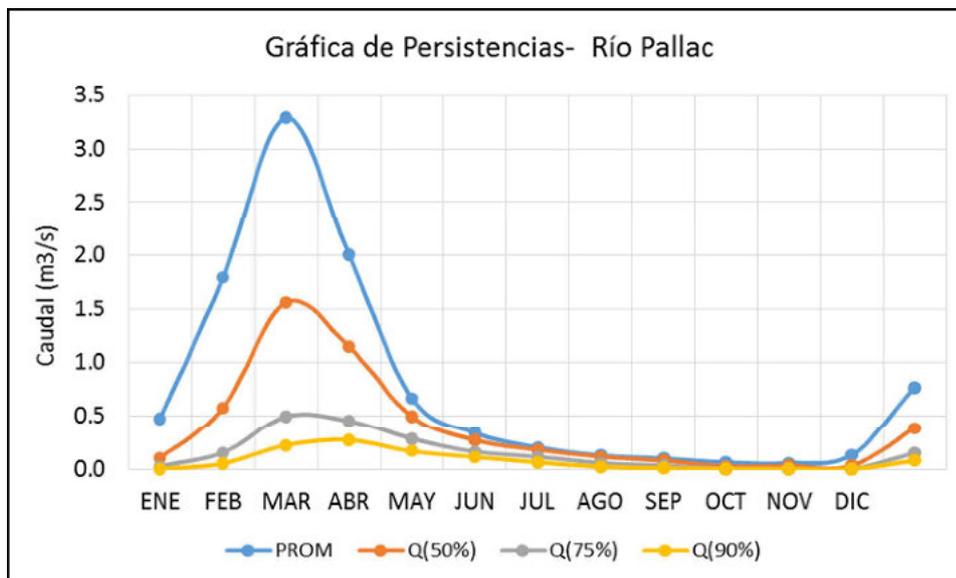
Figura N° 3.91



Cuadro N° 3.56

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO PALLAC													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	0.47	1.80	3.29	2.00	0.67	0.34	0.21	0.13	0.10	0.06	0.05	0.13	0.77
Q(50%)	0.10	0.58	1.56	1.15	0.49	0.27	0.18	0.11	0.08	0.02	0.03	0.03	0.38
Q(75%)	0.02	0.15	0.49	0.45	0.29	0.16	0.11	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.15
Q(90%)	0.00	0.05	0.23	0.27	0.17	0.11	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08

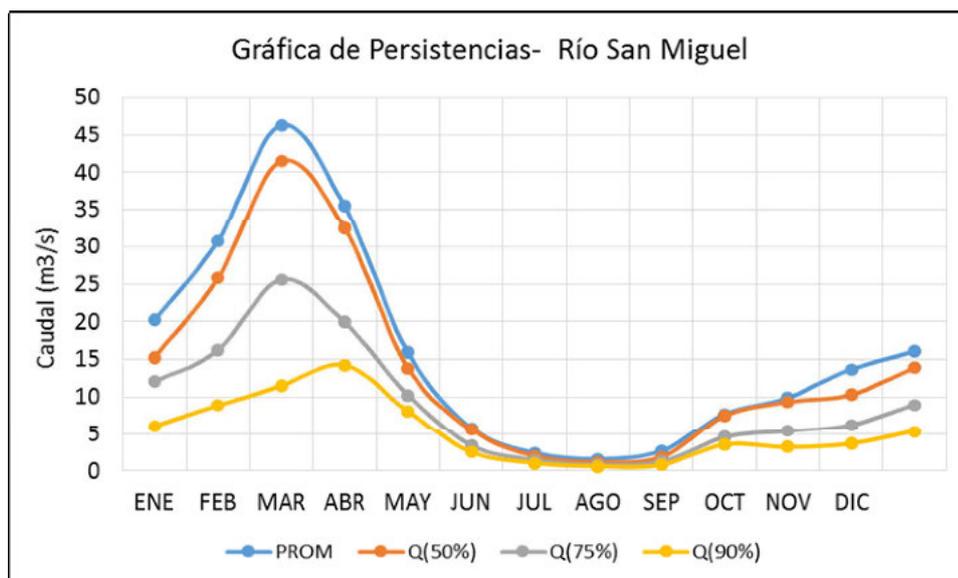
Figura N° 3.92



Cuadro N° 3.57

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- RIO SAN MIGUEL													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	20.20	30.77	46.36	35.50	15.92	5.78	2.46	1.57	2.72	7.64	9.90	13.71	16.04
Q(50%)	15.25	25.81	41.54	32.51	13.85	5.61	2.01	1.14	1.88	7.42	9.33	10.32	13.89
Q(75%)	12.00	16.24	25.61	19.97	10.26	3.48	1.45	0.79	1.23	4.54	5.39	6.23	8.93
Q(90%)	6.07	8.84	11.48	14.28	8.09	2.58	1.05	0.61	0.80	3.60	3.25	3.74	5.37

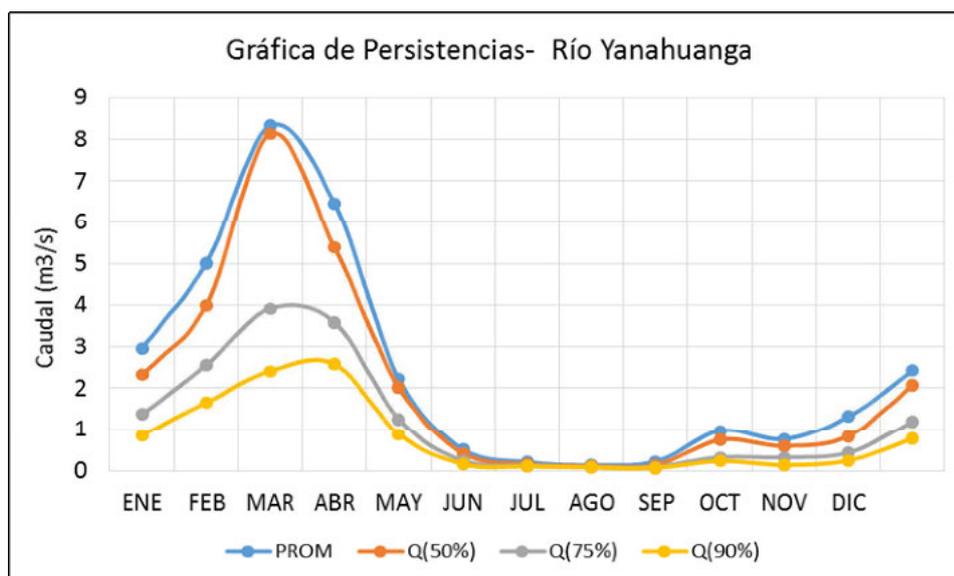
Figura N° 3.93



Cuadro N° 3.58

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m ³ /s) - AFLUENTE- RIO YANAHUANGA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	2.97	5.01	8.33	6.46	2.22	0.52	0.20	0.13	0.22	0.97	0.77	1.32	2.42
Q(50%)	2.33	4.00	8.13	5.38	2.02	0.42	0.15	0.11	0.13	0.75	0.61	0.84	2.07
Q(75%)	1.37	2.56	3.92	3.58	1.26	0.24	0.12	0.09	0.09	0.32	0.32	0.44	1.19
Q(90%)	0.87	1.66	2.42	2.58	0.89	0.15	0.10	0.07	0.06	0.23	0.13	0.24	0.78

Figura N° 3.94



3.6. EVENTOS HIDROLOGICOS EXTREMOS

En el presente capítulo se ha evaluado la ocurrencia de eventos extremos de naturaleza hidrometeorológica como escasez de lluvias (sequías) y exceso de escorrentías (avenidas) en el ámbito de la cuenca Jequetepeque y subcuencas comprendidas.

Para el análisis de máximas avenidas del río Jequetepeque se ha utilizado los resultados del modelamiento hidrológico a nivel diario por el RS MINERVE, para obtener las series de caudales máximos en las subcuencas de interés.

El análisis de sequías se realizó para la cuenca alta, principal productora del recurso hídrico, con la finalidad de identificar la ocurrencia de periodos secos, normales y húmedos en base a la información disponible de registros de precipitación.

3.6.1. Análisis de Máximas Avenidas

El río Jequetepeque tiene su origen en la confluencia de los ríos San Miguel y Chilete, aguas abajo recibe los aportes de los ríos Chiminote y Pallac, sin embargo estos dos últimos afluentes no son tan relevantes por tratarse de sectores con baja pluviosidad y solamente se activan en épocas de avenidas u ocurrencia del Fenómeno el Niño.

El riesgo por inundación en la cuenca baja, ha disminuido considerablemente con la construcción de la Represa de Gallito Ciego, que regula las avenidas; sin embargo en épocas del Fenómeno El Niño, cuando el embalse está a su máxima capacidad y entra en funcionamiento el aliviadero de crecidas, las avenidas extraordinarias pueden ocasionar inundaciones en las zonas agrícolas y algunos poblados del valle Jequetepeque

El objetivo de caracterizar el comportamiento hidrológico extremo, del río Jequetepeque y afluentes en diferentes periodos de retorno, es determinar los caudales máximos que circulan en los cauces de los ríos con la finalidad de promover el ordenamiento hídrico y las medidas preventivas ante inundaciones.

A. Función de Distribución de Probabilidad

En el ámbito de la hidrología, numerosos fenómenos extremos no pueden pronosticarse en base a una información determinística, con la suficiente destreza y tiempo de antelación, para poder tomar las decisiones pertinentes a su ocurrencia. En dichos casos, se requiere un enfoque probabilístico con el fin de incorporar los efectos de esos fenómenos en las decisiones. Si se puede suponer que las ocurrencias son temporalmente independientes, esto es, el tiempo y la magnitud de un evento no tiene relación con los eventos anteriores, entonces se puede usar el análisis de frecuencias para describir la probabilidad de cualquier evento o de una combinación de ellos, durante el intervalo de tiempo necesario para una decisión.

Para estimar la magnitud del evento asociado a un periodo de retorno, es necesario el análisis de frecuencias y el ajuste de la serie de caudales máximos a una función de distribución de probabilidad.

Las funciones de distribución de probabilidad usadas fueron: Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel.

a) Distribución Pearson Tipo II

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left[\frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right]^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Donde:

$\alpha_1, \beta_1, \delta_1$ = Son los parámetros de la función
 $\Gamma(\beta_1)$ = Función Gamma

Los parámetros $\alpha_1, \beta_1, \delta_1$ se evalúan a partir de los datos observados (lluvia máxima de 24 horas), mediante el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1 ; \quad S^2 = \alpha_1^2 \beta_1 ; \quad \gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}} ;$$

Donde:

\bar{x} = es la media de los datos; S^2 = variancia de los datos

γ = Coeficiente de sesgo, definido como: $\gamma = \sum \frac{(x_i - \bar{x})^3 / n}{s^3}$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}} \left(\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}\right)^{\beta_1-1} dx$$

Sustituyendo

$\gamma = \frac{x-\delta_1}{\alpha_1}$, la ecuación anterior se escribe como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int y^{\beta_1-1} e^{-y} dy$$

Esta última ecuación es una función de distribución Chi Cuadrada con $2\beta_1$ grados de libertad y también $X^2 = 2y$, es decir:

$$F(y) = (X^2 | \nu) = FX^2(2y | 2\beta_1)$$

La función chi cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.

b) Distribución Log Pearson Tipo III

Esta distribución es una de las series derivadas por Pearson. La función de distribución de probabilidades es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \int e^{-\frac{(\ln x - \delta)}{\alpha}} \frac{(\ln x - \delta)^{\beta-1}}{\alpha} dx$$

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones adicionales:

$$\mu = \phi + \delta$$

$$\sigma^2 = \alpha^2 \beta$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta}}$$

Siendo γ el sesgo.

c) Distribución Gumbel

Esta distribución representa el valor extremo de los máximos, ejemplo el máximo diario, el máximo mensual y el máximo anual, el valor extremo de un grupo de valores máximos. Se basa en la teoría de valores extremos que indica que es probable que sea útil si la muestra de datos tiene una distribución normal o exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Siendo:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

Donde:

x : Valor con una probabilidad dada.

\bar{x} : Media de la serie.

k : Factor de frecuencia.

B. Estimación de Parámetros

En la estimación de los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad, de uso más común son las siguientes:

- Método de Momentos
- Método de Máxima Verosimilitud.

En la estimación de parámetros se debe tener en cuenta las siguientes propiedades:

- Que sean estimadores consistentes.
- Que sean estimadores no sesgados,
- Que sean eficientes.

De acuerdo a estas propiedades, se ha considerado utilizar el método de momentos para la estimación de los parámetros.

C. Determinación de caudales máximos diarios para diferentes períodos de retorno

El análisis consistió en evaluar los caudales máximos en diferentes distribuciones de probabilidad y observar cual es el que presenta el mejor ajuste, las distribuciones probadas fueron la de Gumbel, Gamma, Pearson III parámetros y Log Pearson tipo III. Como ya se indicó, las series históricas de caudales máximos fueron completadas utilizando los resultados del modelamiento hidrológico a nivel diario con el RS MINERVE. En el cuadro N° 3.60, se presenta el registro de los caudales máximos de las 4 estaciones en el río Jequetepeque.

Cuadro N° 3.60

Caudales máximos Diarios (m3/s)				
Año	Est. Yonan	Est. Llallan	Est. Las Paltas	Est. Chilete
1965	199.0	199.9	126.0	65.6
1966	102.1	102.4	72.1	22.4
1967	239.8	227.1	98.5	109.1
1968	57.0	57.8	34.2	17.2
1969	122.2	122.8	64.9	58.8
1970	139.9	141.0	55.4	41.3
1971	344.3	340.9	194.8	130.2
1972	376.0	379.3	109.6	78.2
1973	239.9	243.0	94.6	91.3
1974	134.8	136.6	52.5	97.7
1975	197.5	255.0	87.0	154.2
1976	130.7	147.7	101.4	93.0
1977	246.7	240.6	71.6	182.4
1978	37.9	39.5	25.7	14.9
1979	205.5	204.1	110.9	77.4
1980	52.2	52.9	37.6	14.9
1981	237.9	231.8	123.7	92.7
1982	76.1	51.0	56.3	20.3
1983	692.4	700.0	168.3	100.2
1984	512.1	300.0	330.7	134.0
1985	40.3	76.1	27.3	7.4
1986	145.3	99.4	38.9	50.0
1987	335.2	341.7	41.2	129.8
1988	102.2	74.6	44.7	32.7
1989	205.4	139.2	78.4	91.6
1990	102.6	104.1	66.2	29.8
1991	251.8	253.7	150.1	79.0
1992	110.9	108.2	48.8	50.9
1993	244.6	239.8	110.6	105.9
1994	319.4	315.8	144.2	151.2
1995	146.9	145.7	66.2	67.5
1996	294.3	295.6	171.7	105.6
1997	174.3	239.8	91.8	91.7
1998	509.5	599.8	208.2	238.1
1999	379.6	460.0	201.6	189.9
2000	340.0	400.3	159.9	137.2
2001	409.4	395.8	171.6	155.6
2002	333.7	221.6	140.8	119.2
2003	128.3	116.8	63.3	62.6
2004	106.6	91.1	137.3	34.6
2005	194.5	179.4	86.9	79.8
2006	331.6	270.9	158.2	163.7
2007	194.9	244.1	138.3	108.5
2008	393.0	417.6	126.9	183.4
2009	338.9	377.5	114.5	251.2
2010	264.2	242.2	115.0	105.5
2011	219.4	206.4	94.9	117.4
2012	311.9	322.4	137.9	159.5
2013	270.7	374.2	159.7	192.2
2014	135.7	142.7	71.5	57.0
2015	438.2	-	-	-

 Histórico
 Completado

El análisis de los datos para distintas distribuciones de probabilidad se realizó en la plataforma del software hidrológico Hydrognomon el cual cuenta con diferentes opciones para el análisis de datos y cálculos de los periodos de retorno.

En los gráficos 3.88 a 3.91, se muestran los gráficos de caudales máximos analizados para diferentes periodos de retorno y para diferentes distribuciones de probabilidad.

Figura N° 3.90
 Caudal Máximo para diferentes Distribuciones de Probabilidad - Estación Yonan

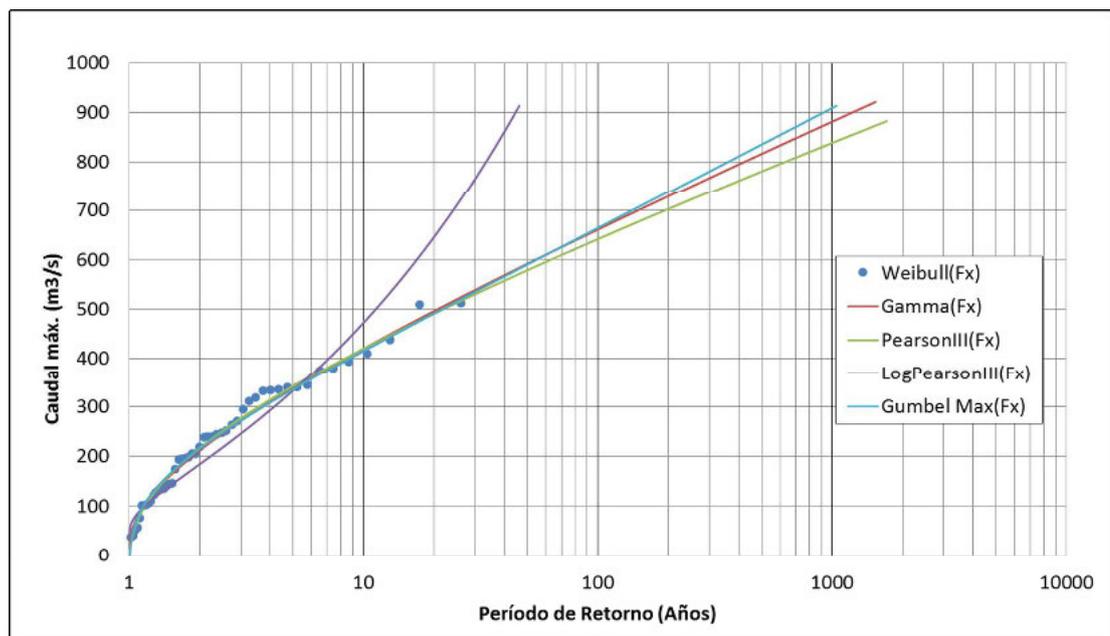


Figura N° 3.91
 Caudal Máximo para diferentes Distribuciones de Probabilidad - Estación Llallán

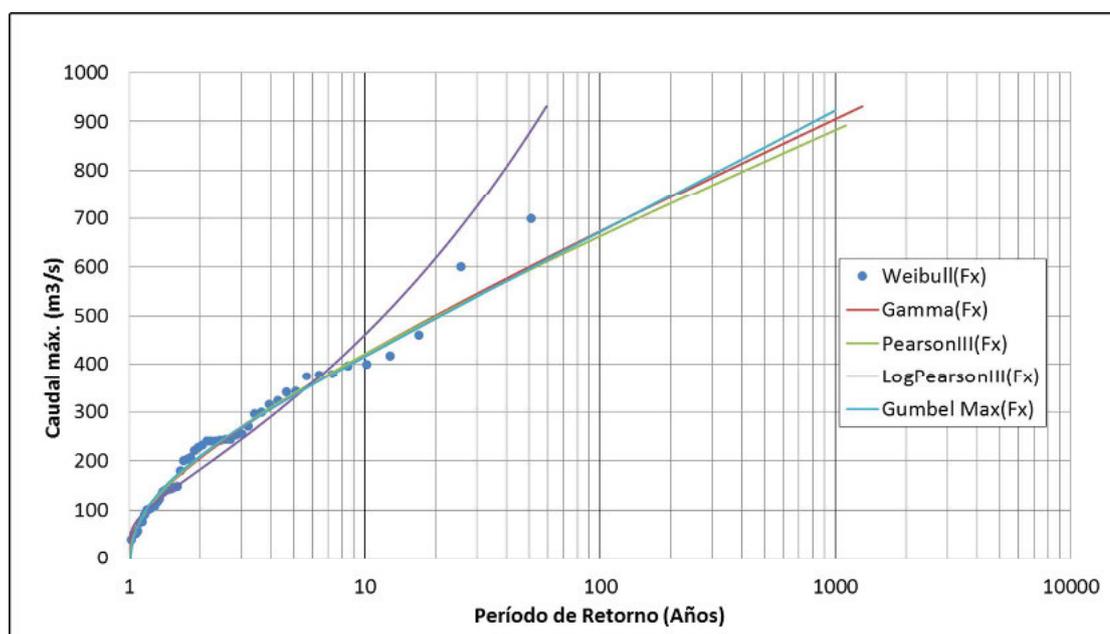


Figura N° 3,92

 Caudal Máximo para diferentes Distribuciones de Probabilidad - Estación Las Paltas

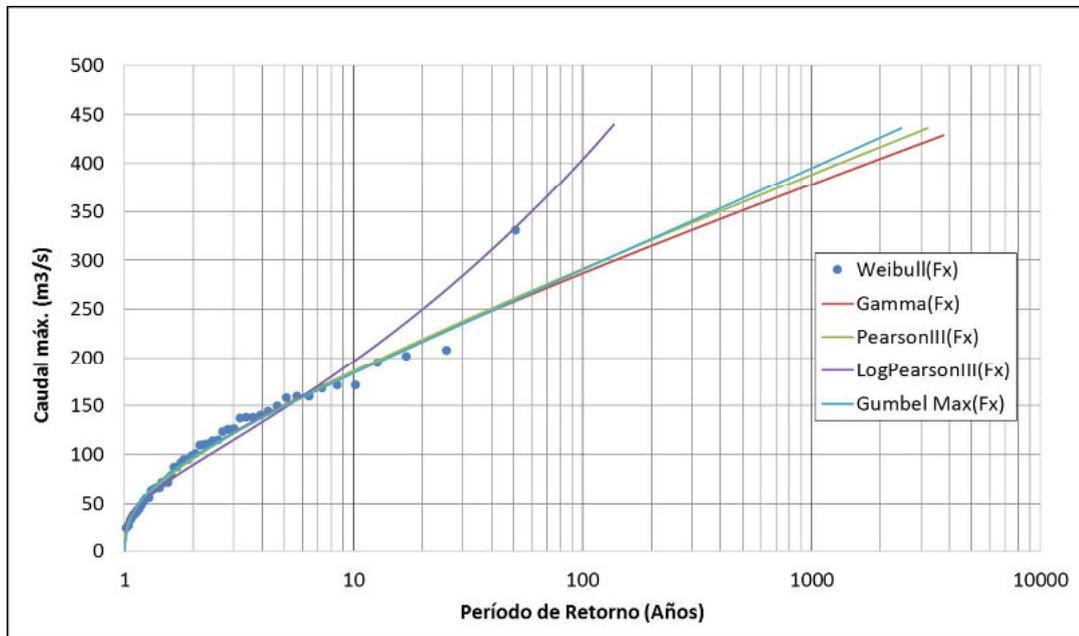
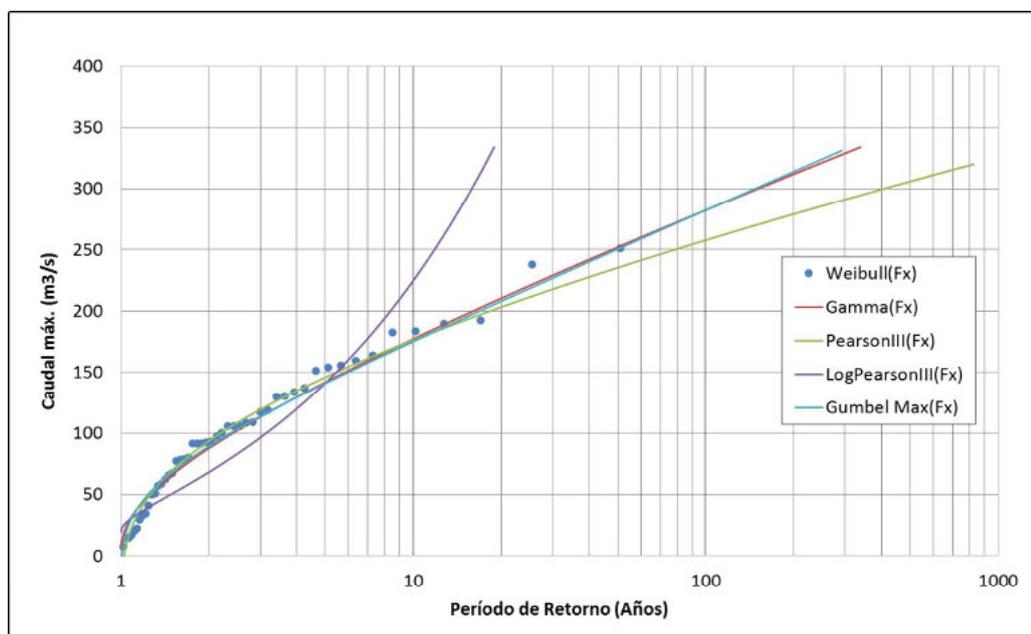


Figura N° 3.93

 Caudal Máximo para diferentes Distribuciones de Probabilidad - Chilete



En los gráficos anteriores se puede apreciar que la distribución Log Pearson III parámetros presenta crecidas muy altas conforme aumenta el periodo de retorno; sin embargo las demás distribuciones presentan un comportamiento más uniforme

y real, las pruebas de Bondad de Ajuste nos ayudan a determinar qué distribución de probabilidad se va a utilizar.

La Prueba de Bondad de Ajuste utilizada fue el test Chi Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, los resultados se muestran en los cuadros siguientes, donde se aprecia un buen ajuste para todas las distribuciones a excepción de Log Pearson III.

Cuadro N° 3.61
Test Chi Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov para las estaciones

Nº	Estación	Distribución	Test X-Square					Test Kolmogorov-Smirnov				
			a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	Pearson Param.	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
1	YONAN	Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.65%	0.67	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.22%	0.07
		Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.42%	0.67	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.64%	0.07
		Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.23%	3.02	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.24%	0.15
		EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.90%	1.06	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.61%	0.08
2	LLALLAN	Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.08%	0.60	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.81%	0.08
		Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	23.67%	1.40	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.44%	0.07
		Log Pearson III	REJECT	REJECT	REJECT	0.52%	7.80	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	26.59%	0.14
		EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	49.66%	1.40	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.73%	0.08
3	LAS PALTAS	Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.08%	0.60	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.79%	0.06
		Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	31.73%	1.00	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.74%	0.06
		Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	12.13%	2.40	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	63.34%	0.11
		EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.08%	0.60	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.34%	0.06
4	CHILETE	Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.88%	1.20	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	75.65%	0.10
		Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	23.67%	1.40	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.91%	0.05
		Log Pearson III	REJECT	REJECT	REJECT	0.07%	11.60	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.16%	0.21
		EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.79%	2.00	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.33%	0.08

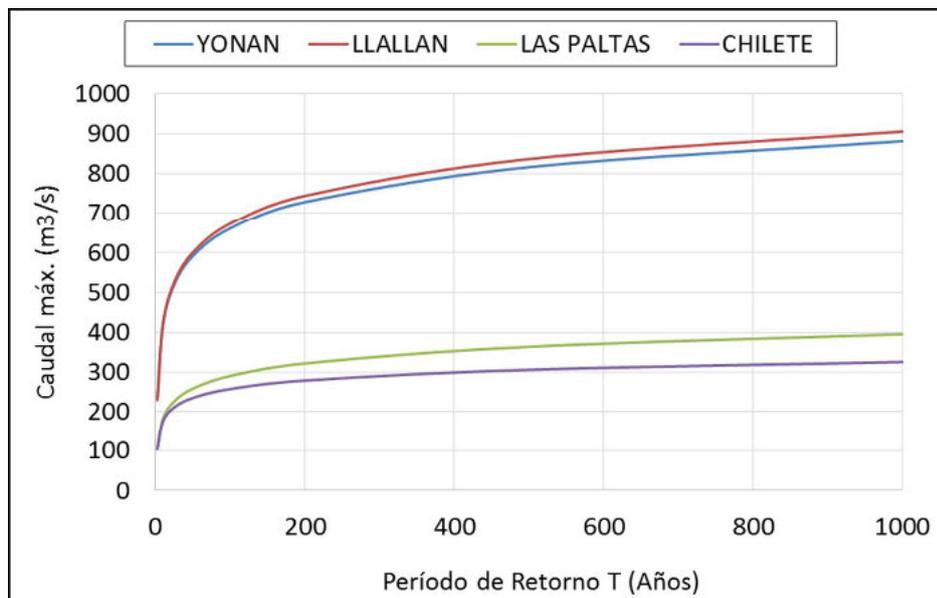
Como se puede observar en los cuadros anteriores, los datos se ajustan a las distintas distribuciones de probabilidad evaluadas, pero se ha optado por seleccionar las mejores distribuciones para cada estación en función de los parámetros de Pearson y la desviación máxima (DMax) los cuales deben ser mínimos. Así, a las estaciones Yonan y Llallan les corresponde la función Gamma, a Las Paltas les corresponde Gumbel y a Chilete Pearson III.

Por lo tanto los Caudales de Avenida Máxima para diferentes Periodos de Retorno, considerados en los diferentes puntos del río Jequetepeque, según la Distribución Gumbel, se presentan en el Cuadro y Figura siguientes.

Cuadro N° 3.62
Caudales máximos para diferentes períodos de retorno (m3/s)

Nº	Estación	Distribución	Períodos de Retorno T							
			T= 2.33 años	T= 10 años	T= 25 años	T= 50 años	T= 100 años	T= 200 años	T= 500 años	T= 1000 años
1	YONAN	Gamma	236	420	520	591	661	729	816	881
2	LLALLAN	Gamma	230	421	525	600	673	744	837	905
3	LAS PALTAS	EV1-Max (Gumbel)	108	184	227	259	290	322	364	395
4	CHILETE	Pearson III	104	176	211	235	258	279	306	326

Figura N° 3.94
Caudales Máximos y Periodos de Retorno



D. Caudales Máximos Instantáneos

Formula de Fuller

Fuller desarrolló un método de extrapolación de datos históricos, no con el uso de una distribución de frecuencias, sino con el uso de una regla de probabilidades.

La fórmula para calcular el caudal máximo instantáneo es la siguiente:

$$Q_{inst} = \left(1 + \frac{a}{A^b}\right) Q_{med}$$

Donde:

Q_{inst} : caudal máximo instantáneo [m^3/s].

Q_{md} : caudal máximo medio diario [m^3/s].

A : área de la cuenca de interés [Km^2].

a y b : Parámetros de la fórmula. Según los trabajos realizados por Fuller, el parámetro a =2.66, y b tiene un valor de 0.3.

Los parámetros a y b de la ecuación de Fuller fueron ajustados para las características de la cuenca Jequetepeque, en la estación Yonan, empleando datos históricos de caudales máximos diarios y caudales máximos instantáneos en el periodo 1965-2014, posteriormente la ecuación fue utilizada en otros puntos de interés como las estaciones Llallán, Chilete y Las Paltas.

Las áreas representativas para cada estación hidrométrica en el río Jequetepeque se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3.63

Estación	Área (km ²)
Chilete	1283.9
Las Paltas	1034.2
Llallán	2545.6
Yonan	3273.4

El ajuste o calibración de los parámetros a y b se realizó manualmente optimizando los indicadores de eficiencia Relative Peak Error (RPE) el cual expresa la desviación relativa de los picos; y el coeficiente de determinación (R²). Los resultados arrojan valores de 3.29 y 0.212 para a y b respectivamente con RPE igual a -0.14 y R² igual a 0.782, a continuación se presentan los cuadros y figuras correspondientes.

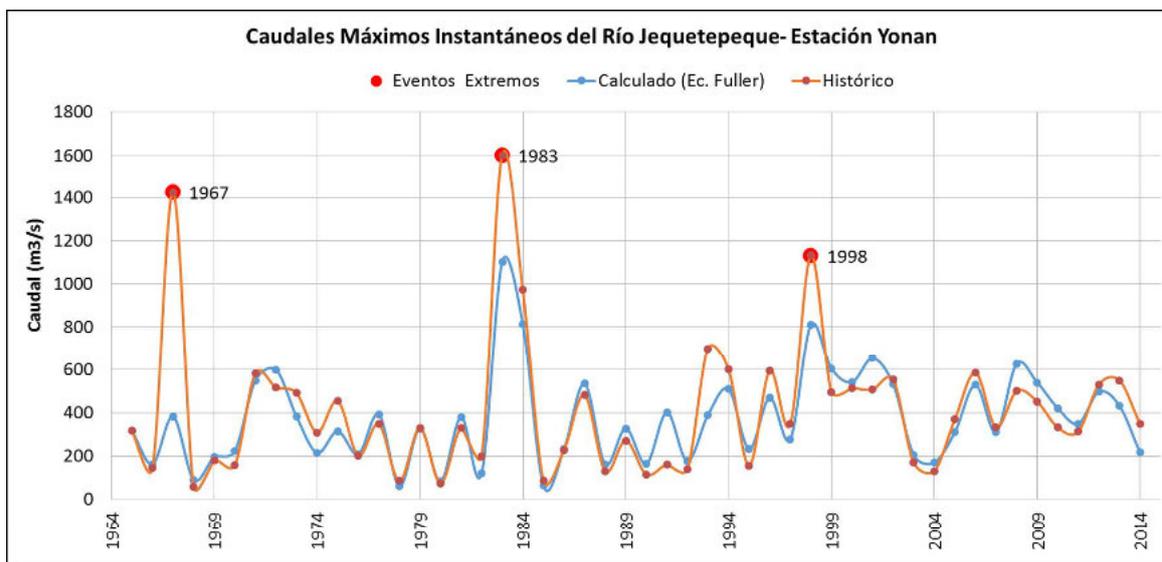
Ecuación de Fuller Modificado para la cuenca Jequetepeque:

$$Q_{inst} = \left(1 + \frac{3.29}{A^{0.212}}\right) Q_{med}$$

Indicadores de Eficiencia:

Coef. Determinación	R ²	0.782
Relative Peak Error	RPE	-0.14

Figura N° 3.95



Los coeficientes para convertir los caudales máximos medios diarios a instantáneos son los siguientes: 1.59, 1.62, 1.72 y 1.76 para las las estaciones Yonan, Llallán, Chilete y Las Paltas respectivamente.

Cuadro N° 3.65
Caudales Max. Instantáneos- Estación Yonan (m3/s)

Años	Calculado	Histórico
1965	316.8	318.3
1966	162.5	146.1
1967	381.6	1422.8
1968	90.8	58.9
1969	194.4	181.3
1970	222.7	157.0
1971	548.0	582.0
1972	598.4	516.0
1973	381.8	490.0
1974	214.6	308.8
1975	314.3	454.5
1976	208.0	202.0
1977	392.7	348.0
1978	60.4	85.0
1979	327.1	330.0
1980	83.1	74.1
1981	378.6	330.0
1982	121.1	200.0
1983	1102.0	1601.0
1984	815.0	973.0
1985	64.1	87.9
1986	231.2	228.0
1987	533.5	482.5
1988	162.7	130.4
1989	326.9	271.5
1990	163.3	115.4
1991	400.7	160.0
1992	176.5	139.0
1993	389.2	700.0
1994	508.3	599.2
1995	233.8	155.4
1996	468.4	594.1
1997	277.4	347.6
1998	810.8	1131.2
1999	604.2	495.8
2000	541.1	511.6
2001	651.6	506.2
2002	531.0	552.4
2003	204.2	170.1
2004	169.6	130.6
2005	309.5	369.5
2006	527.7	584.2
2007	310.2	331.7
2008	625.4	499.1
2009	539.4	451.3
2010	420.4	331.6
2011	349.1	313.1
2012	496.4	528.8
2013	430.8	548.1
2014	216.0	347.6

 Eventos Extremos

La figura N° 3.95 nos muestra el caudal calculado (aplicando la ecuación de Fuller con los parámetros modificados para Jequetepeque) y el caudal instantáneo histórico. Podemos concluir que el método de Fuller caracteriza adecuadamente los caudales máximos instantáneos registrados en Yonan, sin embargo en años de ocurrencia del Fenómeno el Niño se muestran discrepancias, lo cual es normal por tratarse de eventos extraordinarios sumamente difíciles de predecir en su orden de magnitud.

En el siguiente cuadro se presenta los resultados para la estación Yonan respecto a los caudales instantáneos históricos y los estimados mediante Fuller. Asimismo se ha aplicado la fórmula de Fuller sobre los caudales máximos diarios y las áreas respectivas, obtenemos los caudales máximos instantáneos para diferentes periodos de retorno, estos caudales se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 3.66

Período de Retorno T	YONAN (instantáneo)		LLALLAN		LAS PALTAS		CHILETE	
	Q _{inst} -Fuller	Q _{inst} -Historico	Q _{max}	Q _{inst}	Q _{max}	Q _{inst}	Q _{max}	Q _{inst}
2.33	369	398	230	374	108	189	104	179
10	663	794	421	683	184	322	176	304
25	824	1020	525	852	227	398	211	364
50	940	1180	600	975	259	454	235	405
100	1050	1350	673	1093	290	510	258	444
200	1160	1500	744	1209	322	565	279	480
500	1300	1710	837	1359	364	638	306	527
1000	1410	1860	905	1470	395	694	326	560

Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Determinación del Caudal Máximo Mediante Medición en Campo

A. Descripción del Método:

El método consiste en seccionar el río en el punto de interés, determinando sus características geométricas, se toma la medida del ancho promedio de río, seguidamente se procede a medir las alturas de huellas máximas de agua en épocas de avenida, también se debe determinar la pendiente, con estos datos se pueden determinar el radio hidráulico ($R=A/P$) y dependiendo de las características del cauce y de las paredes del río se determina la rugosidad (Número de Manning), con todos estos datos se procede a calcular el caudal máximo utilizando la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

- Q : Caudal Máximo (m^3/s)
A : Área (m^2)
R : Radio Hidráulico (m)
S : Pendiente (m/m)
n : Numero de Manning (depende de las características del cauce)

La información geométrica de los cauces también serán utilizados en el RS MINERVE para el transito de caudales diarios mediante el modelo hidráulico Muskingum-Cunge

B. Descripción de actividades:

El Estudio contempla la determinación del caudal máximo del río Jequetepeque a través de mediciones indirectas, tomando como referencia las diferentes estaciones hidrométricas que se encuentran en su cauce, por tal motivo se procedió a visitar las estaciones hidrométricas de: Yonan, Pampa Larga y Chilete, en el río Jequetepeque y Las Paltas en el río San Miguel, donde se recopiló datos específicos tales como altura de huellas de agua, ancho máximo del río y pendiente promedio; se tomó alturas cada cierto tramo para tener una sección aproximada del río, posteriormente se procedió a estimar el caudal máximo utilizando la fórmula de Manning.

El seccionamiento se realizó en las cuatro estaciones hidrométricas mencionadas, donde se determinó la huella máxima, y el seccionado del río para determinar el caudal máximo que circula por cada estación en las épocas de avenida máxima.

A continuación se describe las características y el cálculo en cada estación hidrométrica.

C. Estación Hidrométrica Yonan

Se realizó el seccionamiento del río donde se encuentra ubicada la Estación Hidrométrica Yonan en las coordenadas Norte 9197523 y Este 709886 a una altitud de 445 msnm, en este punto se determinó que el río tiene un ancho de 35.00m, una altura máxima de huella de agua de 3.80 m y una pendiente de 0.90% y de acuerdo al tipo de material en el fondo y paredes del río se determinó el Numero de Manning en 0.05 con estos datos se procedió a determinar el caudal máximo que es de 438 m³/s, lo cual correspondería a un periodo de retorno de 25 años aproximadamente.

Cuadro N° 3.67

ESTACION HIDROMETRICA YONAN	
Lecho	Pedregoso-poca cantidad de arena, con presencia de vegetacion
Cauce	Fuerte
Mat. Predominante	Pedregoso-poca cantidad de arena
Ancho Promedio	35.00 m
Area Hidraulica	116.43 m ²
Perimetro Mojado	41.65 m
Pendiente	0.9 0 %
Numero de Manning	0.05
Radio Hidraulico	2.80 m
Caudal	438.38 m ³ /seg

SECCION DEL RIO

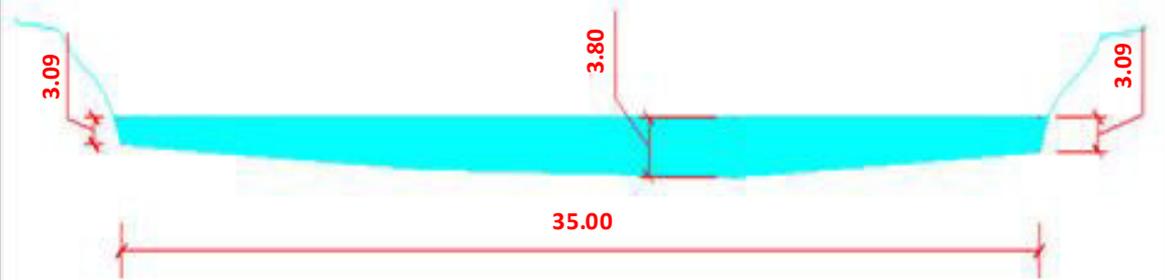


Foto N° 3.11 - Estacion Hidrometrica Yonan (rio Jequetepeque)



D. Estación Hidrométrica Pampa Larga

Se realizó el seccionamiento del río donde se encontraba la ubicada la Estación Hidrométrica Pampa Larga y que ahora se instalara de nuevo en las coordenadas Norte 9197962 y Este 712608 a una altitud de 486 msnm, en este punto se determinó que el río tiene un ancho de 36.00m, la huella de agua indica una altura máxima de 3.60 m y una pendiente de 0.80% y de acuerdo al tipo de material en el fondo y paredes del río se determinó el Numero de Manning en 0.043 con estos datos se procedió a determinar el caudal máximo que es de 412 m³/s, lo cual correspondería a un periodo de retorno de 25 años aproximadamente.

Cuadro N° 3.68

ESTACION HIDROMETRICA PAMPA LARGA	
Lecho	Pedregoso-poca cantidad de arena, con presencia de vegetacion
Cauce	Regular
Mat. Predominante	Pedregoso-poca cantidad de arena
Ancho Promedio	36.00 m
Area Hidraulica	106.56 m ²
Perimetro Mojado	41.40 m
Pendiente	0.8 0 %
Numero de Manning	0.043
Radio Hidraulico	2.54 m
Caudal	412.84 m ³ /seg



SECCION DEL RIO

Foto N° 3.12 - Estacion Hidrometrica Pampa Larga (rio Jequetepeque)



E. Estación Hidrométrica Las Paltas

Se realizó el seccionamiento del río donde se encuentra ubicada la Estación Hidrométrica Las Paltas (río San Miguel) en las coordenadas Norte 9204731 y Este 731727 a una altitud de 735 msnm, en este punto se determinó que el río tiene un ancho de 32.00m, la huella de agua indica una altura máxima de 2.30 m, una pendiente de 0.90% y de acuerdo al tipo de material en el fondo y paredes del río se determinó el Numero de Manning en 0.043 con estos datos se procedió a determinar el caudal máximo que es de 190 m³/s, lo cual correspondería a un periodo de retorno de 10 años aproximadamente

Cuadro N° 3.69

ESTACION HIDROMETRICA LAS PALTAS	
Lecho	Pedregoso-poca cantidad de arena, con presencia de vegetacion
Cauce	Fuerte
Mat. Predominante	Pedregoso-poca cantidad de arena
Ancho Promedio	32.00 m
Area Hidraulica	60.80 m ²
Perimetro Mojado	35.80 m
Pendiente	0.9 0 %
Numero de Manning	0.043
Radio Hidraulico	1.70 m
Caudal	190.94 m ³ /seg

SECCION DEL RIO

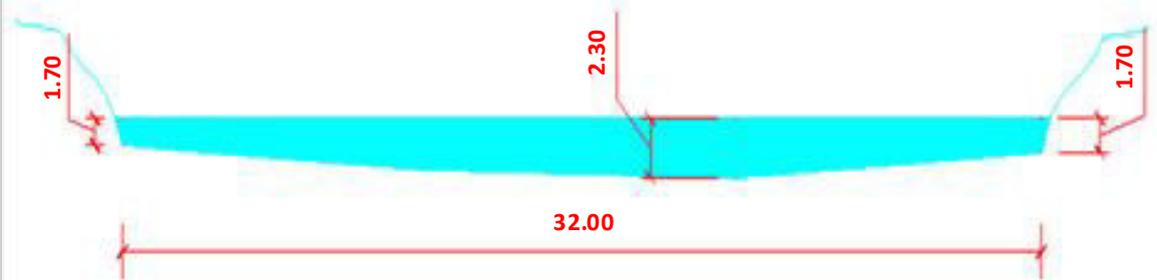


Foto N° 3.13 - Estacion Hidrometrica Las Paltas (rio San Miguel)



F. Estación Hidrométrica Chilete

Se realizó el seccionamiento del río donde se encuentra ubicada la Estación Hidrométrica Chilete en las coordenadas Norte 9201414 y Este 738728 a una altitud de 854 msnm, en este punto se determinó que el río tiene un ancho de 16.00 m, la huella de agua indica una altura máxima de 3.50 m y una pendiente de 0.80% y de acuerdo al tipo de material en el fondo y paredes del río se determinó el Numero de Manning en 0.05 con estos datos se procedió a determinar el caudal máximo que es de 243 m³/s.

Cuadro N° 3.70

ESTACION HIDROMETRICA CHILETE	
Lecho	Pedregoso-poca cantidad de arena, con presencia de vegetacion
Cauce	Regular
Mat. Predominante	Pedregoso-poca cantidad de arena
Ancho Promedio	30.00 m
Area Hidraulica	79.30 m ²
Perimetro Mojado	35.29 m
Pendiente	0.80 %
Numero de Manning	0.05
Radio Hidraulico	2.25 m
Caudal	243.38 m ³ /seg



SECCION DEL RIO

Foto N° 3.14 - Estacion Hidrometrica Chilete (rio Chilete)



3.6.3. Análisis de Sequías

Existen diversas definiciones de sequía, dependiendo del sector en el que se experimente el déficit de agua. Adicionalmente, con frecuencia resulta difícil determinar y más aún pronosticar el inicio y fin de una sequía, lo cual refleja la complejidad de este fenómeno climático (Wilhite, 1997).

La sequía corresponde a una disminución natural de la precipitación a diferentes escalas de tiempo (semanas, meses, años o décadas): se presenta en cualquier región climática, con amplias consecuencias encadenadas entre sectores naturales y socioeconómicos. Su evaluación, en términos de la temporalidad, distribución, intensidad y efectos, depende de los datos utilizados en el cálculo.

En forma general se puede definir a la sequía como una característica temporal del clima en el sentido de que ocurre cuando la lluvia o humedad disponible se desvía apreciablemente por debajo de lo normal.

A. Tipos de Sequía

a) Sequía Meteorológica

La sequía meteorológica se define en función del grado de sequedad o déficit de precipitación (en comparación con su rango de normalidad) y la duración del período seco.

b) Sequía Hidrológica

La sequía hidrológica se asocia con los efectos de los períodos de precipitación deficientes que afectan la disponibilidad de agua superficial o del subsuelo (caudales, reservorios, niveles lacustres y aguas subterráneas).

c) Sequía Agrícola

La sequía agrícola vincula diversas características de la sequía meteorológica e hidrológica, enfocándose en la escasez de precipitaciones, las diferencias entre la evapotranspiración real y potencial, el déficit de agua en el suelo y reducción de aguas subterráneas o niveles de reservorios. Una buena definición de sequía agrícola debe tener en cuenta la sensibilidad de los cultivos durante las diferentes etapas de desarrollo, desde el nacimiento hasta la madurez.

d) Sequía Socioeconómica

Las definiciones de sequía socioeconómica son asociadas a la oferta y demanda de algún bien económico con elementos de sequía meteorológica, hidrológica y agrícola. La sequía socio-económica se diferencia de los tipos de sequía antes mencionados debido a que su ocurrencia depende de procesos espaciotemporales de oferta y demanda, para que pueda ser identificada o clasificada. Debido a la variabilidad natural del clima, el abastecimiento de agua es abundante en algunos años, pero incapaz de satisfacer las necesidades humanas y ambientales en otros años. La sequía socioeconómica se produce cuando la demanda de un bien económico es superior a la oferta, como resultado de un déficit en el suministro de agua (lluvia, ríos, lagos, manto freático, presas, etc.) relacionado con el clima (NDMC, 2006).

B. Índices de Sequía

Los índices de sequía asimilan datos de lluvia, nieve, caudales y otros indicadores de suministro de agua. Los valores de índices de sequía suelen ser un solo número, que resulta más práctico que los datos de origen para la toma de decisiones. Aunque ninguno de los índices de sequía es por sí superior al resto, algunos índices son más adecuados que otros para determinados usos.

El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés). Creado por McKee, et al. (1993,1995), es un índice basado en la probabilidad de la precipitación para cualquier escala de tiempo.

C. Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)

El SPI, se basa en registros de lluvia y fue diseñado para ser un indicador espacial de la sequía; puede calcularse con distintas escalas de tiempo para el análisis de disponibilidad de agua y su uso. El SPI es una transformación estandarizada de la densidad de probabilidad de la precipitación observada. En períodos cortos, como pueden ser meses (o incluso semanas), los datos de SPI pueden ser útiles para el manejo agrícola, mientras que períodos largos (años), los resultados pueden ser importantes para el suministro de agua (Guttman, 1999).

El SPI se calcula a partir de datos de precipitación mensual y se recomienda usarlo para un período continuo de al menos 30 años. Se selecciona un período promedio para determinar una escala de tiempo mensual generalmente de 3, 6, 12, 24 ó 48 meses. Las escalas de tiempo son arbitrarias pero representan una típica serie de déficit de precipitación que afecta a diferentes fuentes de agua. Por ejemplo, para anomalías de lluvia relacionados con variabilidad interestacional se recomienda usar SPI-3 o SPI-6, mientras que para sequías persistentes se puede usar SPI-24 o SPI-48 (Méndez y Magaña, 2010).

D. Método del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)

El método SPI parte del principio de condición de sequía como el número de veces que se presenta una desviación de la precipitación respecto a un comportamiento considerado normal. El cálculo se basa en el uso de registros de precipitación, de un lugar, ajustado a una función de probabilidad gamma:

$$G(x) = \left(\frac{1}{\beta \alpha \Gamma(\alpha)} \right) (X\alpha - 1) \left(e^{-\frac{X}{\beta}} \right)$$

Dónde:

X es la precipitación,

β es un parámetro de escala de X,

α es un parámetro de forma de la curva

G () es la función gamma incompleta: posteriormente, se transforma a una distribución de probabilidad normal estandarizada, de tal modo que el valor medio del SPI, para ese lugar, es cero y varianza uno. El método SPI utiliza un sistema de clasificación para definir intensidades de sequía.

Los valores de SPI se derivan comparando la precipitación acumulada total para una estación o región en particular durante un intervalo de tiempo específico (por ejemplo: el último mes, los últimos 3 meses, los últimos 6 meses) con el promedio de la precipitación acumulada para ese mismo intervalo todo lo largo de lo que dure el registro climático. Por ejemplo, la precipitación total del mes de mayo en cualquier año dado para la región climática del noroeste de Kansas es comparada con el promedio total de precipitación para esa región de todos los meses de mayo del registro 1895 - 1998. La severidad de una sequía puede ser comparada con la condición promedio para una estación o región en particular. Los valores varían desde 2 o más (extremadamente húmedo) a -2.00 o menos (extremadamente seco) con las condiciones casi normales en un rango de 0.99 a -0.99.

Los valores de clasificación para los valores SPI se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 3.71

VALOR SPI	CATEGORIA DE LA SEQUIA
mas de 2	Extremadamente Húmedo
1.50 a 1.99	Muy Húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente Húmedo
-0.99 a 0.99	Normal
-1.00 a -1.49	Moderadamente Seco
-1.50 a -1.99	Severamente Seco
menos de -2	Extremadamente Seco

Se define una sequía cuando el SPI es continuamente negativo y alcanza un valor de -1.0 o inferior, y continúa hasta que el SPI se torna positivo. La duración de la sequía es definida por el intervalo entre el comienzo y el final del período. La magnitud de la sequía se mide sumando los valores del SPI durante los meses de la sequía.

E. Estimación de los periodos de Sequias en la cuenca Jequetepeque

En el presente Estudio se va a analizar la sequía hidrológica asociada a los períodos de precipitación deficientes, considerado diferentes escalas temporales que reflejan el impacto de la sequía sobre la disponibilidad de fuentes de agua superficial. Las condiciones de humedad en el suelo responden a anomalías de precipitación a escala temporal relativamente corta, 3 o 6 meses, mientras que el agua de las corrientes superficiales, subterránea y reservorios reflejan anomalías de lluvia de períodos más largos: escalas temporales de 12 y 24 meses.

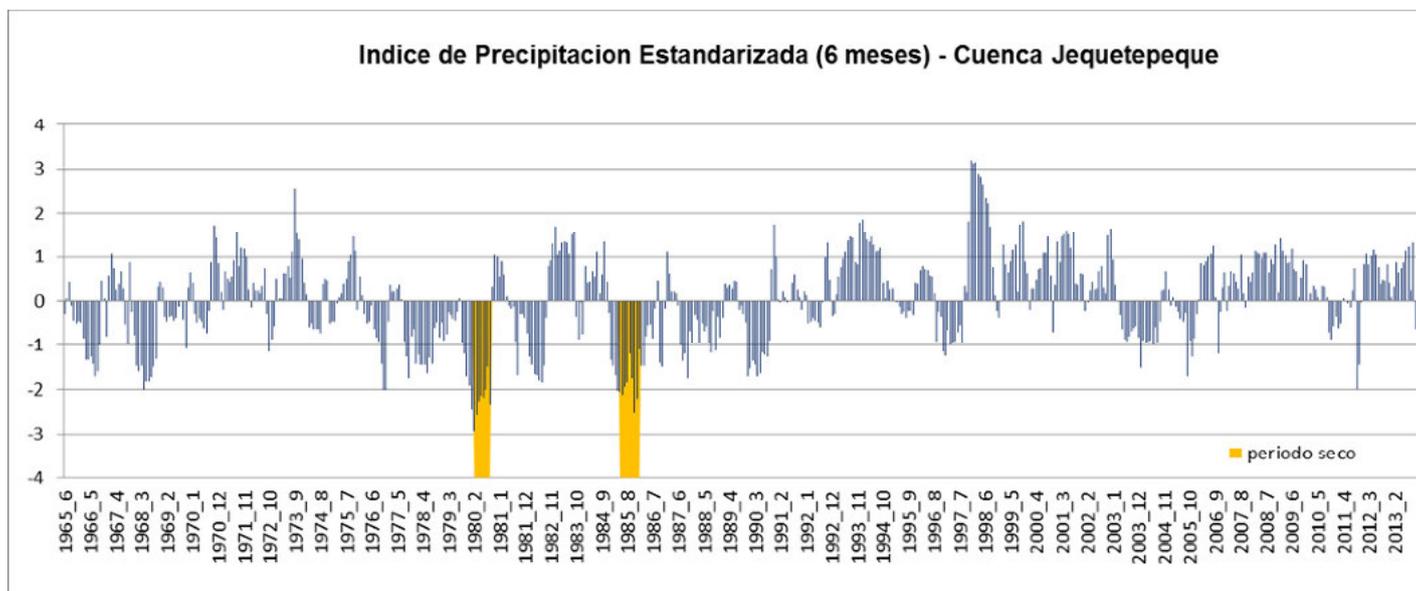
En este caso particular se ha utilizado registros de lluvias, debido a que se cuenta con periodos de registros de lluvia extensos en la cuenca húmeda.

En los siguientes cuadros y gráficos se presentan los resultados del análisis de sequias para la cuenca Jequetepeque en el periodo 1965-2014 y considerando las escalas temporales de 6 meses y 12 meses.

Cuadro N° 3.72
Cuenca Jequetepeque - SPI 6 meses

VALOR SPI	CATEGORIA DE LA SEQUIA	OCURRENCIA
más de 2	EXTREMADAMENTE HUMEDO	1.5%
1.50 a 1.99	MUY HUMEDO	2.7%
1.00 a 1.49	MODERADAMENTE HUMEDO	11.3%
-0.99 a 0.99	NORMAL	68.3%
-1.00 a -1.49	MODERADAMENTE SECO	8.7%
-1.50 a -1.99	SEVERAMENTE SECO	4.6%
menos de -2	EXTREMADAMENTE SECO	2.7%

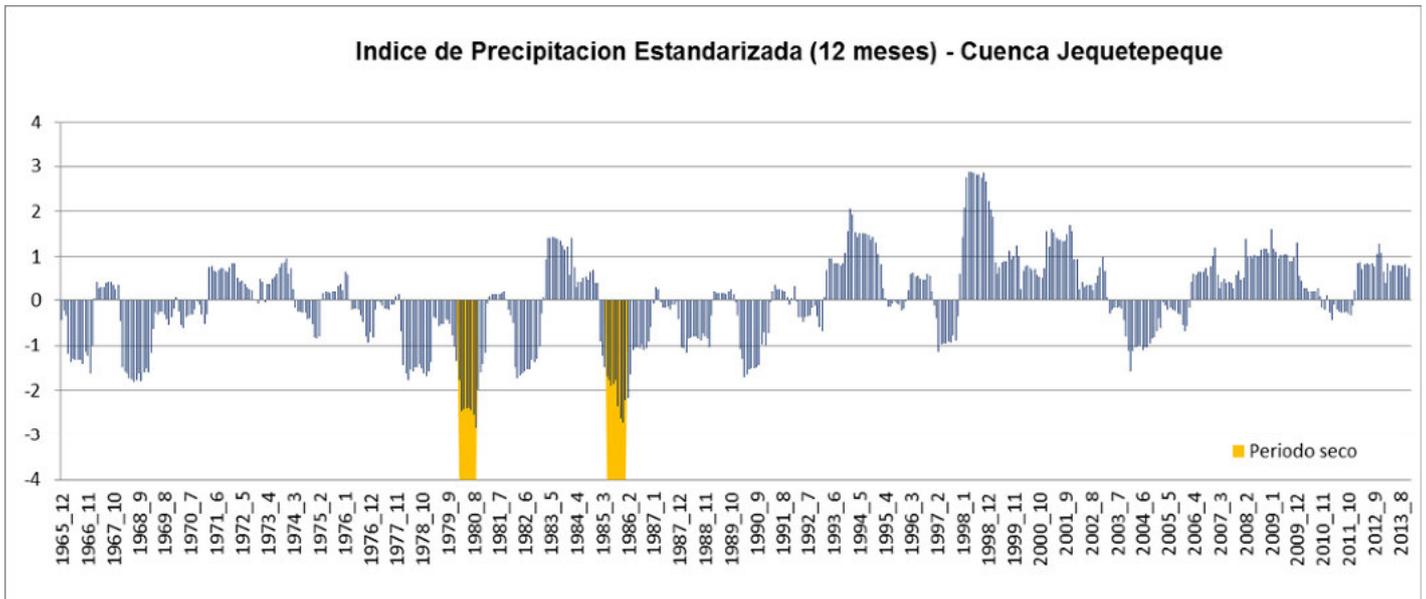
Figura N° 3.96



Cuadro N° 3.73
Cuenca Jequetepeque - SPI 12 meses

VALOR SPI	CATEGORIA DE LA SEQUIA	OCURRENCIA
más de 2	EXTREMADAMENTE HUMEDO	2.3%
1.50 a 1.99	MUY HUMEDO	2.6%
1.00 a 1.49	MODERADAMENTE HUMEDO	8.5%
-0.99 a 0.99	NORMAL	69.0%
-1.00 a -1.49	MODERADAMENTE SECO	8.5%
-1.50 a -1.99	SEVERAMENTE SECO	7.1%
menos de -2	EXTREMADAMENTE SECO	2.1%

Figura N° 3.97



Los resultados del análisis de sequía en la cuenca Jequetepeque, considerando la precipitación mensual, muestra que las precipitaciones en general no están afectadas por sequias extremas salvo los episodios registrados en los años 1979/1980 y 1985/1986, donde se registraron sequias de categoría severamente seco y extremadamente seco, sin embargo su porcentaje de ocurrencia es bajo, de 4.6% y 7.1% para 6 y 12 meses respectivamente y para un periodo de 49 años.

En el análisis de sequias para 6 meses, se puede observar un alto porcentaje de años normales superando el 68% de ocurrencia, asimismo se observan periodos moderadamente húmedos con 11.3% de ocurrencia y años moderadamente secos con 8.7% de ocurrencia, pero en general es posible indicar que la cuenca Jequetepeque presenta condiciones normales para el periodo de análisis (1965-2014).

Respecto al análisis de sequias para 12 meses, se puede observar un alto porcentaje de años normales con 69% de ocurrencia, asimismo se observan periodos moderadamente húmedos con 8.5% de ocurrencia y años moderadamente secos con 8.5% de ocurrencia, en términos generales podemos indicar que la cuenca Jequetepeque presenta condiciones normales.

Para la estimación de los periodos de sequía en la cuenca Jequetepeque, se han utilizado las precipitaciones de las estaciones que influyen directamente en la cuenca húmeda del río Jequetepeque, el cálculo de la precipitación media de la cuenca fue realizado mediante el método de Interpolación espacial Inversa Distancia.

En el cuadro N° 3.77 se muestra la serie de precipitación media mensual en la cuenca Jequetepeque.

3.6.4. Análisis de Años Secos y Húmedos

Las precipitaciones en la cuenca Jequetepeque presentan fluctuaciones en el tiempo, presentándose periodos húmedos y periodos secos que condiciona en muchos casos las actividades antrópicas en la zona, la presencia de estos periodos secos o húmedos está directamente relacionado con anomalías en la precipitación y temperatura superficial del mar.

Los registros anuales de precipitación deben ser extensos y continuos, por este motivo se utilizaron las series extendidas y completadas de las estaciones: Augusto Weberbauer, Chilete, Contumaza, Granja Porcón, Lives, Llapa, Magdalena y Namora, considerando el periodo de análisis 1965-2014.

Dada la aleatoriedad de la variable precipitación media, es necesario clasificar los años hidrológicos húmedos, medios y secos mediante técnicas probabilísticas que determinen rangos para cada uno de estos tres tipos de años en función de sus respectivas probabilidades de no excedencia. Según Pizarro (1986), la literatura hidrológica enuncia que para análisis basados en datos medios la función más adecuada para representar probabilidades de ocurrencia, corresponde a la función de Goodrich, la cual será analizada a continuación.

A. Función de Distribución de Probabilidad de Goodrich

La función de Goodrich, posee la cualidad de eliminar, en el proceso, valores extremos, es decir, aquellos cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña, concentrándose en aquellos valores de mayor probabilidad de ocurrencia. Por lo mismo, consigue suprimir las distorsiones que puede provocar un solo valor anómalo, el cual puede causar un alto grado de variabilidad en la función que se busca obtener (Pizarro et. al., 1993).

Distribución de Goodrich:

$$P(x \leq X) = F(X) = 1 - e^{-a(x-x_1)^{1/p}}$$

Para $X_1 < X \leq \bar{x}$

Los parámetros se determinan a partir del siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{m^3}{s^3} = P(p) \quad ;$$

$$a^{2p} = \frac{1}{s^2} [\Gamma(2p+1) - \Gamma^2(p+1)] \quad ;$$

$$X_1 = \bar{x} - \frac{\Gamma(p+1)}{a^p} \quad ;$$

$$m_3 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^3}{n} \quad ;$$

Donde:

m_3 : Momento central de orden tres.

S_3 : Desviación típica al cubo.

$P(p)$: Función auxiliar de Goodrich.

S_2 : Varianza muestral.

γ : Función Gamma.

\bar{x} : Media muestral.

e : Constante de Neper.

Finalmente, despejando la variable aleatoria x de la función de distribución de probabilidad de Goodrich, se obtiene lo siguiente:

$$x = x_1 + \frac{1}{a^p} [-\ln(1 - F(X))]^p$$

Donde:

x : valor de la variable

p, a y x_1 : Parámetros obtenidos anteriormente.

$F(x)$: Probabilidad de no excedencia asociada al periodo de retorno

B. Medidas de bondad de ajuste

Para definir la calidad del ajuste, es recomendable aplicar el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) y el coeficiente de determinación R^2 . El primero se calcula mediante la obtención del supremo de las diferencias, que consiste en determinar el valor absoluto de la máxima diferencia entre las frecuencias observadas y acumuladas. Esta diferencia se denomina por la letra D_c y su expresión es la siguiente:

$$D_c = \text{Sup} |F_n(X)_i - F(X)_i|$$

Donde:

D_c = Supremo de las Diferencias.

$F_n(X)_i$ = Frecuencia Observada Acumulada.

$F(X)_i$ = Frecuencia Teórica Acumulada.

Una vez obtenido el supremo de las diferencias, se compara con el valor de la tabla Kolmogorov-Smirnov. Si el valor obtenido de tabla (D_t) es mayor que el supremo de las diferencias (D_c), se puede aceptar la hipótesis nula (H_0) que indicaría que se está en presencia de un buen ajuste con el nivel de confianza asumido ($D_t > D_c$).

El coeficiente es un indicador que mide cuál proporción o porcentaje de la variación total de la variable dependiente, es explicada por el modelo de regresión (Gujarati, 1992). Para calcular el Coeficiente de Determinación (R^2) se debe considerar la siguiente ecuación:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (F_n(x)_i - F(x)_i)^2}{\sum (F_n(x)_i - \bar{F}_n(x)_i)^2}$$

Donde:

R^2 : Coeficiente de determinación; $0 \leq R^2 \leq 1$

$\overline{F_n(x)_i}$: Media de las frecuencias observadas acumuladas

$F_n(x)_i$: Frecuencia observada

$F(x)_i$: Frecuencia teórica acumulada

C. Clasificación de años húmedos, medios y secos

A partir de los valores de precipitación total anual para la cuenca alta Jequetepeque se han determinado los parámetros de la función Goodrich p , a y x_1 .

Cuadro N° 3.74

p	0.492
a	3.756E-06
x_1	314.70

De acuerdo a la ecuación, y considerando los parámetros calculados recientemente la frecuencia Teórica queda expresada de la siguiente forma:

$$F(X) = 1 - e^{-0.00000375(x+314.7)^{1/0.492}}$$

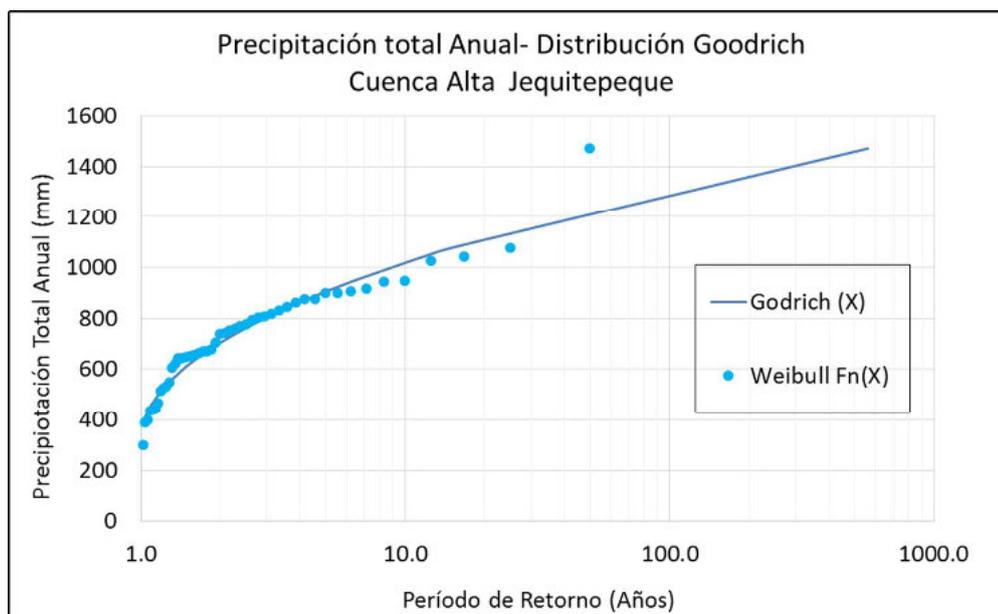
En el cuadro N° 3.71 se presentan los resultados de las pruebas de bondad del ajuste (Test Kolmogorov-Smirnov y Coeficiente de Determinación). Los valores obtenidos de K-S muestran un $D_c=0.11$, menor que el valor $D_t=1.36$, aceptándose la Hipótesis Nula de un buen ajuste a un nivel de confianza de 95% y con un n observado de 49 datos. Para el caso del Coeficiente de Determinación R^2 se presenta un 98%, lo que también indica un buen ajuste del modelo, se concluye que el ajuste de Goodrich es óptimo.

Cuadro N° 3.75

FDP	D_c	D_t	Ajuste K-S	R^2
Goodrich	0.11	1.36	Acepta H_0	0.981

En la Figura N° 3.95 se presenta los valores de la precipitación anual en función de los periodos de retorno asociados a la probabilidad $F(x)$ ($T=1/F(X)$).

Figura N° 3.98



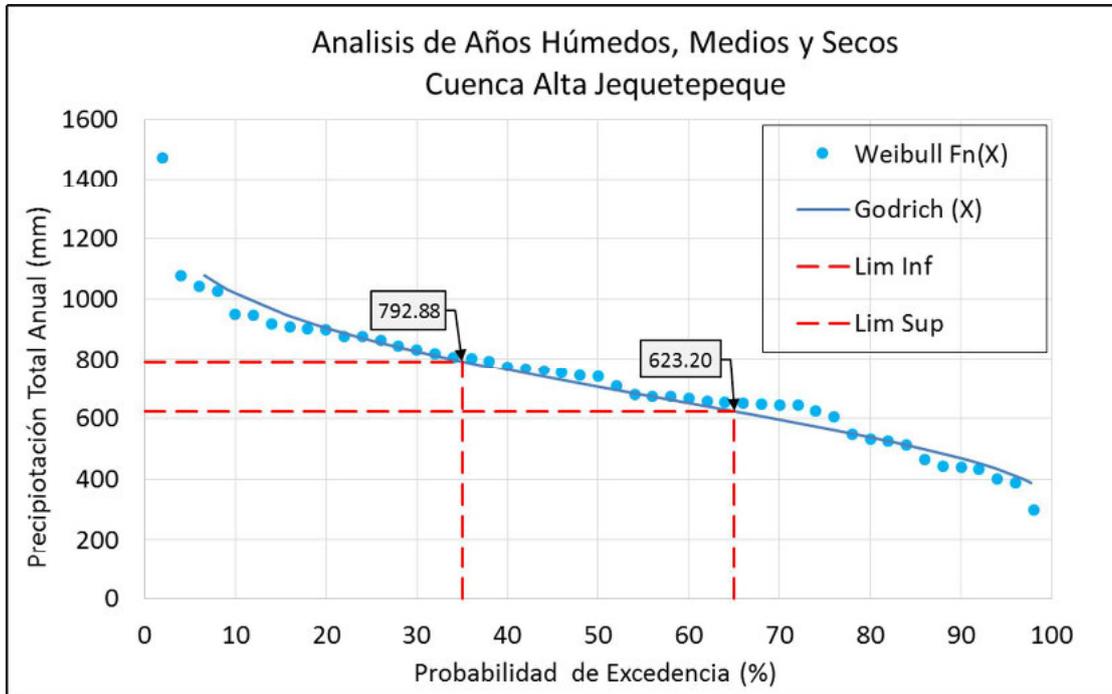
Por otra parte consideraremos como año `seco` aquel con una pluviometría cuya probabilidad de no excedencia es menor de 0.35; año húmedo aquel en que las precipitaciones tienen una probabilidad de excedencia mayor a 0.65 y año medio al comprendido entre ambos extremos. Con estas consideraciones y según la función Goodrich los límites inferiores y superiores son 623.2 y 792.9 mm, respectivamente.

En el Cuadro N° 3.76 y Figura N° 3.99 se muestran los resultados.

Cuadro N° 3.76

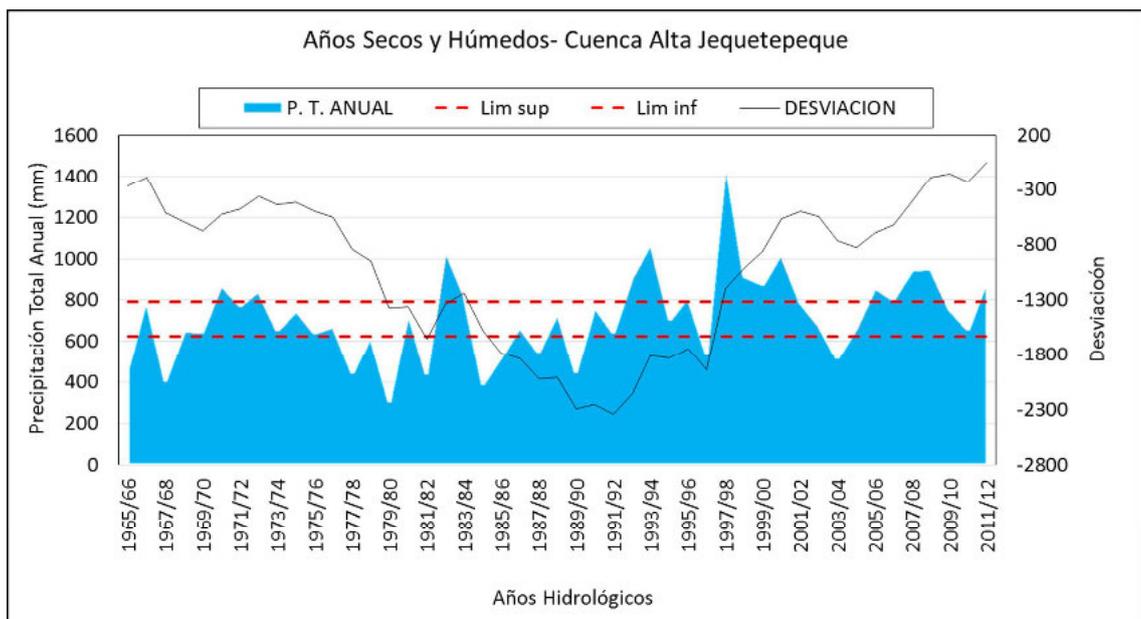
Tipo	T (años)	Prob. no excedencia	Goodrich F(X)	(X) (mm)
Año Seco	1.1	0.1	0.9	469.0
	1.2	0.15	0.85	505.7
	1.3	0.2	0.8	537.9
	1.3	0.25	0.75	567.6
	1.4	0.3	0.7	595.8
Lim. Inf.	1.5	0.35	0.65	623.2
Año Medio	1.7	0.4	0.6	650.2
	1.8	0.45	0.55	677.2
	2.0	0.5	0.5	704.5
	2.2	0.55	0.45	732.7
	2.5	0.6	0.4	761.9
Lim. Sup.	2.9	0.65	0.35	792.9
Año Húmedo	3.3	0.7	0.3	826.2
	4.0	0.75	0.25	863.0
	5.0	0.8	0.2	904.8
	6.7	0.85	0.15	954.5
	10.0	0.9	0.1	1018.4
	20.0	0.95	0.05	1115.7

Figura N° 3.99



En el Figura N° 3.100 se presenta, los valores de precipitación anual, el valor medio de la serie y la curva de desviaciones acumuladas, realizada a partir de la información pluviométrica en la cuenca Jequetepeque.

Figura N°
3.100



La evolución histórica de los años húmedos y secos se presenta de manera diferenciada en todo el territorio de la cuenca Jequetepeque. Respecto a los años húmedos, se puede observar que los picos máximos se presentan en los años 1982/83 y 1997/98, que corresponden a la ocurrencia del Fenómeno el Niño.

El periodo analizado fue de 49 años (1965 - 2014) y considerando el cuadro generado de precipitación total mensual, se han detectado 18 años húmedos, 13 años secos y 18 años normales, con lo cual se evidencia que se tiene una mayor ocurrencia de periodos húmedos y normales en la cuenca Jequetepeque, en el cuadro siguiente se presenta la distribución de años secos y húmedos para el periodo considerado., mientras que en la Figura N° 3.101 la distribución espacial de la precipitación para un año seco.

Cuadro N° 3.77
Precipitación Total Mensual - Años Húmedos y Secos
Cuenca Alta Jequetepeque

AÑO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL	MEDIA	DIFERENCIA	DESVIACION	AÑO TIPO
1965/66	33.7	52.9	31.5	60.9	77.8	60.9	51.7	60.7	26.4	3.6	2.0	4.1	466.2	728.4	-262.2	-262.2	SECO
1966/67	18.3	99.6	29.4	16.7	185.2	224.0	133.9	30.7	37.1	3.9	17.5	10.4	806.7	728.4	78.3	-183.8	HUMEDO
1967/68	15.6	87.4	9.0	31.2	37.7	63.1	90.0	25.5	18.8	0.4	4.7	16.3	399.7	728.4	-328.7	-512.5	SECO
1968/69	38.3	69.7	45.5	55.9	46.9	105.6	157.1	95.8	8.9	15.0	3.1	7.3	649.1	728.4	-79.3	-591.7	MEDIO
1969/70	10.7	52.0	80.6	98.0	89.3	52.8	86.9	87.2	52.4	23.6	4.6	7.6	645.7	728.4	-82.7	-674.4	MEDIO
1970/71	32.7	91.1	66.7	62.4	57.7	84.6	309.7	92.1	27.7	18.0	17.1	17.1	876.9	728.4	148.5	-525.8	HUMEDO
1971/72	32.3	76.3	54.2	80.2	64.2	94.9	252.4	74.3	31.3	5.4	1.1	8.9	775.5	728.4	47.1	-478.7	MEDIO
1972/73	27.6	21.4	54.7	66.5	165.8	89.6	155.8	167.0	31.1	29.6	11.1	25.1	845.3	728.4	116.9	-361.7	HUMEDO
1973/74	63.4	42.5	54.0	77.6	74.8	124.9	68.2	76.2	12.7	29.5	6.7	23.4	653.9	728.4	-74.5	-436.2	MEDIO
1974/75	32.9	50.2	33.6	38.1	85.4	121.3	206.1	103.7	28.1	17.2	5.3	30.5	752.4	728.4	24.0	-412.2	MEDIO
1975/76	35.3	83.3	41.2	6.7	153.5	116.1	92.5	61.9	31.4	17.6	0.9	2.5	642.9	728.4	-85.5	-497.6	MEDIO
1976/77	4.7	28.8	25.4	52.9	149.0	209.9	118.3	59.8	16.5	3.9	1.4	0.3	670.9	728.4	-57.5	-555.1	MEDIO
1977/78	23.9	31.9	60.8	59.8	18.2	85.8	64.3	39.5	48.0	0.3	9.4	0.3	442.2	728.4	-286.2	-841.2	SECO
1978/79	34.9	25.0	52.0	65.3	54.3	98.8	208.2	34.2	17.5	4.5	8.1	19.9	622.7	728.4	-105.7	-946.9	SECO
1979/80	33.9	9.2	13.8	34.5	23.5	28.9	88.1	39.4	17.6	4.5	1.1	5.0	299.5	728.4	-428.9	-1375.7	SECO
1980/81	1.6	116.9	77.1	74.0	77.2	197.1	117.6	46.4	19.1	3.5	2.5	9.6	742.6	728.4	14.2	-1361.5	MEDIO
1981/82	8.2	81.1	35.8	54.1	53.7	43.7	53.8	55.6	22.7	10.4	7.2	8.0	434.3	728.4	-294.1	-1655.5	SECO
1982/83	39.4	80.7	54.8	107.4	181.0	106.1	248.1	175.6	30.3	15.6	2.6	0.9	1042.5	728.4	314.1	-1341.4	HUMEDO
1983/84	27.6	43.7	26.6	107.6	31.6	289.7	123.3	80.4	54.7	14.6	25.3	6.3	831.4	728.4	103.0	-1238.3	HUMEDO
1984/85	13.2	79.5	36.4	38.1	26.9	61.6	48.6	42.9	23.9	3.2	4.2	9.3	387.8	728.4	-340.6	-1578.9	SECO
1985/86	25.2	13.2	12.5	44.9	110.2	50.4	86.1	123.2	35.6	0.0	0.8	23.1	525.2	728.4	-203.2	-1782.1	SECO
1986/87	2.5	24.9	45.3	107.2	204.6	120.8	80.4	56.1	11.8	0.4	5.5	12.0	671.5	728.4	-56.9	-1838.9	MEDIO
1987/88	21.5	25.7	59.9	35.7	119.2	106.1	40.6	113.1	11.9	6.9	2.2	3.9	546.7	728.4	-181.7	-2020.6	SECO
1988/89	12.7	57.6	55.5	35.5	103.6	207.3	137.7	106.9	13.3	7.2	0.3	2.0	739.6	728.4	11.2	-2009.3	MEDIO
1989/90	27.4	75.8	21.8	1.2	59.2	81.6	80.2	47.4	20.1	24.4	0.8	0.7	440.6	728.4	-287.8	-2297.1	SECO
1990/91	28.4	90.6	102.4	53.0	28.7	112.6	194.1	95.9	60.2	3.2	0.0	0.0	769.1	728.4	40.7	-2256.3	MEDIO
1991/92	16.2	59.8	68.4	81.8	85.9	46.1	119.8	93.6	39.9	25.2	0.4	5.5	642.6	728.4	-85.8	-2342.1	MEDIO
1992/93	50.6	71.0	25.3	42.0	83.3	166.7	262.6	153.3	43.6	3.3	2.2	4.2	908.1	728.4	179.7	-2162.3	HUMEDO
1993/94	39.0	80.3	67.4	142.9	158.1	167.3	218.7	123.9	69.4	6.9	1.0	3.4	1078.3	728.4	349.9	-1812.4	HUMEDO
1994/95	26.9	45.2	74.0	90.5	83.2	136.3	117.2	66.9	33.3	6.4	13.9	12.4	706.2	728.4	-22.2	-1834.6	MEDIO
1995/96	19.3	43.3	47.1	102.6	112.4	190.0	200.8	68.7	16.2	10.7	0.4	6.9	818.4	728.4	90.0	-1744.5	HUMEDO
1996/97	17.4	75.1	30.1	23.7	52.5	140.2	58.3	96.7	19.7	10.7	5.8	2.5	532.7	728.4	-195.7	-1940.2	SECO
1997/98	43.1	60.4	128.7	214.4	204.8	318.2	322.5	139.4	30.5	4.6	0.6	5.1	1472.3	728.4	743.9	-1196.2	HUMEDO
1998/99	21.5	75.8	36.3	51.6	112.3	309.9	121.4	75.0	68.4	31.7	10.7	1.8	916.4	728.4	188.0	-1008.2	HUMEDO
1999/00	79.3	27.0	47.1	85.1	44.9	175.7	215.4	101.4	72.9	17.5	0.8	9.3	876.4	728.4	148.0	-860.1	HUMEDO
2000/01	43.9	14.4	38.7	128.1	196.6	119.9	352.9	82.1	40.3	4.9	4.4	0.1	1026.3	728.4	297.9	-562.2	HUMEDO
2001/02	51.4	49.9	73.5	70.0	37.5	134.8	221.4	120.2	15.7	12.0	5.1	0.8	792.3	728.4	63.9	-498.2	MEDIO
2002/03	23.6	83.5	104.9	105.2	70.3	81.5	100.0	48.5	30.6	22.0	5.0	4.3	679.4	728.4	-49.0	-547.2	MEDIO
2003/04	18.2	32.9	47.9	60.9	24.7	129.5	90.5	53.6	33.7	3.3	12.4	5.4	513.0	728.4	-215.4	-762.5	SECO
2004/05	31.8	58.6	56.3	90.3	82.3	85.9	188.1	40.8	17.5	9.6	0.2	3.2	664.6	728.4	-63.8	-826.3	MEDIO
2005/06	16.5	56.3	18.1	72.9	110.8	149.2	306.1	85.0	14.8	21.9	2.2	8.2	862.0	728.4	133.6	-692.7	HUMEDO
2006/07	34.2	12.8	65.3	109.0	131.1	39.7	249.6	117.9	28.9	1.2	7.8	5.5	803.0	728.4	74.6	-618.0	HUMEDO
2007/08	7.5	77.9	79.9	60.0	128.2	230.7	188.1	121.2	24.2	16.2	3.6	7.8	945.3	728.4	216.9	-401.1	HUMEDO
2008/09	39.5	77.7	72.8	21.8	217.4	155.6	205.0	83.4	48.1	13.6	9.1	4.3	948.3	728.4	219.9	-181.1	HUMEDO
2009/10	8.3	74.3	89.9	79.6	46.1	142.8	176.9	84.1	31.5	10.7	10.8	5.9	760.9	728.4	32.5	-148.6	MEDIO
2010/11	21.1	28.9	41.1	72.8	103.1	77.4	134.3	152.9	9.9	3.5	6.3	5.2	656.5	728.4	-71.9	-220.4	MEDIO
2011/12	22.6	23.6	35.7	116.9	171.7	201.1	155.6	113.5	42.7	8.0	0.0	9.6	901.0	728.4	172.6	-47.8	HUMEDO
2012/13	11.8	81.0	82.7	52.3	69.8	163.9	268.0	70.2	75.4	8.3	4.8	10.2	898.4	728.4	170.0	122.3	HUMEDO
2013/14	6.2	89.2	10.2	85.8	66.3	88.0	150.5	57.8	44.6	2.6	2.7	2.2	606.1	728.4	-122.3	0.0	SECO
MEDIA	26.4	57.3	51.5	69.9	95.4	130.4	157.5	84.5	31.9	10.6	5.2	7.7	728.4				
D. EST.	15.6	26.9	26.0	37.9	55.1	68.6	80.5	36.6	17.2	8.6	5.3	7.0					

Figura N° 3.101

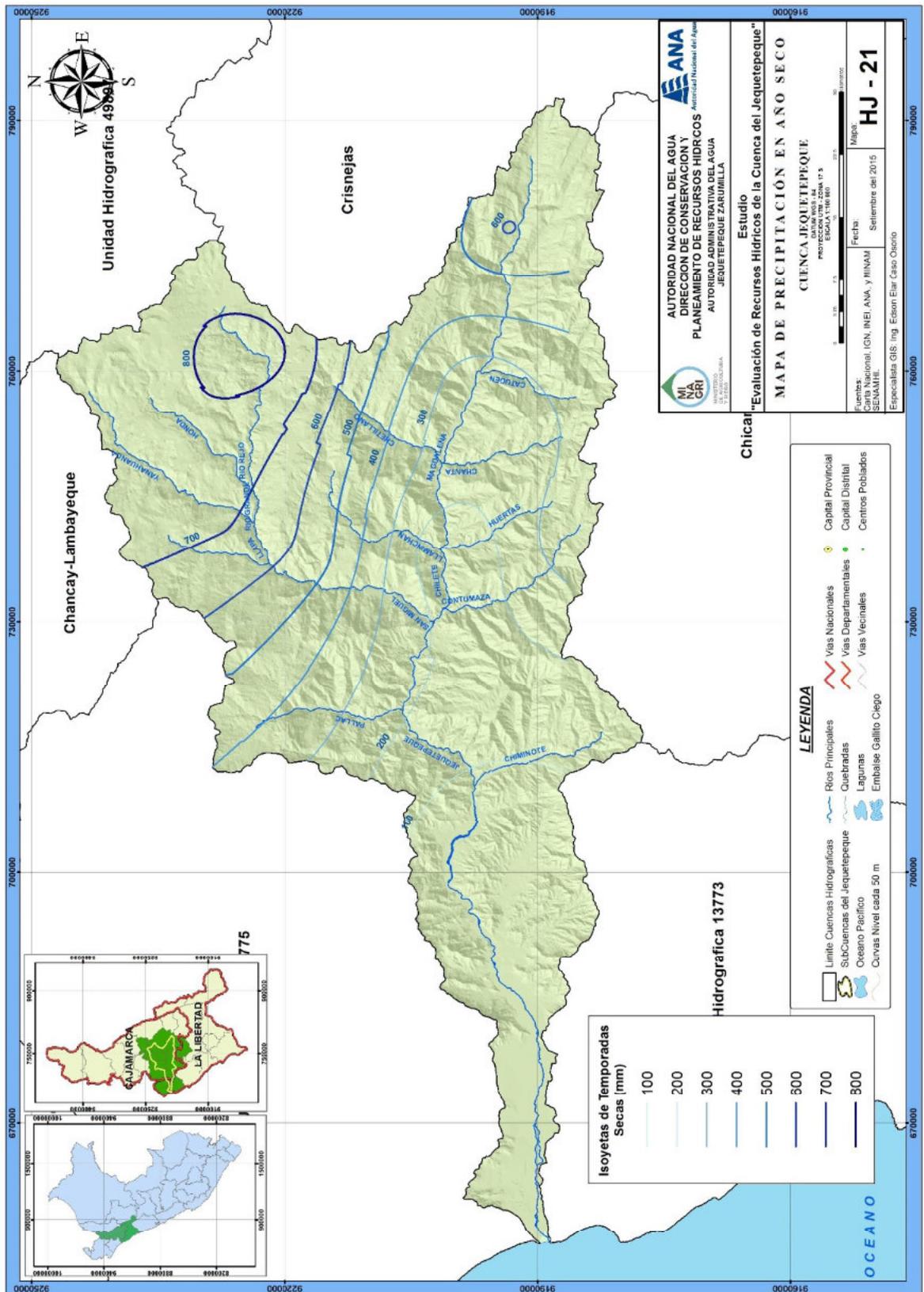
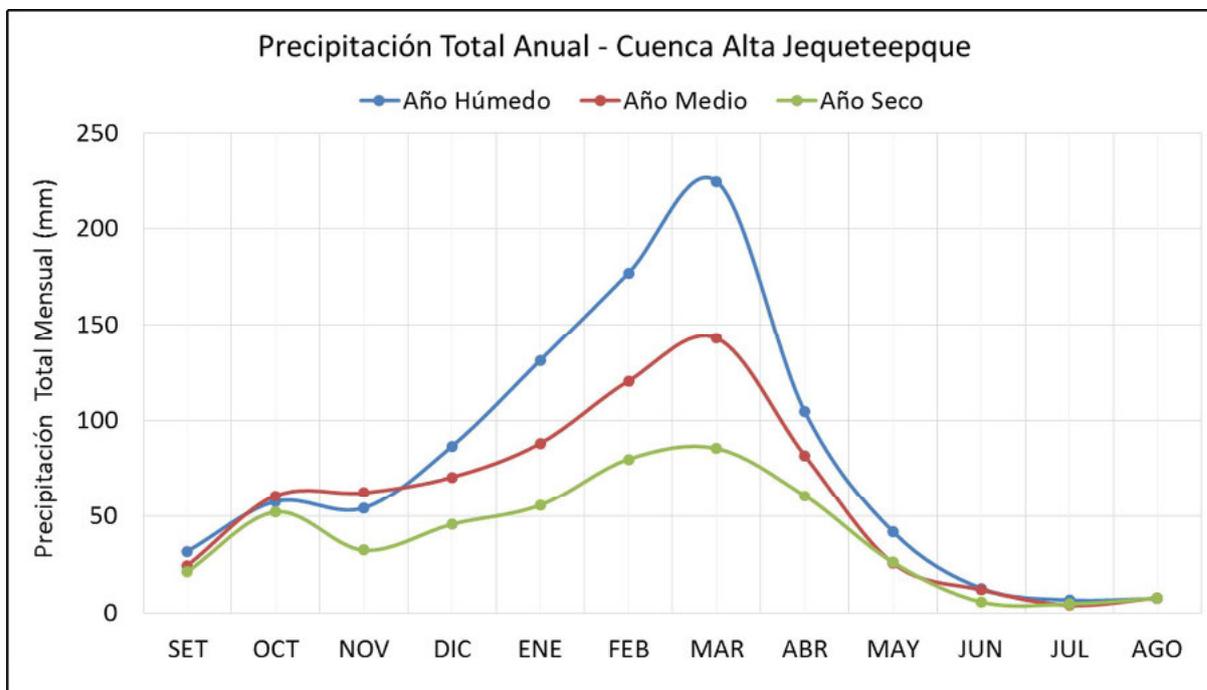


Figura N° 3.102



3.7. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL

El Inventario de Fuentes Naturales de Agua Superficial, en la cuenca del río Jequetepeque, se encuentra concluida la etapa de campo y gabinete, también se ha elaborado la base de datos del total de fuentes de aguas superficiales en toda la cuenca Jequetepeque, como productos se tienen; fichas impresas de las fuentes hídricas, base cartográfica en sistema de información geográfica, archivos digitales de las fuentes hídricas en formato shapefile de ríos, lagunas y manantiales.

De todo lo evaluado, se ha realizado un resumen donde se muestra el número de fuentes de agua inventariados que vienen a ser un total de 6 081 fuentes hídricas comprendiendo; ríos, quebradas, manantiales, lagunas y humedales. Es importante resaltar el gran número de manantiales identificados (4 635) que se concentran principalmente en la subcuenca del río San Miguel, en el Cuadro N° 3.78 se presenta el resumen del inventario.

Cuadro N° 3.78
Resumen de Inventario de las Fuentes Naturales de Agua Superficial en la cuenca Jequetepeque

CÓDIGO PFAFSTETTER	UNIDAD HIDROGRAFICA	ÁREA (Km ²)	FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL						TOTAL
			Manantial	Lagunas		Bofedales	Ríos	Quebradas	
				Natural	Represada				
137741	Bajo Jequetepeque	660.50	---	---	1	---	1	63	65
137742	Chauisis	205.95	24	---	---	2	---	23	49
137743	Medio Bajo Jequetepeque	153.30	---	---	---	---	1	9	10
137744	Pallac	236.89	84	---	---	7	1	43	135
137745	Medio Jequetepeque	144.34	---	---	---	---	1	11	12
137746	Contumaza	187.68	148	---	---	2	1	44	195
137747	Medio Alto Jequetepeque	3.60	---	---	---	---	1	---	1
137748	San Miguel	1041.93	3,153	497	---	52	2	481	4,185
137749	Alto Jequetepeque	1322.25	1,226	6	---	35	2	160	1,429
TOTAL CUENCA RIO JEQUETEPEQUE		3956.44	4,635	503	1	98	10	834	6,081

También se ha clasificado las fuentes hídricas superficiales de acuerdo al uso actual, en el Cuadro N° 3.79 se presenta el resumen del inventario respecto al uso actual, al respecto podemos observar que el uso agrario representa el mayor porcentaje seguido del uso pecuario. En el Anexo 01 - Recursos Naturales se presenta el reporte final del Inventario de Fuentes Naturales de Agua Superficial.

Cuadro N° 3.79
Resumen de Uso Actual de las Fuentes Naturales de Agua Superficial

CÓDIGO PFAFSTETTER	UNIDAD HIDROGRAFICA	ÁREA (Km ²)	TIPO DE USOS											TOTAL	
			AG	PE	AG/PE	PO	AG/PO	MI	PO/AG/PE	PO/PE	PR	ID	S/U		
137741	Bajo Jequetepeque	660.50	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	63	65
137742	Chauisis	205.95	17	---	8	3	---	---	2	---	---	---	---	19	49
137743	Medio Bajo Jequetepeque	153.30	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9	10
137744	Pallac	236.89	119	---	---	15	---	---	---	---	---	---	---	1	135
137745	Medio Jequetepeque	144.34	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	11	12
137746	Contumaza	187.68	48	33	60	5	---	---	12	---	1	---	---	36	195
137747	Medio Alto Jequetepeque	3.60	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1
137748	San Miguel	1041.93	2,952	400	153	74	311	14	2	---	---	6	273	4,185	
137749	Alto Jequetepeque	1322.25	678	221	239	104	101	---	18	5	---	13	50	1,429	
TOTAL CUENCA RIO JEQUETEPEQUE		3956.44	3,819	654	460	201	412	14	34	5	1	19	462	6,081	

Tipo de uso: AG=agrario, PE=pecuario, PO=poblacional, AG/PO=agrícola poblacional,

MI=minero, PO/AG/PE=poblacional agrícola pecuario, PR=productivo, ID=industrial, S/U=sin uso.

IV. DEMANDAS EXISTENTES

En este Capítulo se describe la infraestructura de aprovechamiento hídrico en el Sistema Hidráulico Jequetepeque Regulado y no Regulado (cuenca alta de Jequetepeque), tomando como referencia información existente en: el Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas del Sistema Hidráulico Jequetepeque 2015-2016 (aprobado con Resolución Directoral N° 4226-2015-ANA-AAA JZ-V) y el informe final 'Propuesta de Asignación de Agua en Bloque para la Formalización de los Derechos de Uso de Agua en el Valle Alto Jequetepeque' perteneciente al Programa de Formalización Derechos de Uso de Agua en el Valle Alto Jequetepeque 2006.

La demanda hídrica superficial en la cuenca del río Jequetepeque está representada en forma relevante por las demandas hídricas para riego y en menor medida las demandas poblacionales e industriales.

4.1. Infraestructura Hidráulica Principal del Sistema Hidráulico Jequetepeque Regulado

4.1.1. Presa Gallito Ciego

Es la estructura principal del Proyecto Jequetepeque - Zaña y está constituido por un dique de tierra de 105 m de altura, con una longitud en su corona de 797 m que cierra el río Jequetepeque y forma un almacenamiento actual 533.53 hm³. Dispone de una estructura de captación en su estribo derecho conformada por un carril y casa de máquinas, reja móvil y compuerta vagón así como sus dispositivos de izaje o de funcionamiento, conducto - túnel, estructura de descarga conformada por dos válvulas de emergencia tipo mariposa y dos válvulas de servicio Howell Bungler (capacidad de máxima descarga es de 70.00 m³/s cada una) con sus correspondientes estructuraciones electromecánicas para el cierre o apertura; además presenta un aliviadero de crecidas con un caudal de diseño de 1,630 m³/s.

- **Niveles y volúmenes según Batimetría 2013.**

- Nivel máximo de Operación normal 404.00 msnm : 440.39 hm³.
- Nivel mínimo de Operación normal 361.00 msnm : 73.79 hm³.
- Nivel máximo en crecidas: 410.30 msnm : 533.54 hm³.
- Volumen inactivo (308.00 - 361.00 msnm) : 73.79 hm³.
- Volumen útil (361.00 - 404.00 msnm) : 366.60 hm³.
- Volumen sobreelevación en crecidas (404.00 - 410.30) : 93.15 hm³.
- Volumen total (308.00 - 410.30 msnm) : 533.54 hm³.
- Volumen de reserva técnica (361.00 - 380.60 msnm) : 113.40 hm³.

Figura N° 4.1 Niveles y volúmenes según Batimetría 2013

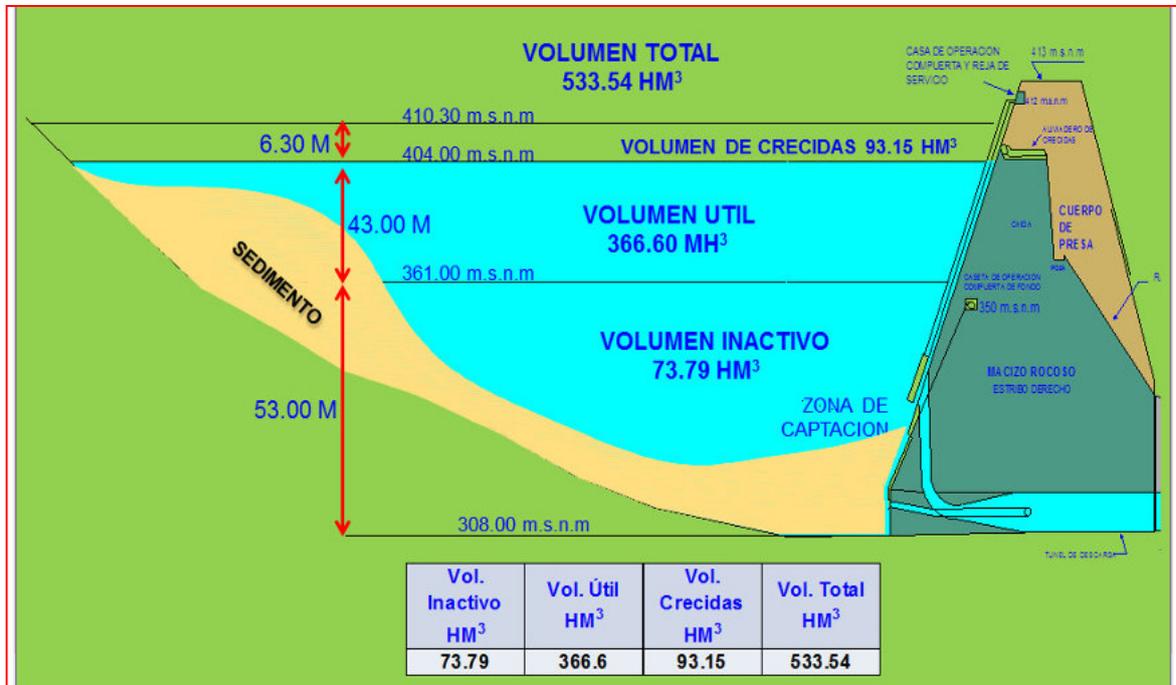
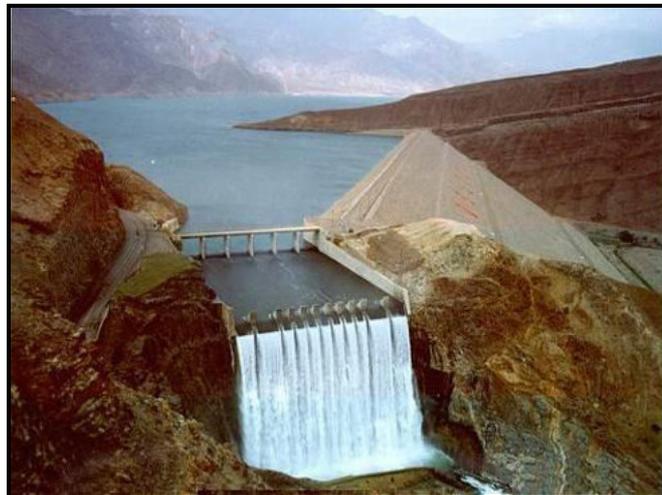


Figura N° 4.2 Presa y Vertedero de Crecidas en operación.



4.1.2. Instalaciones de Servicio

- Mini central

La Mini central Gallito Ciego es una estructura de servicio que genera y abastece de energía eléctrica a los equipos hidromecánicos de la Presa y las instalaciones del campamento Gallito Ciego, de 220 kW de potencia.

- Planta térmica

La planta térmica es una estructura de servicio donde se ha instalado 02 grupos electrógenos con sus respectivos tableros de protección y control para el buen suministro de energía eléctrica: Grupo Electrónico (Cummins/Siemens), Potencia (440 kW, 380/220), Frecuencia (60 Hz), Grupo Electrónico (Perkins/Algesa), Potencia (50kw, 380/220), N° de Motor (AD 127364 SLL), Modelo (A415D) y Frecuencia (60 Hz).

4.1.3. Bocatoma Talambo Zaña

Conformada en concreto armado e instalaciones electromecánicas de regulación, por una esclusa de captación y limpieza mediante 12 compuertas y dispositivos de operación y mantenimiento e instalaciones auxiliares, con una capacidad de 88 m³/s tanto para los canales principales Talambo Zaña, Empalme Guadalupe y las tomas ubicadas en la margen izquierda aguas abajo de la bocatoma.

Figura N° 4.4 Estructura de Entrega Canal Talambo Zaña y Canal Guadalupe.



4.1.4. Bocatoma Jequetepeque

Permite la captación de 2.60 m³/s para el riego de 2,000.00 ha del sub sector hidráulico Jequetepeque, Está compuesto por las obras de captación, barraje fijo mixto de 186 metros de longitud con una capacidad de tránsito de avenidas del río Jequetepeque en esta sección de 500 m³/s.

Figura 4.5 - Zona de Captación y Derivación de Bocatoma Jequetepeque.



4.1.5. Canales de derivación

Está constituido por un total de 159.24 km de conducción entre canales revestidos y no revestidos, los más importantes por su capacidad máxima de derivación y extensión son: canal derivador Talambo Zaña (31.315 km y 34.55 m³/s), canal derivador empalme Guadalupe (12.665 km y 31 m³/s) y canal derivador San Pedro- San José (25.03 km y 9.5 m³/s).

Figura N° 4.6 Entrega de Bocatoma Talambo - Zaña al Canal Talambo Zaña



Cuadro N° 4.1 Canales de Derivación.

CANALES DE DERIVACIÓN											
N°	Nombre del canal / Tunnel	Caudal máximo de diseño	Coordenadas UTM del inicio			Coordenadas UTM del final			Longitud del canal		
			Este (m)	Norte (m)	Zona	Este (m)	Norte (m)	Zona	Revestido (km)	Sin Revestir (km)	Total (km)
1	TUNEL DE	45.00	697236	9199724	17 S	697248	9199550	17 S	0.11		0.11
2	GALLITO	0.05	697217	9199609	17 S	695752	9198118	17 S	3.12		3.12
3	CASA DE TORTA	0.15	696814	9199112	17 S	694894	9198091	17 S	3.8		3.80
4	LAS VARAS	0.20	696728	9198718	17 S	696065	9197457	17 S		1.85	1.85
5	LA ISLA	0.05	695586	9197802	17 S	695165	9197876	17 S		0.75	0.75
6	PAY PAY	0.15	695293	9198161	17 S	693191	9197046	17 S	3.8		3.80
7	EL LIMON	0.03	694283	9197032	17 S	693832	9196948	17 S		0.51	0.51
8	LAMPADEN	0.03	693053	9196960	17 S	692592	9196732	17 S		1.10	1.10
9	VENTANILLAS ALTO	1.00	694948	9197718	17 S	689328	9193938	17 S	8.77		8.77
10	VENTANILLAS BAJO	0.10	693561	9196993	17 S	693351	9196879	17 S		2.31	2.31
11	EL CHISCO	0.02	691254	9195509	17 S	690317	9195188	17 S		1.10	1.10
12	TOLON	1.80	691278	9195502	17 S	690169	9194996	17 S		15.83	15.83
13	ZAPOTAL	0.60	690404	9195248	17 S	689109	9195590	17 S		4.20	4.20
14	HUABAL	2.01	688316	9195044	17 S	686660	9194738	17 S		9.98	9.98
15	REUBICADOS	0.10	686124	9193749	17 S	693118	9196951	17 S		0.64	0.64
16	TEPACA	1.89	680336	680336	17 S	678387	9188821	17 S		2.27	2.27
17	MACILLO	0.60	661772	9190152	17 S	657644	9190875	17 S		3.60	3.60
18	PELLEJITO	0.60	659554	9190326	17 S	658626	9190638	17 S		1.30	1.30
19	EL BEN	0.30	656789	9189991	17 S	656086	9189766	17 S		0.78	0.78
20	JEQUETEPEQUE	2.50	668115	9190021	17 S	667689	9189931	17 S	13.24		13.24
21	SEGUNDA TOMA DE	0.11	662662	9190220	17 S	660491	9189337	17 S		2.14	2.14
22	SAN PEDRO- SAN	9.50	679952	9190040	17 S	674959	9187580	17 S		25.03	25.03
23	TALAMBO ZAÑA	34.55	684280	9191770	17 S	674468	9213007	17 S	31.3		31.30
24	GUADALUPE	20.00	684280	9191770	17 S	670613	9200718	17 S	1.91	19.80	21.71
										Total	159.24

4.1.6. Sistema de Drenaje

El valle Jequetepeque presenta un sistema de drenes de una longitud aproximadamente de 65.02 km, que se ubican en la parte baja del valle, Zona Nor-Oeste, que abarca gran parte del sub sector hidráulico Pacanga, parte del área del sub sector hidráulico Talambo (Comunidad Campesina de Chépén), extendiéndose también en los sub sectores hidráulicos de Guadalupe y Pueblo Nuevo-Santa Rosa, y Zona Sur-Oeste, que incluye los sub sectores hidráulicos de San Pedro y Jequetepeque, extendiéndose en un área total de influencia de aproximadamente de 9,221.00 ha, ver cuadro 02.

Cuadro N° 4.2 Sistema de drenes colectores.

SISTEMA DE DRENAJE										
N°	Nombre del Dren	Coordenadas UTM del inicio			Coordenadas UTM del final			Categoría	Caudal máximo de diseño (m ³ /s)	Longitud (Km)
		Este (m)	Norte (m)	Zona (m)	Este (m)	Norte (m)	Zona (m)			
1	Dren Colector I-I	656440	9209972	17S	669839	9210225	17S	Principal	6.5	15.71
2	Dren Colector El Milagro	656990	9176105	17S	660771	9179576	17S	Principal	4.2	5.46
3	Dren Colector Santa Elena	659149	9172262	17S	660524	9175504	17S	Principal	5.1	4.2
4	Dren Colector Jequetepeque	655787	9187426	17S	658978	9188785	17S	Principal	5.7	4.35

Figura N° 4.7 Drenes Principales



4.2. Demanda de Agua en el Sistema Hidráulico Jequetepeque Regulado

La determinación del uso y demanda del agua en el sistema hidráulico Jequetepeque regulado tiene como principal objetivo la determinación del balance hídrico con énfasis en el consumo de agua con fines agrícolas.

Las clases de usos que tenemos en el sector hidráulico Jequetepeque regulado son: primario, poblacional y productivo; en lo referente al tipo de uso productivo el agrario.

Cuadro N° 4.3 Demanda bruta de agua por clase y tipos.

DEMANDA DE AGUA		VOLUMEN DE AGUA (hm ³)												VOLUMEN TOTAL (hm ³)
		2015					2016							
CLASE	TIPO	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
USO POBLACIONAL		0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	0.536	0.484	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	6.308
USO PRIMARIO		0.67	0.648	0.67	0.648	0.67	0.67	0.605	0.67	0.648	0.67	0.648	0.67	7.887
USO PRODUCTIVO		30.83	25.418	25.024	61.939	108.45	136.96	121.29	90.747	46.736	14.85	14.212	13.85	690.303
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	AGRARIO	1.778	1.692	1.778	2.21	3.118	3.118	2.729	3.118	2.21	1.778	1.692	1.778	26.999
VOLUMEN TOTAL SECTOR HIDRAULICO (hm ³)		33.814	28.276	28.008	65.315	112.77	141.28	125.11	95.071	50.112	17.834	17.07	16.834	731.497
CAUDAL PROMEDIO POR SUB SECTOR HIDRAULICO (m ³ /s)		12.625	10.909	10.457	25.199	42.105	52.749	51.715	35.495	19.333	6.658	6.586	6.285	

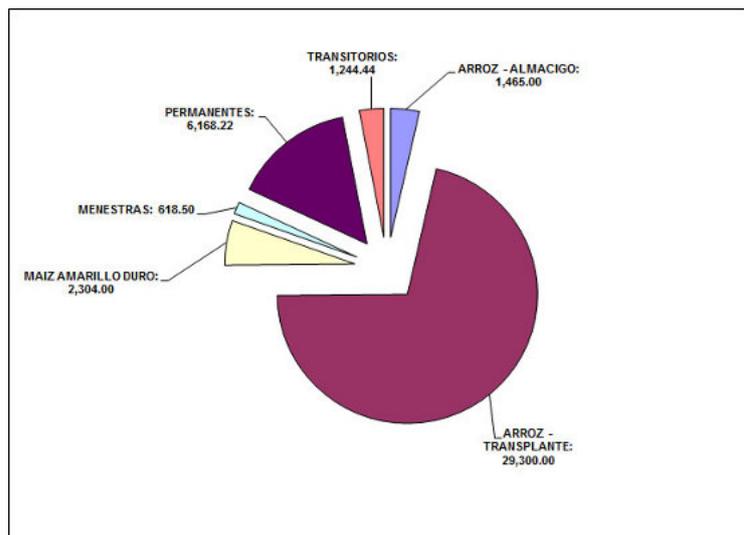
4.2.1. Áreas bajo riego y Cedula de cultivos

El área total de cultivos programada para la campaña grande 2015-2016 es de 39,635.16 ha, según detalle en el Cuadro N° 4.4. Así mismo se ha optado por considerar como cedula de cultivo representativa la correspondiente a la campaña grande 2015- 2016.

Cuadro N° 4.4 Áreas Aprobadas de los cultivos para la Campaña Grande 2015-2016, a nivel de Sector Hidráulico.

CULTIVOS	AREA APROBADA (ha)	%
ARROZ- ALMACIGO	1,465.00	3.70
ARROZ- TRANSPLANTE	29,300.00	73.92
MAIZ AMARILLO DURO	2,304.00	5.81
MENESTRAS	618.50	1.56
PERMANENTES	6,168.22	15.56
TRANSITORIOS	1,244.44	3.14
TOTAL	39,635.16	100.00

Figura N° 4.8 Áreas de cultivos para la Campaña Grande 2015-2016.



La Campaña Grande 2015-2016 se encuentra enmarcada dentro del año hidrológico 2015-2016 (Agosto-Julio), iniciándose en setiembre del 2015 a julio del 2016, la instalación de los cultivos se iniciará del 15 de setiembre del 2015 al 30 de abril del 2016.

La instalación de almácigos del cultivo de arroz con agua de filtraciones se iniciará a partir del 15 de setiembre del 2015 y con agua directa de la Presa Gallito Ciego a partir del 01 de octubre al 31 de diciembre del 2015.

Las instalaciones en campo definitivo del cultivo de arroz (trasplante) con agua directa de la Presa Gallito Ciego, se iniciara a partir del 01 de noviembre del 2015 al 28 de febrero del 2016.

Las instalaciones del cultivo de maíz amarillo duro, menestras y cultivos transitorios se instalaran en el mes de diciembre 2015 en pequeñas áreas y desde los meses de marzo - abril del 2016 la mayor área, las instalaciones del cultivo de algodón en el mes de noviembre y diciembre del 2015; el inicio de los cultivos permanentes instalados será desde el mes de enero del 2016.

Además es de mencionar que para esta Campaña Grande 2015-2016, se tomaran en cuenta los cultivos de maíz amarillo duro, menestras, transitorios y permanentes que han sido instalados en la Campaña Agrícola anterior 2014-2015, dichas áreas proseguirán su riego de agosto a diciembre del 2015.

4.2.2. Demanda Bruta de Agua por sector Hidráulico

La Demanda de Agua del Sector Hidráulico para todos los usos es de 731.494 hm³, ver cuadro N° 4.6.

Cuadro N° 4.5 Áreas con cultivos instalados y programados

NOMBRE DEL CULTIVO	MESES											
	2015					2016						
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Arroz Trasplante	-	-	-	8,790.00	20,510.00	29,300.00	29,300.00	20,510.00	8,790.00	-	-	-
Arroz - Siembra Directa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maíz Amarillo Duro	8,808.85	7,608.87	6,180.87	189.36	302.00	302.00	302.00	1,372.00	2,272.00	1,970.00	1,970.00	1,970.00
Maíz Blanco	56.11	51.86	22.14	-	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	-	-	-
Frijol	52.35	1.50	-	-	27.00	27.00	227.00	260.00	260.00	60.00	-	-
Loc - Tao	117.00	14.00	-	-	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-
Chile	15.95	-	-	-	47.00	47.00	47.00	10.00	10.00	10.00	-	-
Lenteja	5.50	-	-	-	59.50	59.50	59.50	208.00	208.00	208.00	-	-
Arveja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mani	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-
Pallar Bebe	8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Algodón	-	-	-	676.00	676.00	676.00	676.00	676.00	-	-	-	-
Higuerrilla	2.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yuca	81.01	74.01	41.92	41.92	82.92	43.00	43.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00
Tomate	2.66	1.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cebolla	123.57	118.76	105.34	1.41	30.00	30.00	30.00	45.00	45.00	15.00	15.00	15.00
Aji Escabeche	2.96	2.96	2.96	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
Pimiento Paprika	52.35	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pimiento Morron	2.30	230.24	229.24	227.94	227.94	227.94	227.94	-	-	-	-	-
Pimiento Piquillo	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	-	-	-	-	-	-
Chia	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ajo	7.36	5.36	3.86	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-
Camote	17.28	-	-	-	3.50	3.50	3.50	-	-	-	-	-
Hortalizas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sandía	51.26	51.26	50.26	2.68	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	-	-
Zapallo	2.00	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pepino	0.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quinua	94.88	194.88	100.00	100.00	114.50	14.50	14.50	14.50	-	-	-	-
Alcachofa	55.46	55.46	55.46	14.47	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-	-
Trigo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cebada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* Alfalfa Nueva	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51
* Alfalfa	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82	1,084.82
* Caña Planta	83.75	83.75	83.75	83.75	83.75	83.75	83.75	83.75	83.75	83.75	83.75	83.75
* Caña Soca	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22	1,002.22
* Esparrago	376.24	376.24	376.24	376.24	376.24	376.24	376.24	376.24	376.24	376.24	376.24	376.24
* Frutales	2,064.70	2,064.70	2,064.70	2,064.70	2,064.70	2,301.52	2,301.52	2,301.52	2,301.52	2,301.52	2,301.52	2,301.52
* Flores	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07	8.07
* Platano	73.68	73.68	73.68	73.68	73.68	73.68	73.68	73.68	73.68	73.68	73.68	73.68
* Vid	718.46	718.46	718.46	718.46	718.46	1,079.05	1,079.05	1,079.05	1,079.05	1,079.05	1,079.05	1,079.05
* Pastos	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76
* Tuna	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40
* Taya	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20	36.20
* Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES	15,241.81	14,091.17	12,470.86	15,722.09	27,804.67	37,052.16	37,146.16	29,367.22	17,856.72	8,501.72	8,216.22	8,216.22

Nota: * Área con PCR de la Campaña Agrícola 2015-2016, incluido Talambo-Presurizado y Áreas Nuevas.

Cuadro N° 4.6 Demanda bruta de agua del Sector Hidráulico.

DEMANDA DE AGUA	VOLUMEN DE AGUA (hm ³)												VOLUMEN TOTAL (hm ³)
	2015					2016							
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
SUB SECTOR HIDRAULICO PAY PAY	0.343	0.313	0.334	0.373	0.567	0.661	0.583	0.463	0.273	0.155	0.150	0.155	4.371
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	0.209	0.184	0.200	0.243	0.434	0.527	0.462	0.329	0.144	0.021	0.021	0.021	2.794
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO VENTANILLAS	0.338	0.325	0.350	0.440	0.679	0.797	0.707	0.555	0.324	0.178	0.174	0.178	5.043
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	0.204	0.196	0.216	0.310	0.545	0.663	0.586	0.421	0.195	0.044	0.044	0.044	3.466
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO TOLON	4.687	4.079	3.936	3.766	5.175	6.080	5.459	4.380	2.710	1.550	1.546	1.550	44.918
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	4.553	3.949	3.802	3.637	5.041	5.946	5.338	4.246	2.580	1.416	1.416	1.416	43.341
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO HUABAL-ZAPOTAL	0.985	0.947	0.791	1.362	2.429	3.003	2.615	1.921	0.880	0.177	0.172	0.177	15.458
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	0.851	0.817	0.657	1.233	2.295	2.869	2.494	1.787	0.750	0.043	0.043	0.043	13.881
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO TALAMBO	11.459	7.641	7.344	10.166	18.593	22.737	20.203	19.779	14.487	9.116	7.917	7.934	157.375
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	9.681	5.949	5.566	7.956	15.475	19.619	17.474	16.661	12.277	7.338	6.225	6.156	130.376
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	1.778	1.692	1.778	2.210	3.118	3.118	2.729	3.118	2.210	1.778	1.692	1.778	26.999
SUB SECTOR HIDRAULICO TALAMBO-PRESURIZADO	1.884	1.884	1.884	3.164	2.809	3.236	3.126	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	29.349
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	1.884	1.884	1.884	3.164	2.809	3.236	3.126	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	29.349
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO CHEPEN	2.231	1.879	1.756	4.867	8.993	11.627	10.132	7.294	3.141	0.386	0.386	0.386	53.078
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	2.231	1.879	1.756	4.867	8.993	11.627	10.132	7.294	3.141	0.386	0.386	0.386	53.078
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO GUADALUPE	1.093	1.059	1.507	5.846	10.814	13.610	11.824	8.352	3.323	0.053	0.037	0.037	57.556
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	1.093	1.059	1.507	5.846	10.814	13.610	11.824	8.352	3.323	0.053	0.037	0.037	57.556
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO PUEBLO NUEVO	1.943	1.631	1.654	7.037	12.614	16.055	14.087	10.334	4.642	0.954	1.083	0.994	73.028
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	1.943	1.631	1.654	7.037	12.614	16.055	14.087	10.334	4.642	0.954	1.083	0.994	73.028
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO PACANGA	2.995	2.315	1.878	6.301	11.190	14.956	13.160	9.663	4.482	1.026	1.344	1.166	70.475
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	2.995	2.315	1.878	6.301	11.190	14.956	13.160	9.663	4.482	1.026	1.344	1.166	70.475
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO LIMONCARRO	0.953	0.910	1.224	4.999	9.246	11.664	10.130	7.187	2.905	0.082	0.082	0.082	49.462
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	0.953	0.910	1.224	4.999	9.246	11.664	10.130	7.187	2.905	0.082	0.082	0.082	49.462
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO TECAPA	1.280	1.111	0.747	1.541	2.753	3.433	4.036	2.149	1.395	0.142	0.137	0.142	18.866
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	1.146	0.981	0.613	1.412	2.620	3.299	3.915	2.015	1.265	0.008	0.008	0.008	17.289
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO SAN PEDRO	0.546	0.481	0.833	6.149	11.173	13.999	12.215	8.695	3.652	0.330	0.357	0.342	58.773
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	0.546	0.481	0.833	6.149	11.173	13.999	12.215	8.695	3.652	0.330	0.357	0.342	58.773
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO SAN JOSE	1.999	1.951	2.308	6.713	11.953	14.841	12.937	9.325	4.103	0.676	0.658	0.676	68.139
USO POBLACIONAL	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	0.536	0.484	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	6.307
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	1.463	1.432	1.772	6.195	11.417	14.306	12.453	8.789	3.585	0.140	0.140	0.140	61.832
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO JEQUETEPEQUE	0.368	0.370	0.417	1.545	2.740	3.381	2.970	2.138	0.960	0.175	0.192	0.182	15.438
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	0.368	0.370	0.417	1.545	2.740	3.381	2.970	2.138	0.960	0.175	0.192	0.182	15.438
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO AREAS NUEVAS	0.710	1.381	1.045	1.045	1.045	1.203	0.922	0.563	0.563	0.563	0.563	0.563	10.164
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	0.710	1.381	1.045	1.045	1.045	1.203	0.922	0.563	0.563	0.563	0.563	0.563	10.164
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL POR CLASE Y TIPO													
USO POBLACIONAL	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	0.536	0.484	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	6.307
USO PRIMARIO	0.670	0.648	0.670	0.648	0.670	0.670	0.605	0.670	0.648	0.670	0.648	0.670	7.884
USO AGRARIO	30.830	25.418	25.024	61.939	108								

4.3. Infraestructura Hidráulica del Sistema Jequetepeque No Regulado

4.3.1 Infraestructura Hidráulica de Almacenamiento

Se tiene identificado cinco (5) represas en la cuenca alta, de los cuales cuatro son para uso agrícola, y una represa corresponde al uso minero como presa de relaves, el detalle se muestra en el siguiente Cuadro.

Cuadro N° 4.7 Características de Represas en la Cuenca Alta

CODIGO	Nombre de la presa	Río en el que se ubica la presa	Distrito	Tipología de la presa	Volumen total; capacidad del reservorio en x1.000 m3	Volumen útil de almacenamiento en x1.000 m3	Finalidad(es) o Uso(s) del embalse
OF-ALA26-PR001	DIQUE RIO REJO	Rejo	Cajamarca	Contrafuertes (CB)	65.00	No disponible	Riego, regadío/ Suministro de Agua
OF-ALA26-PR003	LA COMPUERTA	Rejo / Laguna Compuerta	Cajamarca	No disponible	No disponible	No disponible	Riego, regadío
OF-ALA26-PR004	LAGUNA ALTO PERÚ	Lagunas del Alto Perú	Tumbaden	Gravedad (PG)	No disponible	No disponible	Riego, regadío
OF-ALA26-PR006	QUELLAYNISHPO	Laguna Quellaymishpo	Tumbaden	Gravedad (PG)	No disponible	No disponible	Riego, regadío
OF-ALA26-PR007	YANACOCCHA 1 (RELAVES)	Rejo	Cajamarca	Tierra (TE)	No disponible	No disponible	Minería/Relaves

FUENTE: Inventario de Presas en el Perú, ANA-2015.

4.3.2 La Red de Riego

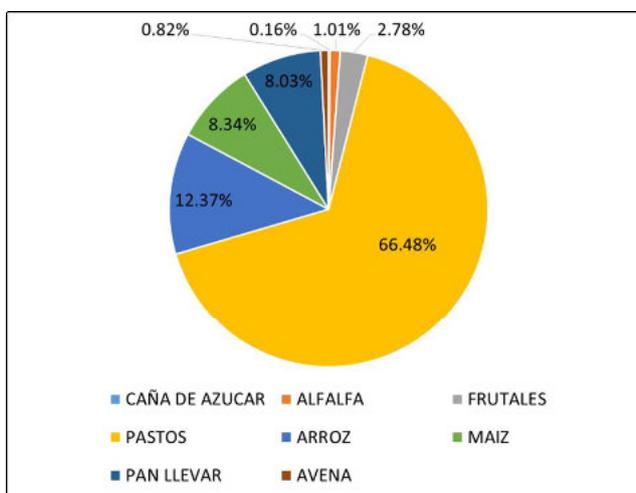
El estudio desarrollado por el PROFODUA diagnostica que la red de riego, del sistema no regulado o cuenca alta de Jequetepeque, está conformada por 160 bocatomas de las cuales 144 son rústicas y 16 son permanentes, y 186 Canales de Derivación. Se cuenta con una longitud total de 565+438 Km. en canales, de los cuales, 40+640 Km. son revestidos en regular estado de conservación y 524+798 Km. sin revestir, todos escavados en tierra y en mal estado de conservación.

4.3.3 Áreas Bajo Riego y Cedula de Cultivos

Las áreas y las cedula de cultivos promedio de la cuenca alto Jequetepeque se ha definido en base a la campaña agrícola 2004- 2005, tomando como referencia los reportes del PROFODUA. En la Figura N° 4.8, se distingue los porcentajes de área correspondiente a cada uno de los cultivos. Los cultivos sembrados en la campaña principal son: pastos cultivados (66.48%), arroz (12.37%), maíz (8.34%) y productos de pan llevar (8.03%).

En cuanto al calendario se siembra agrícola se tiene que la mayoría de los cultivos y en casi todas los sectores, las siembras se dan entre los meses de Octubre y Noviembre (campaña principal).

Figura N° 4.8 Áreas para los cultivos, campaña agrícola 2004- 2005



La rotación de cultivos posibilita el doble uso de la tierra, debido a que algunos cultivos tienen un período vegetativo de 6 meses o menos, y permite realizar durante el año dos campañas; la primera llamada también "campaña grande", que comienza a partir de julio y agosto, y la segunda, denominada "campaña chica", que se inicia a partir de enero y febrero. En la cuenca alta Jequetepeque no se acostumbra realizar la rotación de cultivos, por tener escasez de agua y periodos vegetativos largos de los cultivos. Información detallada de las cédulas de cultivo para cada Bloque se puede observar en el cuadro N° 4.7.

4.4. Demanda de Agua en la Cuenca Alta de Jequetepeque

Es necesario precisar que en la zona media y alta de la cuenca Jequetepeque se distingue varios tipos de uso o consumo de agua superficial (demanda agrícola, doméstica y pecuaria). El consumo agrícola es el de mayor significación no sólo por ser notablemente superior respecto a los otros, sino también por su importancia socio-económica.

La demanda utilizada hace referencia a los resultados del Programa de Formalización Derechos de Uso de Agua en el Valle Alto Jequetepeque (2006), en el cual se estimó las demandas agrícolas mediante la metodología recomendada por la FAO haciendo uso del software CROPWAT, que permite el cálculo en tres etapas: (1) Evapotranspiración Potencial, en función de la temperatura media (°C), la humedad relativa (%), la insolación (Número de horas de sol diario) y la velocidad del viento (m/s); (2) Precipitación Efectiva y (3) La Demanda Neta o necesidades hídricas, con información de cultivos: duración de las distintas etapas de crecimiento por cultivo (días), coeficientes de cultivo por etapa de crecimiento (kc), profundidad efectiva de las raíces (m), agotamiento admisible (fracción) y el factor de respuesta al rendimiento (coeficiente).

La demanda agrícola total de la cuenca alto Jequetepeque asciende a 61.35 hm³, considerando un área bajo riego de 5,161.14 ha. El cuadro N° 4.9 resume la demanda por bloques de riego.

Cuadro N° 4.8 Áreas y Cédulas de cultivos para la cuenca alto Jequetepeque

BLOQUES DE RIEGO				CEDULA DE CULTIVO (%)										CEDULA DE CULTIVO (HAS)								
COMISION DE REGANTES	Nº	NOMBRE DE BLOQUE	AREA TOTAL (has) PROFODUA	AREA BAJO RIEGO (has) PROFODUA	CAÑA DE AZUCAR	ALFALFA	FRUTALES	PASTOS	ARROZ	MAIZ	PAN LLEVAR	AVENA	TOTAL (%)	CAÑA DE AZUCAR	ALFALFA	FRUTALES	PASTOS	ARROZ	MAIZ	PAN LLEVAR	AVENA	TOTAL (HAS)
MAGDALENA	1	MAGDALENA	105.96	105.54			3.72	3.84		27.71	64.72		100.00			3.07	3.17		22.82	53.29		82.34
			105.96	105.54			3.72	3.84		27.71	64.72		100.00			3.07	3.17		22.82	53.29		82.34
CONTUMAZA	2	CONTUMAZA	427.61	196.50		18.09	2.14	12.59		38.92	26.81	1.46	100.00		41.94	4.97	29.19		90.25	62.18	3.38	231.90
			427.61	196.50		18.09	2.14	12.59		38.92	26.81	1.46	100.00		41.94	4.97	29.19		90.25	62.18	3.38	231.90
SAN PABLO	3	SAN PABLO	1891.76	488.01				87.67		0.25	7.49	4.60	100.00				446.98		1.25	38.16	23.46	509.85
			1891.76	488.01				87.67		0.25	7.49	4.60	100.00				446.98		1.25	38.16	23.46	509.85
	4	LIRIO COCHAN	924.80	839.45				95.72		2.43	1.85		100.00				561.94		14.24	10.87		587.05
			924.80	839.45				95.72		2.43	1.85		100.00				561.94		14.24	10.87		587.05
	5	QDAS. CHACHACOMA, EL POZO VERDE, POZO SECO, UÑELON, FRAGUA	1096.23	837.74				98.09		0.54	1.34	0.03	100.00				426.86		2.34	5.83	0.12	435.15
			1096.23	837.74				98.09		0.54	1.34	0.03	100.00				426.86		2.34	5.83	0.12	435.15
	6	SAN MIGUEL	1641.87	1517.79			0.04	86.20		8.20	5.02	0.55	100.00			0.51	1102.17		104.79	64.17	7.00	1278.64
1641.87			1517.79			0.04	86.20		8.20	5.02	0.55	100.00			0.51	1102.17		104.79	64.17	7.00	1278.64	
7	SAN PABLO CALLANCAS	859.90	459.23	1.80		2.29	48.19		25.13	22.59		100.00	6.67		8.47	178.13		92.89	83.49		369.65	
		859.90	459.23	1.80		2.29	48.19		25.13	22.59		100.00	6.67		8.47	178.13		92.89	83.49		369.65	
CHILETE	8	CHILETE	481.78	383.10		0.03	11.17	1.30	79.18	5.28	3.04		100.00		0.10	35.75	4.17	253.44	16.89	9.73		320.08
			481.78	383.10		0.03	11.17	1.30	79.18	5.28	3.04		100.00		0.10	35.75	4.17	253.44	16.89	9.73		320.08
RIO PAYAC	9	RIO PAYAC	57.18	54.00			50.67	1.83	47.06		0.44		100.00			27.70	1.00	25.73		0.24		54.67
			57.18	54.00			50.67	1.83	47.06		0.44		100.00			27.70	1.00	25.73		0.24		54.67
TEMLADERA	10	TEMLADERA	332.75	279.78			12.76	0.02	85.54		1.69		100.00			34.80	0.06	233.34		4.60		272.79
			332.75	279.78			12.76	0.02	85.54		1.69		100.00			34.80	0.06	233.34		4.60		272.79
TOTAL DE LOS BLOQUES			7819.86	5161.15	0.16	1.01	2.78	66.48	12.37	8.34	8.03	0.82	100.00	6.67	42.04	115.26	2753.66	512.51	345.47	332.56	33.95	4142.12

Cuadro N° 4.9 Requerimiento de Agua Bruta de los Bloques - Cuenca Alto Jequetepeque (hm³)

Nº	BLOQUES	AREA B. RIEGO (Ha)	Demanda Hídrica Agrícola (hm ³)												
			Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Total
1	MAGDALENA	105.54	0.00	0.00	0.02	0.11	0.15	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.38
2	CONTUMAZA	196.50	0.13	0.04	0.05	0.21	0.27	0.16	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.14	1.12
3	SAN PABLO	488.01	0.94	0.71	0.29	0.67	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.79	0.93	5.28
4	EL LIRIO COCHAN BAJO	839.45	1.77	1.39	0.61	1.19	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	1.51	1.74	9.96
5	QDAS .CHACHACOMA, EL POZO VERDE, POZO SECO, UÑELON, FRAGUA	837.74	1.81	1.44	0.64	1.22	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	1.55	1.78	10.22
6	SAN MIGUEL	1517.79	2.86	2.14	0.88	2.01	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	2.43	2.84	16.07
7	SAN PABLO - CALLANCAS	459.23	0.48	0.29	0.23	0.56	0.59	0.31	0.00	0.00	0.00	0.23	0.41	0.50	3.61
8	CHILETE	383.10	0.06	0.05	1.34	1.42	1.42	1.31	1.10	0.88	0.00	0.04	0.06	0.06	7.74
9	RIO PAYAC	54.00	0.04	0.04	0.15	0.17	0.18	0.17	0.14	0.12	0.03	0.03	0.03	0.03	1.15
10	TEMLADERA	279.78	0.04	0.99	1.03	1.05	1.02	0.91	0.72	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	5.82
TOTAL CUENCA ALTA		5161.15	8.13	7.08	5.24	8.61	6.81	2.96	1.96	1.00	0.03	4.58	6.91	8.03	61.35

V. BALANCE HIDRICO

5.1. Definición de Balance Hídrico

La disponibilidad de agua para el Valle Jequetepeque, está supeditada a las descargas del río Jequetepeque, así como a los volúmenes de almacenamiento en el reservorio Gallito Ciego.

En el sistema regulado se realiza la simulación utilizando las descargas medias mensuales de toda la serie hidrométrica en la estación Yonan, debiendo considerarse además las demandas por los diferentes usos, así como las pérdidas por evaporación en embalses y el movimiento del agua al inicio de mes y al final de mes, en la estructura de regulación.

5.2. Descripción del Esquema Hidráulico de la cuenca Jequetepeque

El ámbito de la cuenca Jequetepeque comprende dos sistemas de aprovechamiento hídrico: aguas abajo de la represa Gallito Ciego se encuentra el Valle Jequetepeque atendida con sistema de regulación, y la parte alta que podría considerarse de régimen hidrológico natural. A nivel de cuenca, el embalse Gallito Ciego es la infraestructura hidráulica más relevante, existen otras cuatro represas menores en la cuenca alta pero no se cuenta con información técnica sobre el volumen almacenado.

En la cuenca alta de Jequetepeque se distingue varios tipos de uso o consumo de agua superficial; siendo en orden de prioridad y por la magnitud de volumen consumido: demanda agrícola, poblacional y pecuario. El consumo agrícola es el de mayor significación no sólo por ser notablemente superior respecto a los otros, sino también por su importancia socio-económica. Asimismo en base al inventario de fuentes de agua superficial, se puede inferir que las demandas para uso poblacional y pecuario son atendidas principalmente por manantiales o puquios presentes en la cuenca alta. Las captaciones y canales derivadores en la cuenca alta se encuentran dispersos, sin embargo en el estudio elaborado por el PROFODUA se realizó la conformación de 10 bloques de riego a través de la agrupación de captaciones.

El Valle de Jequetepeque está conformado por varios subsectores hidráulicos que se abastecen con caudales regulados. El embalse Gallito Ciego, es la estructura principal del Proyecto Jequetepeque - Zaña y está constituido por un dique de tierra de 105 m de altura, con una longitud en su corona de 797 m que cierra el río Jequetepeque y forma un almacenamiento actual de 533.53 hm³. La bocatoma Talambo Zaña y la bocatoma Jequetepeque son las principales y están constituidas por los canales: Derivador Talambo-Zaña, Derivador Empalme Guadalupe, Derivador Guadalupe Chafan y Derivador San Pedro San José. Adicionalmente se cuenta con una oferta de agua de recuperación proveniente del río y red de canales.

En la siguiente figura se muestra el esquema hidráulico actual de la cuenca del río Jequetepeque.

Jequetepeque_ elaborado por la DCPRH, que comprende el modelamiento hidrogeológico, recarga del acuífero y el inventario de pozos.

Oferta Hídrica Superficial

Para la elaboración del Balance Hídrico se consideró la oferta hídrica del río Jequetepeque al 75 % de persistencia con el método de volúmenes acumulados. Este método calcula la persistencia para sistemas regulados, la metodología es la siguiente:

- El registro histórico se acumula por cada mes año.
- El registro histórico de cada mes se ordena de mayor a menor.
- Después se le asume un rango de 1 hasta la cantidad de datos que tenga la muestra, donde la persistencia será = $(1/(\text{número total de datos})) * 100$.
- Después se busca la persistencia de probabilidad de 50 %, 75 % y 90 %, de no estar esta probabilidad se obtendrá interpolando los datos.

Cuadro N° 5.1
Oferta Hídrica Superficial en el Valle Jequetepeque

FUENTE HIDRICA	VOLUMEN DE AGUA (hm ³)												VOLUMEN TOTAL (hm ³)
	2015					2016							
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
AGUA SUPERFICIAL AL 75 % DE PERSISTENCIA	4.4	3.9	10.4	18.5	22.9	47.0	95.7	137.9	135.8	42.2	17.8	12.3	548.9
VOLUMEN EN EL RESERVORIO AL INICIO DEL MES	335.7	308.1	285.1	269.2	224.7	138.9	53.5	34.8	89.6	185.2	214.9	219.6	
AGUA DE RECUPERACION DE RIO	1.7	1.1	1.5	2.3	3.5	6.1	6.2	7.3	5.8	3.4	3.3	1.8	43.9
AGUA DE RECUPERACION DE CANALES	1.9	1.7	1.9	2.0	2.3	4.6	5.9	5.7	5.2	3.2	2.3	2.0	38.7
VOLUMEN TOTAL SECTOR HIDRAULICO	343.7	314.9	298.9	292.0	253.4	196.6	161.3	185.7	236.3	234.1	238.3	235.7	
CAUDAL PROMEDIO (m³/s)	128.3	121.5	111.6	112.7	94.6	73.4	66.7	69.3	91.2	87.4	91.9	88.0	

FUENTE: Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas - 2015-2016

5.3.2. Demanda Hídrica

Las clases de usos identificadas en el sector hidráulico Jequetepeque regulado son: primario, poblacional y productivo. El tipo de uso productivo el agrario corresponde básicamente a la demanda agrícola, que es la más relevante en cuanto a volumen de agua requerida

Como antecedente, la Propuesta de Asignación de Agua en Bloque para la Formalización de los Derechos de Uso de Agua en el Valle de Jequetepeque Regulado, elaborado por el PROFODUA en el año 2004, indica un área bajo riego de 39,871 ha y considera solo a 14 comisiones de regantes, asimismo la demanda para uso agrícola fue estimada en 746.8 hm³. El PADH del Sistema Hidráulico Jequetepeque del año 2014-2015 determino una demanda de 738.2 hm³.

En situación actual, la demanda de agua para todos los usos es de 731.5 hm³ y su distribución multisectorial se muestra en el cuadro N° 5.2. El Área Aprobada de los cultivos para la campaña grande 2015-2016 correspondiente al ámbito del Sector Hidráulico Regulado Jequetepeque es de 39,635 ha y se encuentran distribuidos en 16 Sub Sectores Hidráulicos (comisiones de regantes).

Respecto a la demanda medioambiental, actualmente la ANA no ha establecido los valores de caudales ecológicos en el río Jequetepeque, debido a que no se cuenta con el instrumento de gestión específico para caudales ecológicos.

Cuadro N° 5.2
Demanda hídrica total en el Valle Jequetepeque

DEMANDA HIDRICA	VOLUMEN DE AGUA (hm ³)												VOLUMEN TOTAL (hm ³)
	2015					2016							
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
SECTOR HIDRAULICO: JEQUETEPEQUE REGULADO													
USO POBLACIONAL	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	6.3
USO PRIMARIO	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	7.9
USO AGRARIO	30.8	25.4	25.0	61.9	108.4	137.0	121.3	90.7	46.7	14.9	14.2	13.9	690.3
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	1.8	1.7	1.8	2.2	3.1	3.1	2.7	3.1	2.2	1.8	1.7	1.8	27.0
DEMANDA DE AGUA BRUTA	33.8	28.3	28.0	65.3	112.8	141.3	125.1	95.1	50.1	17.8	17.1	16.8	731.5
CAUDAL PROMEDIO (m³/s)	12.6	10.6	10.5	24.4	42.1	52.7	46.7	35.5	18.7	6.7	6.4	6.3	

FUENTE: Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas - 2015-2016

5.3.3. Balance Hídrico Superficial en el Valle Jequetepeque

De acuerdo al esquema hidráulico original del Proyecto Jequetepeque-Zaña, el balance debe comenzar, simulando la operación del embalse Gallito Ciego. Las reglas de operación utilizadas son las siguientes:

- Se efectúa la reserva de masa hídrica, para fines de caudal ecológico.
- Se deduce el volumen de agua que se asume está destinada para uso primario, de acuerdo a la clasificación que realiza la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos.
- De acuerdo a las políticas de Estado, se atiende en primer lugar al usuario poblacional.
- Se atiende la demanda agrícola del valle Jequetepeque, que está constituida por la demanda agrícola propiamente dicha más el volumen que la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Regulado Jequetepeque ha considerado como volumen que es extraído por los motobomberos, tanto legales como ilegales.
- Los volúmenes deficitarios se atienden con los recursos regulados en el Embalse Gallito Ciego, para lo cual se ha utilizado el valor de volumen útil que arrojó la batimetría.

Se realizó un comparativo entre la disponibilidad hídrica total y las demandas hídricas consuntivas, provenientes del PADH Sistema Hidráulico Jequetepeque 2014-2015. Según el cuadro N°5.3, el mes crítico es febrero 2016 con un volumen

útil de almacenamiento de 34.8 hm³, terminado el periodo al 31 de julio del 2016 con 217.3 hm³.

Cuadro N° 5.3
Balance Hídrico en el Sector Regulado

DESCRIPCION	VOLUMEN DE AGUA (hm3)												VOLUMEN TOTAL (hm3)
	2015					2016							
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
SECTOR HIDRAULICO: JEQUETEPEQUE REGULADO													
DISPONIBILIDAD HIDRICA	343.7	314.9	298.9	292.0	253.4	196.6	161.3	185.7	236.3	234.1	238.3	235.7	
DEMANDA DE AGUA BRUTA	33.8	28.3	28.0	65.3	112.8	141.3	125.1	95.1	50.1	17.8	17.1	16.8	731.5
PERDIDAS DEL SISTEMA	1.8	1.5	1.7	1.9	1.7	1.8	1.3	1.1	1.0	1.4	1.6	1.6	18.4
DEFICIT/SUPERAVIT	308.1	285.1	269.2	224.7	138.9	53.5	34.8	89.6	185.2	214.9	219.6	217.3	

FUENTE: Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas - 2015–2016

5.3.4. Balance Hídrico Superficial en la cuenca alta de Jequetepeque

La parte alta de la cuenca se caracteriza por presentar áreas agrícolas que se riegan en seco y áreas bajo riego en forma complementaria, se han entregado parcialmente Derechos de Uso de Agua en algunos sectores. Asimismo en base al inventario de fuentes de agua superficial, se puede inferir que las demandas para uso poblacional y pecuario son atendidas principalmente por manantiales o puquios presentes en la cuenca alta. Dentro del balance hídrico general, no se ha considerado los usos energéticos, por presentar un uso no consuntivo del agua a nivel de cuenca.

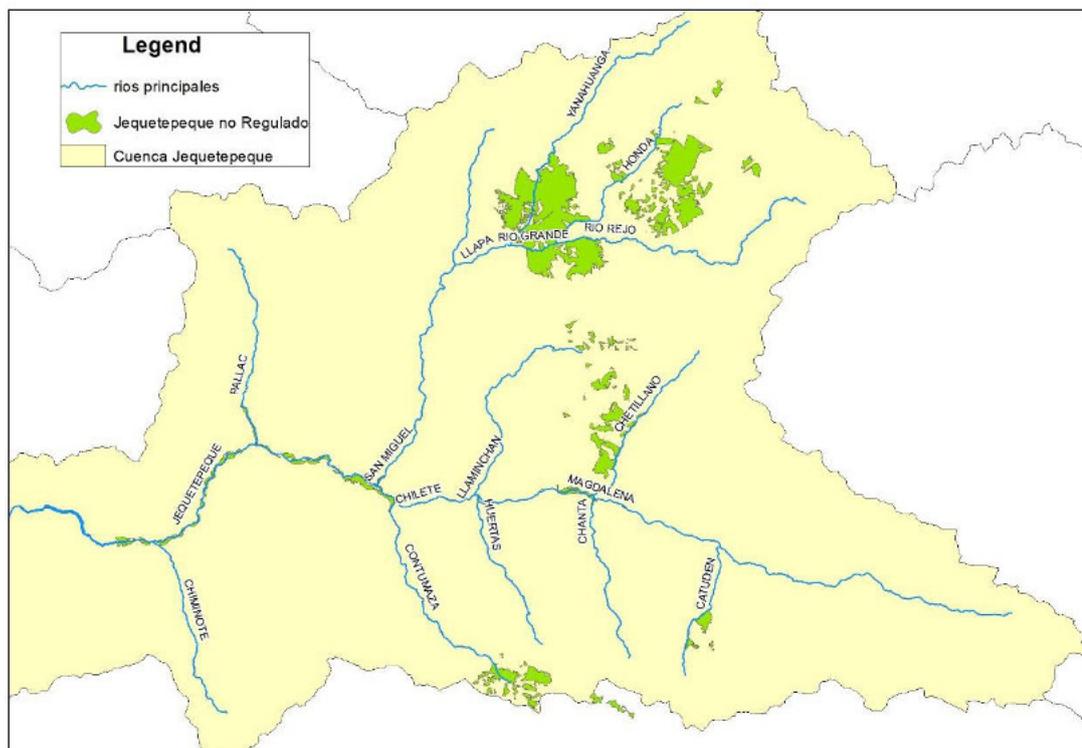
El caudal medido en un punto del río, es la disponibilidad hídrica que ofrece el río Jequetepeque en la estación Yonan, que se considera como punto de salida de todo el escurrimiento natural de la cuenca Jequetepeque, antes de ser embalsados por la represa Gallito Ciego, por lo que vendría ser la oferta hídrica disponible de la cuenca luego de ser utilizada una parte por la demanda agrícola.

La demanda hídrica en la cuenca alta ha sido estimada por el PROFODUA en 61.3 hm³ y establece un área bajo riego de 5,161 ha, asimismo considera que la demanda poblacional es cubierta principalmente por manantiales.

En el cuadro N° 5.3 y Figura N° 5.2, se puede observar las comisiones de regantes (bloques de riego) considerados en el balance hídrico superficial y que pertenecen a la parte alta del ámbito de la ALA Jequetepeque. Del cuadro presentado, se puede apreciar que la demanda agrícola mensual es baja en los meses de enero, febrero, marzo y abril, requiriendo poco riego en la época de lluvias. Los meses críticos son agosto y setiembre que coinciden con los caudales mínimos registrados en la estación Yonan.

Por otro lado se observa importantes excedentes del recurso hídrico superficial en los meses de febrero, marzo y abril, el cual se da por la presencia de lluvias, características de la cuenca alta.

Figura N° 5.2
Bloques de riego de la cuenca Alto Jequetepeque



Una vez establecida la oferta hídrica natural, restituyendo el agua usada por la demanda hídrica total de la cuenca alta, se realizó el Balance Hídrico Promedio del río Jequetepeque en Yonan, en el siguiente cuadro se muestran los resultados.

Cuadro N° 5.3
Balance Hídrico Promedio en la cuenca alto Jequetepeque

DESCRIPCION	VOLUMEN DE AGUA (hm3)												VOLUMEN TOTAL (hm3)
	SERIE 1942-2015												
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
SECTOR HIDRAULICO: JEQUETEPEQUE NO REGULADO													
DISPONIBILIDAD HIDRICA NATURAL	15.9	14.6	24.5	38.2	48.5	76.8	142.2	251.2	179.6	77.7	35.6	22.4	927.1
DEMANDA DE AGUA BRUTA (1)	8.1	7.1	5.2	8.6	6.8	3.0	2.0	1.0	0.0	4.6	6.9	8.0	61.4
DISPONIBILIDAD HIDRICA YONAN (2)	7.8	7.5	19.3	29.6	41.7	73.8	140.2	250.2	179.6	73.1	28.7	14.3	865.8

(1) PRODOFODUA Alto Jequetepeque - 2006

(2) Plan de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas - 2015–2016

VI. CALIDAD DEL AGUA Y VARIABILIDAD CLIMATICA

6.1. CALIDAD DE AGUA

Es de suma importancia conocer la calidad del agua; para el consumo humano, para el riego de cultivos, para el uso industrial, recreacional, para la expedición de licencias ambientales, para regular y optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines. Una determinada fuente de aguas puede tener la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de un uso en particular y al mismo tiempo, no ser apta para otro.

El presente informe contiene los resultados de los trabajos realizados en campo y en gabinete sobre la identificación de fuentes contaminantes de aguas superficiales así como presentar información de los monitoreos de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Jequetepeque realizados por el ANA. Se destaca la importancia de identificar las causas de la degradación de la calidad del agua.

Los puntos de monitoreo en la cuenca Jequetepeque, establecidos por la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla, está conformado por: veinte (20) puntos para el monitoreo de calidad del agua superficial y catorce (14) para el monitoreo de sedimentos. Las aguas superficiales, se ven afectadas por 18 vertimientos de aguas residuales, 4 mineras y pasivos mineros, y 12 botaderos y/o lugares de disposición final de residuos sólidos dentro de la cuenca.

A. Monitoreo Calidad de Agua Superficial y Sedimentos

En el Cuadro N° 6.1 se presenta la evaluación cualitativa de la calidad del agua superficial en la cuenca Jequetepeque, mientras que en el Cuadro N° 6.2 el monitoreo de sedimentos.

Cuadro N° 6.1 Resultados de la evaluación de la calidad del agua en la cuenca Jequetepeque (Afluentes contaminados)

Punto de monitoreo	Afluente	Parámetros que afectan la Calidad del Agua: ECA-AGUA (D.S. N° 002-2008-MINAM)	Contaminantes
RJequ3	Quebrada Llamínchan	Coliformes termotolerantes	Aguas residuales domésticas, la falta de manejo de los residuos sólidos y animales de crianza (vacunos) del Distrito de San Pablo y otros centros poblados asentados en esta parte de la cuenca. Además del acceso animal como punto de desplazamiento de cabras, zorro costeño, etc.
RCont	Río Contumaza	Oxígeno disuelto, fosfatos	Aguas residuales domésticas sin tratamiento del Distrito de Santa Cruz de Toledo, y vertimientos del Distrito de Contumaza.

Punto de monitoreo	Afluente	Parámetros que afectan la Calidad del Agua: ECA-AGUA (D.S. N° 002-2008-MINAM)	Contaminantes
QShil	Quebrada Shillamayo	Cadmio	Aledaña a operaciones de la Minera Yanacocha.
QMinas	Quebrada Minas	pH, calcio, sulfato, cadmio, manganeso	Operaciones de la Minera Sipán (vertimientos autorizados)
RSMig	Río San Miguel	Coliformes termotolerantes	Vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento y la falta de manejo de los residuos sólidos en el Distrito de San Miguel; y aguas residuales del Distrito de San Silvestre de Cochán.
RJequ5	Río Jequetepeque	pH	Vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la falta de manejo de los residuos sólidos en los Distritos de San Luis y Chilite, además de los Centros Poblados de La Mónica, Llallán, Quindén Bajo, otros.
RJequ9	Río Jequetepeque	pH	Vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la falta de manejo de los residuos sólidos del Distrito de Yonán (Tembladera) y del Centro Poblado Ventanillas.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 6.2 Resultados de la Evaluación de la Calidad de Sedimentos en la Cuenca Jequetepeque (Afluentes contaminados).

Punto de monitoreo	Afluente	Parámetros que afectan la Calidad del Agua: ECA-AGUA (D.S. N° 002-2008-MINAM)	Contaminantes
RJequ2	Río Magdalena	Cd	Vertimientos de aguas residuales domésticas y la falta de manejo de los residuos sólidos en el Distrito de San Juan.
RJequ3	Quebrada Llaminchán	Cd/ As	Aguas residuales domésticas y la falta de manejo de residuos sólidos. Además de

Punto de monitoreo	Afluente	Parámetros que afectan la Calidad del Agua: ECA-AGUA (D.S. N° 002-2008-MINAM)	Contaminantes
			la naturaleza geoquímica del suelo, y estar muy próximo a los pasivos mineros de la Cía. Paredones.
RCont	Río Contumaza	Cd	Aguas residuales domésticas sin tratamiento del Distrito de Santa Cruz de Toledo, y vertimientos del Distrito de Contumaza.
RTint	Río Tinte	As/ Cd/ Cu/ Pb/ Zn	Naturaleza geoquímica del suelo. Aguas arriba se encuentran las operaciones de la Minera Yanacocha.
QOjos	Quebrada Ojos	As/ Cd/ Cu	Operaciones de la Minera Sipán (vertimientos autorizados)
RRejo	Río Rejo	As/ Cd/ Cu	Naturaleza geoquímica del suelo.
RSMig	Río San Miguel	As/ Cd	Vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento y la falta de manejo de los residuos sólidos en el Distrito de San Miguel; y aguas residuales del Distrito de San Silvestre de Cochán.
RJegu5	Río Jequetepeque	As/ Cd	Vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la falta de manejo de los residuos sólidos en los Distritos de San Luis y Chilete, además de los Centros Poblados de La Mónica, Lallán, Quindén Bajo. Uso de plaguicidas en la agricultura.
RJegu6	Río Jequetepeque	As/ Cd	Vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la falta de manejo de los residuos sólidos en los Distritos de San Luis y Chilete, además de los Centros Poblados de La Mónica, Lallán, Quindén Bajo. Uso de plaguicidas en la agricultura.
RJegu7	Río Jequetepeque	As/ Cd	Vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la falta de

Punto de monitoreo	Afluente	Parámetros que afectan la Calidad del Agua: ECA-AGUA (D.S. N° 002-2008-MINAM)	Contaminantes
			manejo de los residuos sólidos del Distrito de Yonán (Tembladera) y del Centro Poblado Ventanillas. Uso de plaguicidas en la agricultura.
RJequ9	Río Jequetepeque	As/ Cd	Vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la falta de manejo de los residuos sólidos del Distrito de Yonán (Tembladera) y del Centro Poblado Ventanillas. Uso de plaguicidas en la agricultura.
RJequ10	Río Jequetepeque	Cd	Efecto de la presencia de maquinarias pesadas, volquetes que son utilizadas para la extracción de arena (cerca de la localidad de Las Velas). Uso de plaguicidas en la agricultura.
RJequ11	Río Jequetepeque	Cd	Efecto de la presencia de maquinarias pesadas, volquetes que son utilizadas para la extracción de arena (cerca de la localidad de Las Velas). Uso de plaguicidas en la agricultura.
.RJequ12	Río Jequetepeque	Cd	Efecto de la presencia de maquinarias pesadas, volquetes que son utilizadas para la extracción de arena (cerca de la localidad de Las Velas). Uso de plaguicidas en la agricultura.

Fuente: Elaboración propia.

As: Arsénico, Cd: Cadmio, Cu: Cobre, Pb: Plomo, Zn: Zinc.

B. Vertimientos en la Cuenca Jequetepeque

Las fuentes contaminantes en la Cuenca del río Jequetepeque están asociadas principalmente a vertimientos de aguas residuales de origen doméstico, aguas residuales industriales, mineras, pasivos mineros y botaderos de residuos sólidos, los mismos que se muestran en los Cuadros N° 6.3, 6.4, 6.5.

Cuadro N° 6.3: Vertimientos de aguas residuales identificados que no cuentan con autorización.

Ítem	Código	Descripción de la fuente contaminante	Cuerpo Receptor
1	FCVS1	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la población del C.P Los Pinos, en el Distrito de Chilete.	Río Jequetepeque (Subcuenca Alto Jequetepeque)
2	FCVS2	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la población del Centro Poblado Menor de Lllallán.	Río Jequetepeque (Subcuenca Medio Alto Jequetepeque)
3	FCVS3	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la población de Tembladera, en el Distrito de Yonán - 1.	Río Jequetepeque (Subcuenca Bajo Jequetepeque)
4	FCVS4	Aguas Residuales Municipales provenientes del camal y de la población de Tembladera, en el Distrito de Yonán - 3.	Río Jequetepeque (Subcuenca Bajo Jequetepeque)
5	FCVS6	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la población del C.P de Ventanillas, Distrito de Yonán.	Río Jequetepeque (Subcuenca Bajo Jequetepeque)
6	FCVS7	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la población del Distrito de Contumaza.	Río Huayario (Subcuenca Contumaza)
7	FCVS9	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la población del Distrito de Santa Cruz de Toledo.	Río Contumaza (Subcuenca Contumaza)
8	FCVS10	Aguas Residuales Domésticas provenientes del Distrito de San Luis.	Quebrada Carrizal (Subcuenca San Miguel)
9	FCVS11	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la PTAR inoperativa del Distrito de San Luis.	Quebrada Las Ineas (Subcuenca San Miguel)
10	FCVS12	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la localidad de La Quinta, Distrito de San Miguel, con régimen continuo.	Quebrada La Quinta (Subcuenca San Miguel)
11	FCVS13	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la localidad de El Moro, Distrito de San Miguel, con régimen continuo.	Quebrada El Moro (Subcuenca San Miguel)
12	FCVS16	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la población del Distrito de San Silvestre de Cochán, con régimen continuo.	Quebrada Hierba Santa (Subcuenca San Miguel)
13	FCVS17	Aguas Residuales Domésticas provenientes del Distrito de San Juan, con un régimen continuo.	Quebrada San Juan Río Jequetepeque (Subcuenca Alto Jequetepeque)
14	FCVS18	Aguas Residuales Domésticas provenientes del Distrito de San Juan, con un régimen continuo.	Quebrada San Juan Río Jequetepeque (Subcuenca Alto Jequetepeque)
15	FCVS21	Aguas Residuales Domésticas provenientes de la PTAR del Distrito de Magdalena, con un régimen continuo.	Quebrada Chilango Río Jequetepeque (Subcuenca Alto Jequetepeque)
16	FCVI1	Aguas Residuales Industriales en el Distrito de San Miguel, altura del puente Calicanthro – 1, con régimen continuo.	Quebrada El Asma (Subcuenca San Miguel)

Ítem	Código	Descripción de la fuente contaminante	Cuerpo Receptor
17	FCVI2	Aguas Residuales Industriales en el Distrito de San Miguel, altura del puente Calicanthro – 2, con régimen continuo.	Quebrada El Asma (Subcuenca San Miguel)
18	FCVI3	Aguas Residuales Industriales provenientes de la localidad de Lanchicat, Distrito de San Miguel, con régimen continuo.	Quebrada Lanchicat (Subcuenca San Miguel)

Fuente: Identificación de Fuentes Contaminantes en la Cuenca Jequetepeque, 2013, ANA.

Cuadro N° 6.4 Mineras y Pasivos Mineros identificados en la cuenca del río Jequetepeque.

Ítem	Código	Descripción de la fuente contaminante	Cuerpo Receptor	Responsable
1	FCPM1	Planta de operaciones en abandono de Minera Paredones.	Río Jequetepeque (Subcuenca Alto Jequetepeque)	CIA Minera Paredones
2	FCPM2	Socavón abandonado Minera Paredones.	Río Jequetepeque (Subcuenca Alto Jequetepeque)	CIA Minera Paredones
3	FCPM3	Tajo de Minera Paredones.	Río Jequetepeque (Subcuenca Alto Jequetepeque)	CIA Minera Paredones
4	FCPM4	Cerro ubicado en la zona de operaciones de la Minera Sipán.	Río Yanahuanga (Subcuenca San Miguel)	CIA Ares – Minera Sipán

Fuente: Identificación de Fuentes Contaminantes en la Cuenca Jequetepeque, 2013, ANA.

Cuadro N° 6.5: Botaderos identificados que no cuentan con autorización.

Ítem	Código	Descripción de la fuente contaminante	Cuerpo Receptor
1	FCBO1	Botadero de Residuos Sólidos provenientes del C.P Los Pinos, en el Distrito de Chilite.	Río Jequetepeque (Subcuenca Alto Jequetepeque)
2	FCBO2	Botadero de Residuos Sólidos cercano al poblado de Chilite.	Quebrada Llaminchán (Subcuenca Alto Jequetepeque)
3	FCBO3	Botadero de Residuos Sólidos de la población del CPM de Llallán, en el Distrito de Chilite.	Río Jequetepeque (Subcuenca Medio Alto Jequetepeque)
4	FCBO5	Botadero de Residuos Sólidos de la población del caserío La Mónica, Distrito de Chilite.	Río Jequetepeque (Subcuenca Medio Alto Jequetepeque)
5	FCBO6	Botadero de Residuos Sólidos Domiciliarios en la ciudad de Tembladera, en el Distrito de Yonán.	Quebrada La Ramada (Subcuenca Bajo Jequetepeque)
6	FCBO8	Botadero de Residuos Sólidos de la población del C.P Ventanillas, Distrito de Yonán.	Río Jequetepeque (Subcuenca Bajo Jequetepeque)

Ítem	Código	Descripción de la fuente contaminante	Cuerpo Receptor
7	FCBO9	Botadero de Residuos Sólidos de la población del Distrito de Santa Cruz de Toledo.	Quebrada Llade (Subcuenca Contumaza)
8	FCBO11	Botadero de Residuos Sólidos Domiciliarios del Distrito de San Luis.	En la ciudad de San Luis (Subcuenca San Miguel)
9	FCBO13	Botadero de Residuos Sólidos Domiciliarios de la localidad del El Moro, Distrito de San Miguel.	Quebrada El Moro (Subcuenca San Miguel)
10	FCBO14	Botadero de Residuos Sólidos generados por la población del Distrito de San Miguel.	Quebrada El Asma (Subcuenca San Miguel)
11	FCBO16	Botadero de Residuos Sólidos Domésticos del Distrito de San Juan.	Quebrada San Juan (Subcuenca Alto Jequetepeque)
12	FCBO18	Presencia de Residuos Sólidos dispuestos a la altura del puente Chilango, en el Distrito de Magdalena.	Quebrada Chilango (Subcuenca Alto Jequetepeque)

Fuente: Identificación de Fuentes Contaminantes en la Cuenca Jequetepeque, 2013, ANA.

Cuadro N° 6.6: Vertimientos autorizados en la Cuenca del río Jequetepeque.

Ítem	Código	Tipo de Efluente	Cuerpo Receptor
1	FCARIT1	Agua Residual Industrial Tratada - Min. Sipán	Quebrada Minas (Subcuenca San Miguel)
2	FCARIT2	Agua Residual Industrial Tratada - Min. Sipán	Quebrada Minas (Subcuenca San Miguel)
3	FCARIT3	Agua Residual Industrial Tratada - Min. Sipán	Quebrada Ojos (Subcuenca San Miguel)

Fuente: Identificación de Fuentes Contaminantes en la Cuenca Jequetepeque, 2013, ANA.

6.2. VARIABILIDAD CLIMÁTICA

La variabilidad del clima se refiere a variaciones en las condiciones climáticas medias y otras estadísticas del clima (como las desviaciones típicas, los fenómenos extremos, etc.) en todas las escalas temporales y espaciales que se extienden más allá de la escala de un fenómeno meteorológico en particular. La variabilidad puede deberse a procesos naturales internos que ocurren dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en el forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa).

La relativa facilidad para detectar el cambio en algunos elementos climáticos por la persistencia del propio elemento (caso de las temperaturas, humedad, etc.), no ocurre en las precipitaciones por tratarse de sucesos discretos (lluvia o no lluvia), porque las lluvias son el elemento del clima más aleatorio y porque es el que está sometido a una mayor variabilidad (GROISMAN y LEGATES, 1994)

El cambio en una serie de tiempo puede ocurrir regularmente (una tendencia), abruptamente (un cambio en la media) o en una forma más compleja. Eso puede afectar la media, la mediana, la variancia u otros aspectos de los datos.

La mayoría de los sistemas de recursos hídricos han sido diseñados y operados basados en la suposición de la estacionariedad hidrológica. Si esta suposición de estacionariedad no es válida los sistemas tal vez están sobre o sub estimados.

Tendencia/cambio en series de tiempo ambientales pueden ser causados por:

- Cambios climáticos como resultado del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero.
- Cambio en el uso del suelo (urbanización, deforestación, etc.)
- Cambio en prácticas de manejo.

Propósito de los test de Tendencia

Para una serie de tiempo recopilada se necesita saber si la serie en general aumenta o disminuye. En términos estadísticos es la determinación si la probabilidad de distribución que tiene la serie ha cambiado con el tiempo.

Para eso nosotros debemos describir el valor o tasa de cambio, en términos de cambio en base algún valor de distribución central como la media o la mediana.

Tests Paramétricos (TP) y No Paramétricos (TNP)

- La mayoría de test asume que las series de tiempo son independientes e idénticamente distribuidos.
- TP asume que las series de tiempo y los errores (desviaciones respecto a la tendencia) sigue una particular distribución por lo general normalmente distribuidos. TP son prácticos ya que ellos cuantifican el cambio en los datos (p.e. cambio en la media o gradiente de la tendencia). TP son generalmente más poderosos que TNP.
- TNP son generalmente de libre distribución probabilística. Ellos detectan la tendencia/cambio pero no cuantifican el tamaño de la tendencia/cambio. Ellos son bastante usados porque la mayoría de series hidrológicas tiene una distribución no normal.

Tests para tendencias

- Mann-Kendall (non- paramétrico)
- Spearman ρ (non- paramétrico)
- Regresión Linear (paramétrico)

Tests para cambio en media

- Distribución Free CUSUM (non- paramétrico)
- Cumulative Deviation (paramétrico)
- Worsley Likelihood Ratio (paramétrico)

Tests para diferencia en media/mediana en dos diferentes periodos de la serie.

- Rank-Sum (non-paramétrico)
- Student's t-test (paramétrico)

6.2.1. Análisis de Tendencias de las Precipitaciones en la cuenca del río Jequetepeque

Este análisis se efectuó a nivel de la cuenca Alta Jequetepeque tomando como variable la precipitación media generada por interpolación (inverso a la distancia) en base a las series mensuales históricas de las nueve estaciones pluviométricas completadas y extendidas previamente.

- Augusto Weberbauer
- Chilete
- Contumaza
- Granja Porcón
- Lives
- Llapa
- Magdalena
- Namora
- San Juan

Es oportuno mencionar que para este análisis se tomaron los resultados del Análisis y Tratamiento de la Pluviometría, probándose la consistencia de las series históricas; sin embargo se observaron tendencias significativas incrementales en las estaciones Namora y San Juan.

Para el análisis de tendencias se ha utilizado el software desarrollado por la Universidad Nacional Agraria La Molina el cual emplea dos métodos estadísticos para detectar tendencias (Mann-Kendall y Spearman's Rho), para detectar cambios en las medias-medianas el test de CUSUM. Adicionalmente se presenta la tasa de variación anual.

El período considerado de registros de lluvias es de 1965- 2013 (para el año 2014 solo se dispone registros hasta agosto). Los resultados se muestran a nivel mensual con un nivel de significancia de 0.01.

En los cuadros y figuras siguientes se presentan las variabilidades mensuales, tendencias para cada mes, tendencia interanual y los test estadísticos descritos.

Figura N° 6.1 - Análisis de la variabilidad mensual de la precipitación (boxplot) en la cuenca Alta Jequetepeque

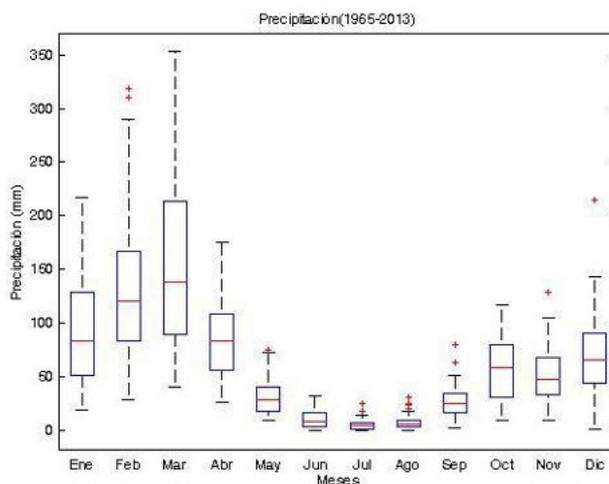


Figura N° 6.2 - Análisis de tendencias de la precipitación mensual en la cuenca Alta Jequetepeque

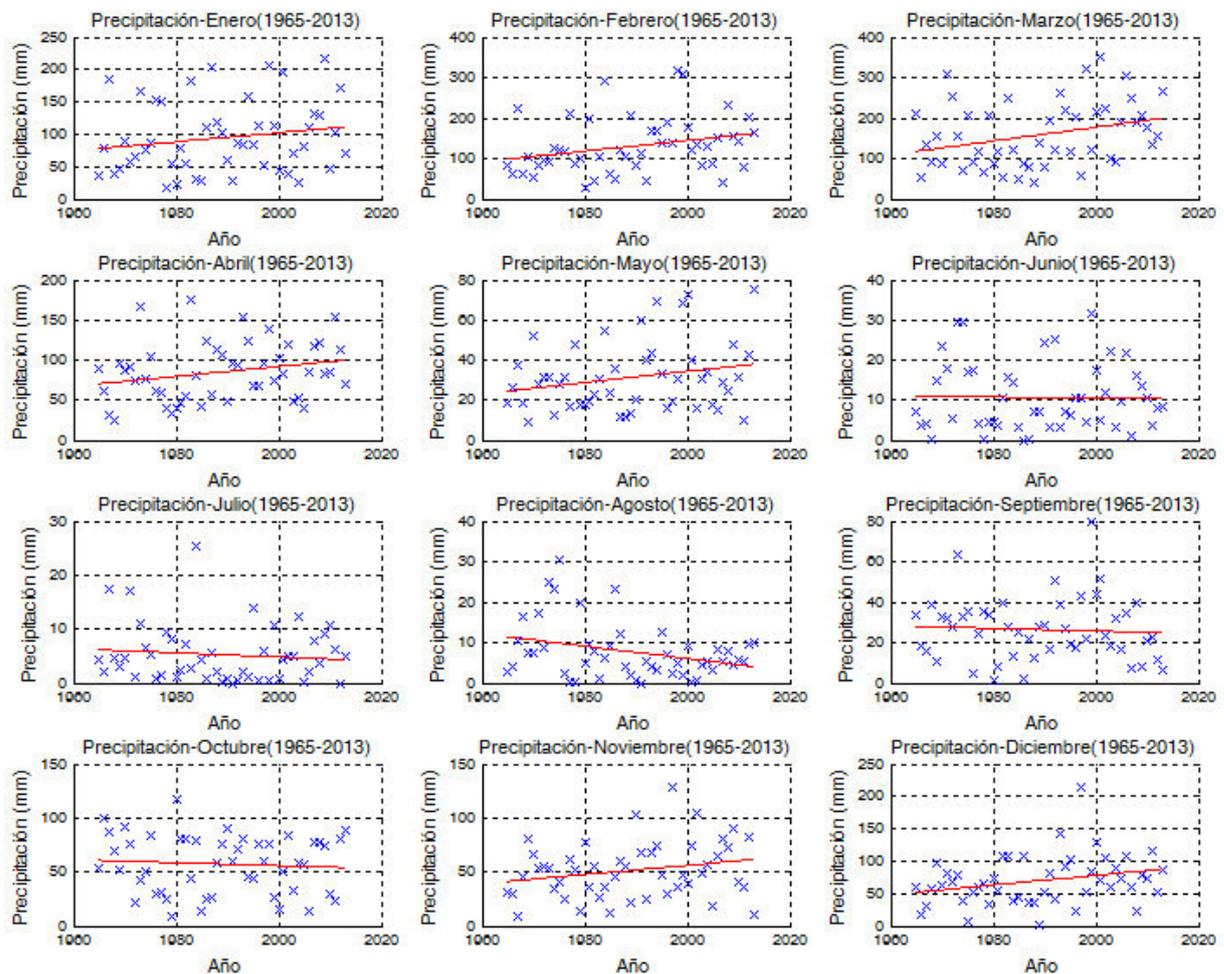
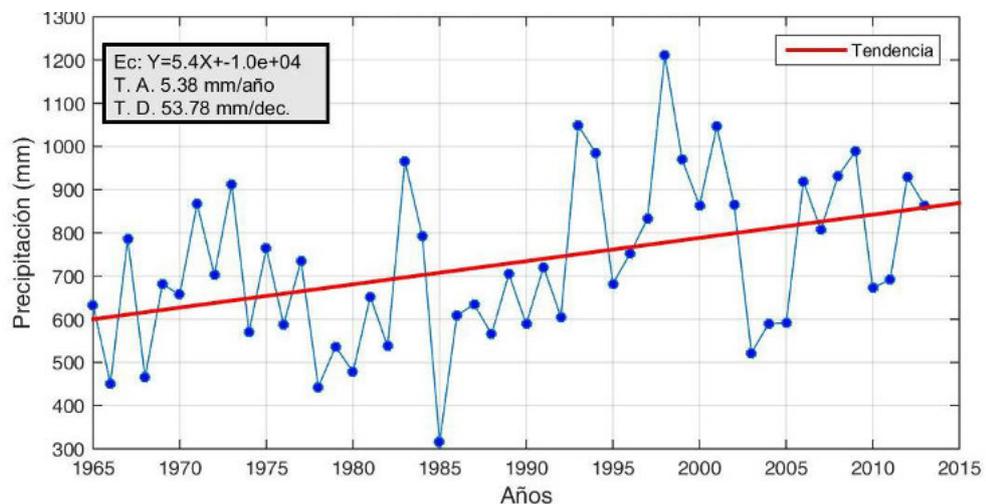


Figura N° 6.3 - Análisis de tendencias de las precipitaciones totales anuales en la cuenca Alta Jequetepeque



Cuadro N° 6.7 - Análisis de tendencias y cambios en la media -- cuenca alta Jequetepeque

Item	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Mínimo	18.2	28.9	40.6	25.5	8.9	0.0	0.0	0.0	1.6	9.2	9.0	1.2	26.4
Máximo	217	318	353	176	75	32	25	31	79	117	129	214	101
Promedio	94.7	130.3	158.8	85.2	31.3	10.7	5.3	7.7	26.4	57.3	51.5	69.9	60.8
Desv Est	55.6	68.6	80.9	36.4	17.2	8.6	5.3	7.0	15.6	26.9	26.0	37.9	15.7
Mann-Kendall	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
z-Mann-Kendall	1.3	2.2	1.9	1.8	1.4	0.3	-0.7	-1.1	-0.7	-0.6	1.6	1.9	2.8
Spearman's Rho	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
H-Spearman's Rho	1.3	2.3	2.1	1.9	1.3	0.4	-0.5	-1.3	-0.7	-0.5	1.6	2.1	3.1
vk_CUSUM	7.0	12.0	10.0	7.0	8.0	7.0	7.0	9.0	5.0	4.0	4.0	10.0	10.0
CUSUM	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Año-CUSUM	1985	1992	1990	1985	1990	1995	2001	1987	1975	1988	1968	1990	1988
T.M.	0.7	1.3	1.6	0.6	0.3	0.0	0.0	-0.2	-0.1	-0.1	0.4	0.7	0.4
T.M./década	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1
T.M./año	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Del análisis se desprende que los meses de marzo y febrero tienen mayor rango de variabilidad, mayores valores de precipitación total y tendencias incrementales mayores con respecto a los demás meses. A nivel anual a tasa de cambio es positiva equivalente a 5.39 mm/año tal como se muestra en la Figura N° 6.3.

6.2.2. Análisis de Tendencias de Caudales del río Jequetepeque

Para el análisis de tendencias de los caudales del río Jequetepeque, se ha empleado el software TREND el cual emplea test estadísticos para detectar tendencias (Mann-Kendall, Spearman's Rho y Regresión Linear), para detectar cambios en las medias (Cusum, Cumulative Deviation y Worsley Likelihood) y para detectar cambios en las medias-medianas (Rank-Sum y Student's t-test) en periodos diferentes de la serie. Adicionalmente se presenta la tasa de variación anual.

Para este análisis se han considerado las estaciones hidrométricas (completadas y extendidas por el modelamiento hidrológico) más representativas, es decir Yonan que registra caudales en el cauce principal del río Jequetepeque; y las estaciones Las Paltas y Chilete que han registrado caudales en los tributarios o afluentes principales, los ríos San Miguel y Chilete, respectivamente.

Para realizar el análisis de tendencias las descargas se han expresado en volúmenes anuales. Para el río Jequetepeque (Yonan) se ha establecido el periodo de análisis 1965- 2014, mientras que para los ríos San Miguel y Chilete el periodo 1965-2013. Este último periodo, al igual que en las precipitaciones, no cubre el año 2014 debido a que el modelamiento se realizó hasta agosto del 2014 y es necesario años completos. Los resultados se muestran a nivel anual, con un nivel de significancia de 0.01, 0.5 y 0.1.

En los cuadros y figuras siguientes se presentan las tendencias de los volúmenes anuales y el cambio en las medias para las tres estaciones.

Cuadro N° 6.8 - Análisis de tendencias en la estación Yonan

TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	1.640	1.65	1.96	2.58	NS	No hay una significativa tendencia estadística (a=0.1)
Spearman's Rho	1.7	1.65	1.96	2.58	S (0.1)	Significativa tendencia estadística (a<0.1), tendencia incremental
Linear regression	1.915	1.68	2.01	2.69	S (0.1)	Significativa tendencia estadística (a<0.1), tendencia incremental

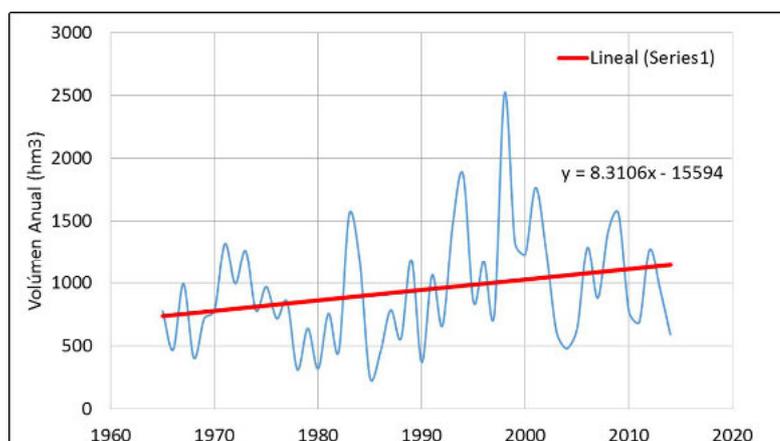
Cuadro N° 6.9 - Cambios en la Media en la estación Yonan

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	8	8.627	9.617	11.526	NS	No hay un significativo salto estadístico (a=0.1)
Cumulative deviation	1.481	1.14	1.27	1.52	S (0.05)	Significativo salto estadístico (a<0.05), La media del 1er período es menor que la del 2do
Worsley likelihood	3.226	2.87	3.16	3.79	S (0.05)	Significativo salto estadístico (a<0.05), La media del 1er período es menor que la del 2do

Cuadro N° 6.10 - Cambios en la Media- Mediana en la estación Yonan

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2014)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	-2.251	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	Significativa diferencia entre las medianas (a<0.05), La mediana del 1er período es mayor que la del 2do
Student's t	-2.481	1.68	2.011	2.682	S (0.05)	Significativa diferencia entre las medias (a<0.05), La media del 1er período es mayor que la del 2do

Figura N° 6.4 - Tendencia de los volúmenes anuales en la estación Yonan



Del análisis en la estación Yonan, se desprende que hay ligera tendencia incremental en los caudales, aumento significativo en la media aunque decremento de la mediana en el segundo periodo (1990- 2014) con respecto al primero (1965-2014), gráficamente se observa una tendencia creciente, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 8.31 Hm³/año.

Cuadro N° 6.12 - Análisis de tendencias en la estación Las Paltas

TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2013)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	2.353	1.65	1.96	2.58	S (0.05)	Significativa tendencia estadística (a<0.05), tendencia incremental
Spearman's Rho	2.609	1.65	1.96	2.58	S (0.01)	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental
Linear regression	2.656	1.68	2.01	2.69	S (0.05)	Significativa tendencia estadística (a<0.05), tendencia incremental

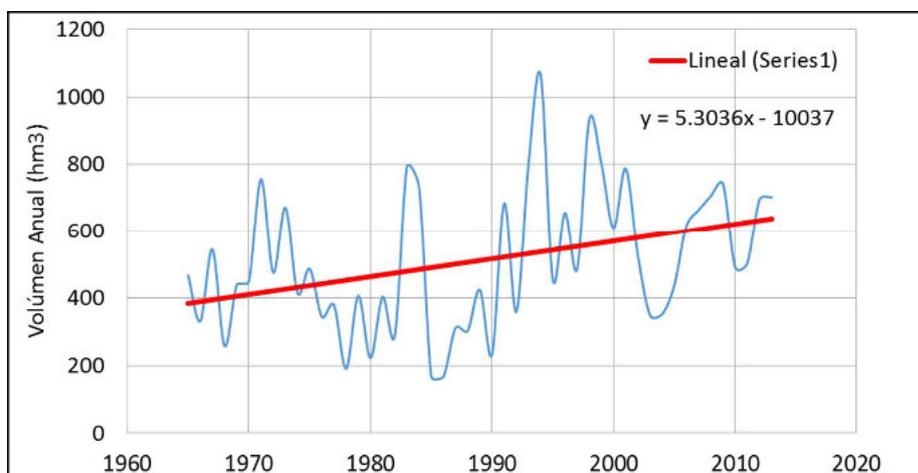
Cuadro N° 6.13 - Cambios en la Media en la estación Las Paltas

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2013)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	14	8.54	9.52	11.41	S (0.01)	Significativo salto estadístico (a<0.01), Los valores son mayores en los últimos años
Cumulative deviation	1.824	1.139	1.269	1.518	S (0.01)	Significativo salto estadístico (a<0.01), La media del 1er período es menor que la del 2do
Worsley likelihood	4.203	2.868	3.164	3.79	S (0.01)	Significativo salto estadístico (a<0.01), La media del 1er período es menor que la del 2do

Cuadro N° 6.14 - Cambios en la Media- Mediana en la estación Las Paltas

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2013)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	-3.17	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	Significativa diferencia entre las medianas (a<0.01), La mediana del 1er período es mayor que la del 2do
Student's t	-3.106	1.681	2.012	2.685	S (0.01)	Significativa diferencia entre las medias (a<0.01), La media del 1er período es mayor que la del 2do

Figura N° 6.5 - Tendencia de los volúmenes anuales en la estación Las Paltas



Evaluados los resultados en la estación Las Paltas se desprende que hay tendencias incrementales significativas, aumento de la media en el segundo periodo (1990- 2014) con respecto al primero (1965- 1989), aunque el valor de la mediana disminuye. La tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 5.30 Hm3/año

Cuadro N° 6.15 - Análisis de tendencias en la estación Las Chilete

TEST DE TENDENCIAS (1965-1989/ 1990-2013)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia (Tablas)				Resultados del test
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	3.784	1.65	1.96	2.58	S (0.01) ✓	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental
Spearman's Rho	3.79	1.65	1.96	2.58	S (0.01) ✓	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental
Linear regression	4.175	1.68	2.01	2.69	S (0.01)	Significativa tendencia estadística (a<0.01), tendencia incremental

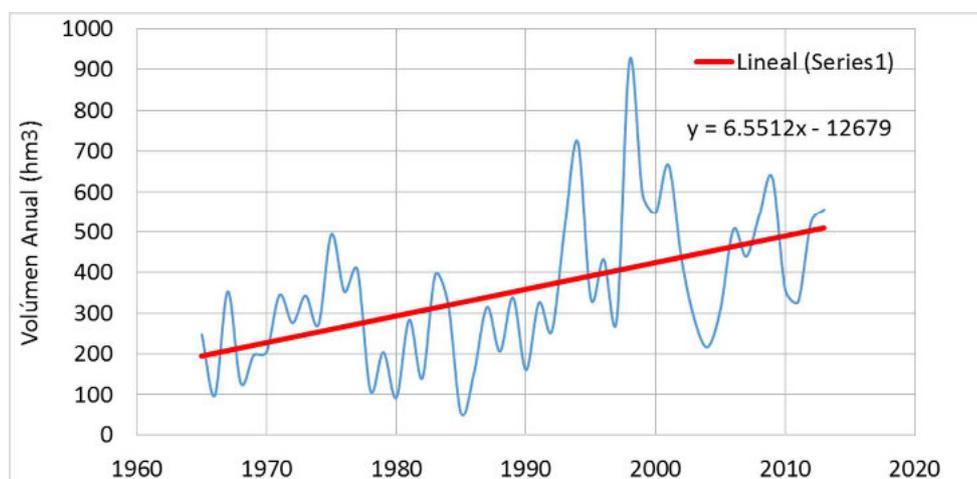
Cuadro N° 6.16 - Cambios en la Media en la estación Chilete

TEST DE CAMBIOS EN LA MEDIA (1965-1989/ 1990-2013)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia				Resultados del test
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	12	8.54	9.52	11.41	S (0.01) ✓	Significativo salto estadístico (a<0.01), Los valores son mayores en los últimos años
Cumulative deviation	2.224	1.139	1.269	1.518	S (0.01) ✓	Significativo salto estadístico (a<0.01), La media del 1er período es menor que la del 2do
Worsley likelihood	5.74	2.868	3.164	3.79	S (0.01)	Significativo salto estadístico (a<0.01), La media del 1er período es menor que la del 2do

Cuadro N° 6.17 - Cambios en la Media- Mediana en la estación Chilete

TEST DE DIFERENCIA EN MEDIA/MEDIANA (1965-1989/ 1990-2013)						
Test estadísticos	Valores críticos	Nivel de significancia			Resultados del test	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Rank Sum	-3.93	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	Signicativa diferencia entre las medianas (a<0.01), La mediana del 1er período es mayor que la del 2do
Student's t	-3.885	1.681	2.012	2.685	S (0.01)	Signicativa diferencia entre las medias (a<0.01), La media del 1er período es mayor que la del 2do

Figura N° 6.6 - Tendencia de los volúmenes anuales en la estación Chilete



La estación Chilete posee características similares a las anteriores, con aumentos en las tendencias (6.5 Hm3/año) y medias, y decremento en las medianas.

VII. ANALISIS DE LOS DERECHOS DE USO DE AGUA

En la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, se establecen tres clases de Uso de Agua; Uso Primario, Poblacional y Productivo.

El uso primario consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales.

El uso poblacional consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: preparación de alimentos y hábitos de aseo personal.

El uso productivo del agua es la utilización de la misma en los procesos de producción o previos a los mismos. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional, entre los tipos de uso productivo del agua tenemos los siguientes: Usos Agrarios; que comprende uso agrícola, pecuario y agropecuario. Los Usos no Agrarios comprende; uso acuícola y pesquero, energético; industrial; medicinal; minero; recreativo; turístico; y de transporte.

Para el presente estudio se ha recopilado información del 'Plan de Aprovechamiento de las disponibilidades hídricas- Sistema Hidráulico Regulado Jequetepeque 2015 - 2016'. Para la cuenca alta, se utilizó información proveniente de Dirección de Administración de Recursos Hídricos (ORDA) y el informe final de 'Propuesta de Asignación de Agua en Bloque para la Formalización de los Derechos de Uso de Agua en el Valle Alto Jequetepeque' (PROFOUDUA, 2006).

7.1. Uso de Agua en el Sistema Hidráulico Jequetepeque Regulado

Las clases de uso que se tiene en el sector hidráulico Jequetepeque regulado son: primario, poblacional y productivo. El resumen general se presenta en el cuadro N° 7.1.

Cuadro N° 7.1 Volúmenes de uso de agua por clase y tipos.

DEMANDA DE AGUA		VOLUMEN DE AGUA (hm ³)												VOLUMEN TOTAL (hm ³)
		2015					2016							
CLASE	TIPO	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
USO POBLACIONAL		0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	0.536	0.484	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	6.308
USO PRIMARIO		0.67	0.648	0.67	0.648	0.67	0.67	0.605	0.67	0.648	0.67	0.648	0.67	7.887
USO PRODUCTIVO		30.83	25.418	25.024	61.939	108.45	136.96	121.29	90.747	46.736	14.85	14.212	13.85	690.303
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	AGRARIO	1.778	1.692	1.778	2.21	3.118	3.118	2.729	3.118	2.21	1.778	1.692	1.778	26.999
VOLUMEN TOTAL SECTOR HIDRAULICO (hm ³)		33.814	28.276	28.008	65.315	112.77	141.28	125.11	95.071	50.112	17.834	17.07	16.834	731.497
CAUDAL PROMEDIO POR SUB SECTOR HIDRAULICO (m ³ /s)		12.625	10.909	10.457	25.199	42.105	52.749	51.715	35.495	19.333	6.658	6.586	6.285	

FUENTE: Plan de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas 2015- 2016

7.1.1. Uso Primario

En este uso están que se consideran a los centros poblados de los sub sectores hidráulicos de: poblados de Pay, 50 l/s; Ventanillas 50 l/s; Tolon 50 l/s; Zapotal 50 l/s y Tecapa 50 l/s, con un volumen total de 7.884 hm³ anual.

7.1.2. Uso Poblacional

Se está considerando las demandas de la ciudad de Pacasmayo con un caudal de 200 l/s, que es equivalente a un total de 6.307 hm³, ver cuadro N° 7.1.

7.1.3. Uso Productivo (Agrario)

Este tipo de uso es cuantificado cada año hidrológico para cada subsector hidráulico debido a su importancia, mediante información de módulos y coeficientes de riego de los cultivos, superficie mensual de siembras, área ocupada con los cultivos instalados y balance de tierras en el sector hidráulico.

El uso productivo tipo agrario está determinado por los volúmenes de agua que necesitaran los cultivos programados para la Campaña Grande 2015-2016, la demanda total agrícola es de 690.303 hm³.

Cuadro N° 7.2 Volúmenes de uso de agua Agrario- Sector hidráulico Jequetepeque Regulado

DEMANDA DE AGUA/ USO AGRARIO	VOLUMEN DE AGUA (hm ³)												VOLUMEN TOTAL (hm ³)
	2015					2016							
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
SUB SECTOR HIDRAULICO PAY PAY	0.209	0.184	0.200	0.243	0.434	0.527	0.462	0.329	0.144	0.021	0.021	0.021	2.794
SUB SECTOR HIDRAULICO VENTANILLAS	0.204	0.196	0.216	0.310	0.545	0.663	0.586	0.421	0.195	0.044	0.044	0.044	3.466
SUB SECTOR HIDRAULICO TOLON	4.553	3.949	3.802	3.637	5.041	5.946	5.338	4.246	2.580	1.416	1.416	1.416	43.341
SUB SECTOR HIDRAULICO HUABAL-ZAPOTAL	0.851	0.817	0.657	1.233	2.295	2.869	2.494	1.787	0.750	0.043	0.043	0.043	13.881
SUB SECTOR HIDRAULICO TALAMBO	9.681	5.949	5.566	7.956	15.475	19.619	17.474	16.661	12.277	7.338	6.225	6.156	130.376
SUB SECTOR HIDRAULICO TALAMBO-PRESURIZADO	1.884	1.884	1.884	3.164	2.809	3.236	3.126	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	29.349
SUB SECTOR HIDRAULICO CHEPEN	2.231	1.879	1.756	4.867	8.993	11.627	10.132	7.294	3.141	0.386	0.386	0.386	53.078
SUB SECTOR HIDRAULICO GUADALUPE	1.093	1.059	1.507	5.846	10.814	13.610	11.824	8.352	3.323	0.053	0.037	0.037	57.556
SUB SECTOR HIDRAULICO PUEBLO NUEVO	1.943	1.631	1.654	7.037	12.614	16.055	14.087	10.334	4.642	0.954	1.083	0.994	73.028
SUB SECTOR HIDRAULICO PACANGA	2.995	2.315	1.878	6.301	11.190	14.956	13.160	9.663	4.482	1.026	1.344	1.166	70.475
SUB SECTOR HIDRAULICO LIMONCARRO	0.953	0.910	1.224	4.999	9.246	11.664	10.130	7.187	2.905	0.082	0.082	0.082	49.462
SUB SECTOR HIDRAULICO TECAPA	1.146	0.981	0.613	1.412	2.620	3.299	3.915	2.015	1.265	0.008	0.008	0.008	17.289
SUB SECTOR HIDRAULICO SAN PEDRO	0.546	0.481	0.833	6.149	11.173	13.999	12.215	8.695	3.652	0.330	0.357	0.342	58.773
SUB SECTOR HIDRAULICO SAN JOSE	1.463	1.432	1.772	6.195	11.417	14.306	12.453	8.789	3.585	0.140	0.140	0.140	61.832
SUB SECTOR HIDRAULICO JEQUETEPEQUE	0.368	0.370	0.417	1.545	2.740	3.381	2.970	2.138	0.960	0.175	0.192	0.182	15.438
SUB SECTOR HIDRAULICO AREAS NUEVAS	0.710	1.381	1.045	1.045	1.045	1.203	0.922	0.563	0.563	0.563	0.563	0.563	10.164
TOTAL	30.830	25.418	25.024	61.939	108.449	136.958	121.290	90.747	46.736	14.850	14.212	13.850	690.303

FUENTE: Plan de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas 2015- 2016

7.1.4. Otros usos (Motobombas en vía de regularización)

Se está considerando volumen de 27.000 hm³, ver cuadro N° 7.2

7.2. Uso de Agua en el Sistema Hidráulico Jequetepeque No Regulado

7.2.1. Uso Poblacional

Se considera que el consumo de agua por habitante, en el ámbito urbano es de 250 litros/hab./día y de 80 litros/hab./día en el ámbito rural.

La demanda de agua para consumo poblacional de la cuenca Jequetepeque, se ha calculado para la zona alta, en base a la información de la población urbana y rural y consumo per cápita, cuyos resultados para los años 2005, 2010 y 2020 se presentan en el Cuadro N° 7.3

Cuadro N° 7.3 Población de la cuenca alta de Jequetepeque

Año	Población	Tasa Crec.
2005	137 676	-
2010	145 129	2.21
2020	160 949	2.16

FUENTE: PROFODUA Alto Jequetepeque- 2006,

En el Cuadro N° 7.4, se puede observar la demanda actual y futura en l/s, de agua potable en las ciudades anteriormente señaladas, observándose que para el año 2020 estas ciudades tendrán una demanda poblacional de 4.5 hm³.

Cuadro N° 7.4 Volúmenes de usos de agua poblacional

Años	Zonas	Población Total	Población Urbana	Población Rural	Consumo por Hab. Urbano (l/hab/día)	Consumo por Hab.Rural (l /hab/día)	Demanda de Agua Ambito Urbano (m3/día)	Demanda de Agua Ambito Rural (m3/día)	Demanda de Agua Total (m3 /día)	Demanda de Agua Total (m3 /año)	Demanda de Agua Total (hm3 /año)
2000	Cuenca Alta	130,476.0	26,095.0	104,381.0	250.0	80.0	6,523.8	8,350.5	14,874.2	5,429,093.95	5.4
2005	Cuenca Alta	137,675.0	27,535.0	110,140.0	250.0	80.0	6,883.8	8,811.2	15,695.0	5,728,656.75	5.7
2010	Cuenca Alta	145,129.0	29,026.0	116,103.0	250.0	80.0	7,256.5	9,288.2	16,544.7	6,038,830.10	6.0
2020	Cuenca Alta	160,949.0	32,190.0	128,759.0	250.0	80.0	8,047.5	10,300.7	18,348.2	6,697,100.30	6.7

Fuente : PROFODUA Alto Jequetepeque- 2006, elaboración propia

FUENTE: PROFODUA Alto Jequetepeque- 2006, elaboración propia

Respecto a los derechos otorgados para uso poblacional en la cuenca alta Jequetepeque, según los registros RADA los recursos hídricos provienen casi en su totalidad de manantiales, el resumen se presenta en el cuadro N° 7.5.

Cuadro N° 7.5 Derechos de uso de agua otorgados

TIPO DE USO	AUTORIZACION	LICENCIA	PERMISO	TOTAL
POBLACIONAL	96	44	9	149

Fuente: Dirección de Administración de los Recursos Hídricos- RADA

7.2.2. Uso Productivo (Agrario)

El uso agrario del agua está determinado por el aprovechamiento agrícola de los cultivos. El requerimiento bruto mensual se ha determinado a partir de los requerimientos netos, considerando la eficiencia de riego y el área correspondiente de cada bloque. La demanda bruta agrícola para la cuenca alta y media de Jequetepeque asciende a un total de 61.35 hm³ para un área agrícola bajo riego de 5161.15 ha con una demanda unitaria promedio de 12,489 m³/Ha. El detalle de los valores de demanda por Bloque determinada por el PROFODUA se muestra en el cuadro N° 7.6.

Cuadro N° 7.6 Requerimiento de Agua Bruta de los Bloques - cuenca alta de Jequetepeque (hm³)

Nº	BLOQUES	AREA B. RIEGO (Ha)	Demanda Hídrica Agrícola (hm ³)												
			Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Total
1	MAGDALENA	105.54	0.00	0.00	0.02	0.11	0.15	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.38
2	CONTUMAZA	196.50	0.13	0.04	0.05	0.21	0.27	0.16	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.14	1.12
3	SAN PABLO	488.01	0.94	0.71	0.29	0.67	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.79	0.93	5.28
4	EL LIRO COCHAN BAJO	839.45	1.77	1.39	0.61	1.19	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	1.51	1.74	9.96
5	QDAS .CHACHACOMA, EL POZO VERDE, POZO SECO, UNELON, FRAGUA	837.74	1.81	1.44	0.64	1.22	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	1.55	1.78	10.22
6	SAN MIGUEL	1517.79	2.86	2.14	0.88	2.01	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	2.43	2.84	16.07
7	SAN PABLO - CALLANCAS	459.23	0.48	0.29	0.23	0.56	0.59	0.31	0.00	0.00	0.00	0.23	0.41	0.50	3.61
8	CHILETE	383.10	0.06	0.05	1.34	1.42	1.42	1.31	1.10	0.88	0.00	0.04	0.06	0.06	7.74
9	RIO PAYAC	54.00	0.04	0.04	0.15	0.17	0.18	0.17	0.14	0.12	0.03	0.03	0.03	0.03	1.15
10	TEMLADERA	279.78	0.04	0.99	1.03	1.05	1.02	0.91	0.72	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	5.82
TOTAL CUENCA ALTA		5161.15	8.13	7.08	5.24	8.61	6.81	2.96	1.96	1.00	0.03	4.58	6.91	8.03	61.35

Por otro lado la ANA ha entregado derechos en la parte alta, que comprende a las comisiones de regantes (bloques de riego originalmente): Asunción, Chilete, Huertas, Magdalena, Contumaza, Rio Pallac, San Juan, San Pablo y Tembladera; la fuente de agua es de origen superficial. En el siguiente cuadro se muestra los derechos de agua entregados en la cuenca alta, de los cuales 4240 corresponden a licencias de agua.

Cuadro N° 7.7 Derechos de usos agrarios otorgados

TIPO DE USO	AUTORIZACION	LICENCIA	PERMISO	TOTAL
AGRICOLA		4239	1259	5498
AGROPECUARIO			185	185
PECUARIO		1	9	10
Total	0	4240	1453	5693

Fuente: Dirección de Administración de los Recursos Hídricos- RADA

7.2.3. Uso No Agrario de Agua

A continuación se presenta un cuadro resumen de los derechos otorgados para usos productivos no agrarios en la cuenca alta.

Cuadro N° 7.8 Derechos de uso de agua no agrarios

TIPO DE USO	AUTORIZACION	LICENCIA	PERMISO	TOTAL
ACUICOLA Y PESQUERO	12			12
ENERGETICO	1			1
INDUSTRIAL	3	2		5
MINERO	4	1		5
Total	20	3	0	23

Fuente: Dirección de Administración de los Recursos Hídricos- RADA

a) Uso Acuícola y Pesquero

Otra actividad económica que requiere del recurso agua es la pesca, que en la parte baja permite la explotación de especies como cascafe, lifes, camarones para el consumo directo mayormente y en muy escaso nivel con fines comerciales, en tanto que en la parte alta se explota la trucha para consumo directo, no así para fines de comercialización, constituyendo un enorme potencial por explotar.

b) Uso Energético

En base a la información que se dispone, se ha identificado en la cuenca Jequetepeque a 5 centrales hidroeléctricas como se aprecia en el cuadro inferior, que buscan atender las demandas energéticas en la cuenca, resultando la de mayor potencia instalada la Mini central Gallito Ciego, ubicada en la parte baja de la represa del mismo nombre, desarrollando actividades de generación de energía eléctrica; con una capacidad instalada de generación de 34 MW y que se ubica en la parte baja del valle. Las demás centrales poseen una potencia inferior a 1.5 MW.

Cuadro N° 7.9 Centrales Hidroeléctricas en la cuenca Jequetepeque

N°	Nombre	Distrito	Provincia	Potencia - kW
1	Gallito Ciego	Yonán	Contumaza	34 000
2	Sayamuc	San Miguel	Cajamarca	250
3	Catilluc	San Miguel	Cajamarca	70
4	Chetilla	Chetilla	Cajamarca	80
5	Buenos Aires	San Miguel	Cajamarca	1 500
TOTAL				35 900

Fuente : Compendio Estadístico Departamental 1999-2000 - Cajamarca

c) Uso Industrial

De la actividad industrial, lo referente a la fabricación de productos minerales no metálicos, destaca la Planta de Cemento Pacasmayo que se abastece de la cantera de Caliza ubicada en Tembladera, también se explota algunas canteras de arcilla y la mina de carbón Emboscada, sin embargo el uso industrial demanda una reducida cantidad de agua y se concentra en la parte baja de la cuenca.

d) Uso minero

La explotación minera en la cuenca del Jequetepeque es incipiente, razón por el cual el consumo de agua por este concepto es muy reducido. En la provincia de Cajamarca, en el límite de la cuenca del río Jequetepeque con la cuenca Marañón, se ubica el yacimiento Minero Aurífero Yanacocha, que utiliza los recursos hídricos de la zona.

Existen una serie de denuncias sin explotar, por lo que las actividades extractivas en la cuenca son poco significativas, pero constituyen un potencial valioso aún no conocido ni explotado cabalmente que requieren del recurso agua para su desarrollo y explotación.

VIII. EROSION Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

8.1. Introducción

La erosión de los suelos en el Perú se produce en forma permanente por efecto principalmente de las precipitaciones pluviales, dentro de una cuenca hidrográfica se producen diversos tipos de erosión: hídrica, eólica y geológica; los cursos de agua arrastran los materiales producto de la erosión, de los derrumbes, de los socavamientos y finalmente lo transportan a las partes bajas de los valles y el mar.

En cuencas ubicadas en la Costa Norte del país, uno de los grandes fenómenos naturales que alteran las condiciones climatológicas, provocando temporadas de fuertes lluvias, que desencadenan inundaciones y huaycos, es el Fenómeno del Niño (FEN). Este fenómeno ocurre esporádicamente y el resultado de su presencia es: colmatación de reservorios; pérdidas de viviendas, obras civiles, zonas de cultivo y sobretodo pérdidas humanas.

Los efectos de la erosión afectan significativamente a una cuenca debido a que, dificulta no solamente a la agricultura (pérdida de terrenos y de materiales nutrientes) sino que también causan problemas a la infraestructura.

8.2. Proceso de Erosión Hídrica

La erosión hídrica es un proceso dinámico donde intervienen múltiples variables con impactos diversos que van desde la destrucción o deterioro de infraestructura físicas hasta impactos sociales como el incremento de la pobreza por la pérdida de fertilidad de los suelos.

La erosión puede ser analizada comenzando por el despegue de las partículas de suelo debido al impacto de las gotas de lluvia. En la parte alta de la cuenca, la energía cinética de las gotas de lluvia pueden lanzar las partículas del suelo al aire durante el impacto debido a la pendiente; en las nacientes de las quebradas las pendientes son mucho más pronunciadas que en la parte media y baja de la cuenca. La mecánica de transporte se presenta en la Figura N° 8.1.

En el caso de las microcuencas del río Jequetepeque, la escorrentía generada por las tormentas de lluvia transportan las partículas removidas que son depositadas nuevamente en los sectores llanos ó de moderada pendiente. Los procesos de socavación y el flujo superficial son responsables de la erosión en capas de poco espesor que se producen en las microcuencas.

Las gotas de lluvia, en general, varían en tamaño de 0,5 a 6 mm y la velocidad terminal varia con el diámetro desde cerca de 2 hasta 9 m/s. Dada la energía cinética generada, el poder erosivo de las gotas más grandes puede ser 10,000 veces mayor que el de las gotas más pequeñas. Esto es comparable con el hecho de que unas pocas tormentas fuertes son las causantes de la mayor parte de la erosión en una cuenca. Este efecto es aumentado en razón de que el flujo superficial ocurre con mayor frecuencia durante tormentas de gran intensidad.

En las zonas intermedias de las subcuencas se concentra el flujo superficial que ocasiona socavación de los cauces iniciándose de ésa manera un proceso de erosión en cárcava. A medida que la socavación se hace más profunda, su perfil se hace más pendiente cerca de la sección de aguas arriba (Figura N° 8.2).

Figura 8.1

 Transporte Colina Abajo de las Partículas de Suelo por Impacto de la Lluvia

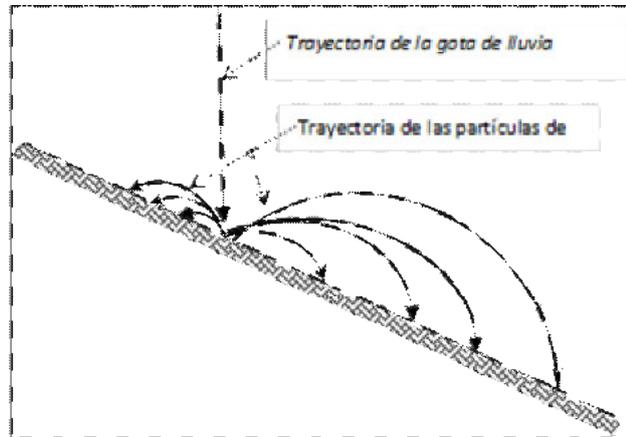
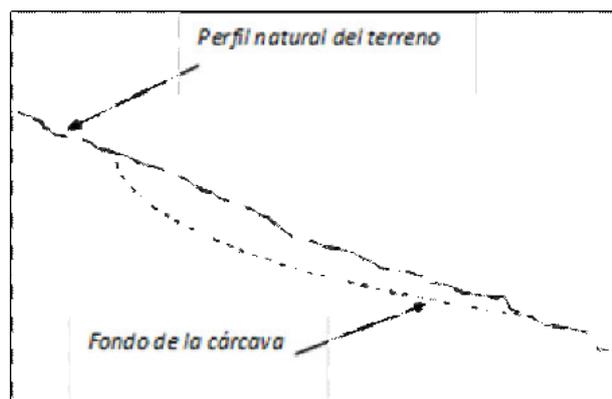


Figura 8.2

 Perfil Típico de una Cárcava



Los efectos de la erosión hídrica afecta no sólo al Embalse Gallito Ciego por la sedimentación, sino también a los agricultores que habitan en la cuenca media y alta, incrementando la pobreza por pérdida de tierras y el bajo rendimiento de los cultivos debido a la degradación del suelo por pérdida de nutrientes.

8.3. Sedimentos en la cuenca Jequetepeque

Como se ha explicado, los sedimentos que afectan al Embalse Gallito Ciego y en general a los afluentes de la cuenca Jequetepeque, tienen su origen en la cuenca media y alta, que presenta suelos con altas pendientes y desprotegidos de vegetación; estos suelos son degradados por procesos de: erosión hídrica, eólica y geológica, predominando sobre todo la erosión hídrica. Todos estos procesos producen cambios en el medio físico y generan materiales sedimentarios que son transportados por el agua a los cursos de aguas y a los embalses o represas.

Los sedimentos transportados por el río Jequetepeque pueden agruparse en sedimentos en suspensión y sedimentos de arrastre; los sedimentos en suspensión están constituidos por arcillas, limos y arenas muy finas; los sedimentos de arrastre están constituidos por partículas sólidas acarreadas sobre el lecho fluvial, cuyos tamaños varían desde arenas gruesas hasta bloques de rocas.

Según los estudios de ONERN, el transporte de sedimentos para los años hidrológicos normales entre 1968 y 1984 arroja un promedio anual de 2.842 hm³; sin embargo para años de lluvias excepcionales como el Fenómeno El Niño 1982-1983 arroja un total de 31.319 hm³ con la siguiente distribución:

- Sedimentos en suspensión: 22.057 hm³ equivalente a 70,4%
- Sedimentos de arrastre: 9.262 hm³ equivalente a 29,6%

La sedimentación de materiales en el embalse Gallito Ciego en los períodos 1987-1988 a 1998-1999, calculado por el PEJEZA, fue:

- Sedimentos en suspensión: 38.900 hm³
- Sedimentos de arrastre: 13.500 hm³
- Total: 52.400 hm³

De acuerdo a información presentada en el Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas 2014-2015, actualmente la represa Gallito Ciego tiene un volumen útil de 366.600 hm³ siendo el volumen útil al entrar en operación de 400.000 hm³. La acumulación de sedimentos se encuentra ocupando el volumen útil en la cola del embalse y zona cercana a la presa, y en menor medida se encuentran distribuidos a lo largo del vaso de almacenamiento.

8.4. Estimación de Sedimentos en Suspensión

En general, en los ríos de un caudal relativamente importante, la mayor parte del transporte sólido corresponde a la suspensión. El gasto sólido, de fondo o de suspensión, depende mucho de los caudales fluviales. Por lo tanto, además de la acuciosidad de las mediciones y cálculos sedimentológicos, el resultado final dependerá mucho de los caudales que se presenten y de la predicción que se haya hecho de ellos (Rocha, 2006).

La cuenca Jequetepeque cuenta con un área de 3 956 km², en donde la mayor producción de sedimentos se producen en la cuenca alta, aguas arriba de la estación Yonan, el transporte de sedimentos en suspensión ha sido estimado mediante el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool), el cual predice la producción de sedimentos en cuencas no monitoreadas sobre la base de información cartográfica: Modelo Digital de Elevación (DEM), cobertura vegetal, tipo de suelo; así como también la condición climática de la cuenca.

8.4.1. Descripción del modelo SWAT

El modelo SWAT, desarrollado por el USDA- ARS (US Department of Agriculture - Agriculture Research Service), es un modelo semi-distribuido, continuo, de largo plazo además posee una base física y conceptual. El modelo está diseñado para predecir el impacto en las prácticas de manejo de la tierra sobre el agua, producción de sedimentos, y calidad del agua en cuencas agrícolas con distintas características de suelo, cobertura vegetal y condiciones de manejo sobre largos periodos de tiempo (Arnold et al., 1998; Neitsch et al., 2005).

SWAT divide una cuenca hidrográfica en subcuencas, conectadas a través de canales de flujo, cada subcuenca a su vez está dividida en Unidades de Respuesta Hidrológica (HRUs). Un HRU es una combinación única de características de suelo, cobertura vegetal y pendiente en la subcuenca. SWAT simula la hidrología y los

sedimentos a nivel de cada HRU, el agua y los sedimentos resultantes son resumidos posteriormente en cada subcuenca, luego son transitados a través de la red de flujo hasta el punto de descarga final de la cuenca hidrográfica (Neitsch et al., 2005,2011).

La aplicación del SWAT en el modelamiento de flujos de agua y sedimento ha sido probada en varias regiones del mundo. Estos estudios han mostrado que SWAT es un modelo hidrológico versátil, capaz de simular la hidrología y la cargas de sedimentos de las cuencas hidrográficas con precisiones aceptables (Hassen et al, 2015).

8.4.2. Simulación Hidrológica

El modelo está conformado por un conjunto de sub-modelos, los cuales se emplean para simular distintos procesos hidrológicos. El modelo hidrológico está basado en la ecuación general de balance hídrico:

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{qw})$$

donde SW_t es el contenido final de agua en el suelo (mm); SW_o es el contenido de agua inicial en el día i (mm); t es el tiempo (día); R_{day} es la cantidad de precipitación en el día i (mm); Q_{surf} es la cantidad de flujo en la superficie o escorrentía directa; E_a es la evapotranspiración en el día i (mm); W_{seep} es la cantidad de agua acumulada en la zona no saturada del perfil del suelo en día i (mm); Q_{qw} es la cantidad de flujo de retorno en el día i (mm de agua); (Arnold et al.,1998).

Dentro del modelo SWAT confluyen varios componentes que influyen en el balance hídrico de una cuenca. En cada componente se simulan varios procesos físicos a nivel del suelo, el clima, el crecimiento de cultivos, ciclo de nutrientes, dinámica de pesticidas y manejo de cultivos.

8.4.3. Simulación de Sedimentos

El transporte de sedimentos está involucrada en dos fases del ciclo hidrológico según el modelo; la fase terrestre y la fase de enrutamiento los cuales proveen los componentes paisaje (una unidad de paisaje es definida sobre la base topográfica, geológica y climática según Winter, T. C., 2001) y canal del sedimento. En otras palabras SWAT determina las cargas de sedimento para cada subcuenca y posteriormente las dirige por la red de canales de la cuenca. Para el componente de paisaje, SWAT predice la producción de sedimentos dentro de cada HRU utilizando la Ecuación Universal de Perdidas de suelo Modificada (MUSLE) (Williams, 1995).

$$sed = 11.8(Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot area_{hru})^{0.56} \cdot K_{usle} \cdot C_{usle} \cdot P_{usle} \cdot LS_{usle} \cdot CFRG$$

Donde, sed es la producción de sedimentos en un día dado (toneladas métricas), Q_{surf} es el volumen de escorrentía superficial (mm/ha), q_{peak} es la escorrentía máxima (m^3/s), $area_{hru}$ es el área del HRU (ha), K_{usle} es el factor de erodabilidad del suelo de la Ecuación Universal de Perdida de Suelo (USLE) ($0.013 \text{ metric ton m}^2 \text{ h/ m}^3 \text{ metric ton cm}$), C_{usle} es el factor de cobertura y gestión USLE, P_{usle} es el factor USLE de prácticas de conservación, LS_{usle} es el factor USLE topográfico, y $CFRG$ es el factor de fragmento macro.

El método racional modificado utilizado para estimar la escorrentía máxima está basado en la idea de que la intensidad de precipitación comienza instantáneamente y continua indefinidamente, la tasa de escorrentía va incrementarse hasta el tiempo de concentración, T_{conc} , cuando todas las subcuencas estén contribuyendo a la descarga final de la cuenca, q_{peak} es calculado como (Neitsch et al., 2011):

$$q_{peak} = \frac{a_{tc} \cdot Q_{surf} \cdot Area}{3.6t_{conc}}$$

Donde, q_{peak} es la escorrentía máxima (m³/s), a_{tc} es la fracción del día que ocurre la precipitación durante el tiempo de concentración, Q_{surf} es la escorrentía superficial (mm), $Área$ es el área de la subcuenca (hr), y 3.6 es el factor de conversión de unidades.

El transporte de sedimentos en el canal es controlado por dos operaciones simultáneas, degradación y deposición que son estimadas con la ecuación de fuerza de la corriente (Bagnold, 1977; Williams, 1980). El sedimento depositado sed_{dep} es calculado según:

$$sed_{dep} = (conc_{sed, ch, i} - conc_{sed, ch, mx}) \cdot V_{ch}$$

Donde, $conc_{sed, ch, i}$ es la concentración inicial de sedimento en el río (ton/m³ o kg/L), $conc_{sed, ch, mx}$ es la concentración máxima de sedimentos que puede ser transportada por el agua (ton/m³ o kg/L), y V_{ch} es el volumen de agua en el segmento de río (m³). El sedimento retenido es calculado según:

$$sed_{deg} = (conc_{sed, ch, mx} - conc_{sed, ch, i}) \cdot V_{ch} \cdot K_{ch} \cdot C_{ch}$$

Donde, sed_{deg} es la cantidad de sedimento retenido en el segmento del río (toneladas métricas), K_{ch} es el factor de erodabilidad del canal (cm/h/Pa), C_{ch} es el factor de cobertura del canal y el resto de los factores son los mismos que descritos anteriormente.

En la actual versión de SWAT, la ecuación ha sido simplificada de tal manera que la máxima cantidad de sedimento que puede ser transportado por el segmento de río es una función de la velocidad máxima de la descarga. Mayores detalles con respecto a las ecuaciones en el transporte de sedimentos están muy bien documentados en el manual teórico del modelo SWAT (Neitsch et al., 2011).

8.4.4. Información Requerida

a) Climática, Hidrológica y Sedimentos

La información climática necesaria para el modelamiento incluye variables a escala diaria de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad del viento, humedad relativa y radiación. Estas han sido procesadas y descritas en el Capítulo de Climatología y Pluviometría.

La variable precipitación es la más importante, en el Capítulo II han sido particularmente tratada (completación y extensión) por lo que se cuenta con series diarias de precipitación (1965-2014) para 9 estaciones pluviométricas: Augusto W., Chilote, Contumaza, Granja P., Lives, Llapa, Magdalena, Namora y San Juan. La distribución de esta variable para las subcuencas, al igual que en el análisis

hidrológico para generar descargas, es mediante el método de interpolación inverso a la distancia de esta forma creamos estaciones ficticias en el centroide de cada subcuencas.

Para las temperaturas máximas y mínimas, se dispone de 8 estaciones meteorológicas: Augusto W., Contumaza, Granja P., Llapa, Magdalena, Quilcate, San Juan, San Miguel y San Pablo; en el caso de velocidad del viento las estaciones son: Augusto W., Quilcate, Granja P., San Juan, Llapa, Jesús y Magdalena; y en cuanto a la humedad relativa solo Augusto W. y Jesús cuentan con información. Estas variables climáticas presentan datos incompletos; sin embargo SWAT dispone el modelo WXGEN generador de clima el cual es utilizado para generar datos climáticos o para el rellenar de datos faltantes (Sharpley and William, 1990). Las temperaturas fueron completadas por dicho método mientras que las demás variables fueron generadas.

Por otro lado, la información hidrológica y de sedimentos (PEJEZA), es utilizada para la calibración del modelo SWAT. Siendo las estaciones hidrométricas: Yonan, Chilote y Las Paltas. Los datos de sedimentos para calibrar el modelo, provienen de los volúmenes retenidos de sedimentos en suspensión en el embalse Gallito Ciego de (1987-2015).

Cuadro N° 8.1 Sedimento en suspensión retenido en el Embalse Gallito Ciego periodo 1987-2015

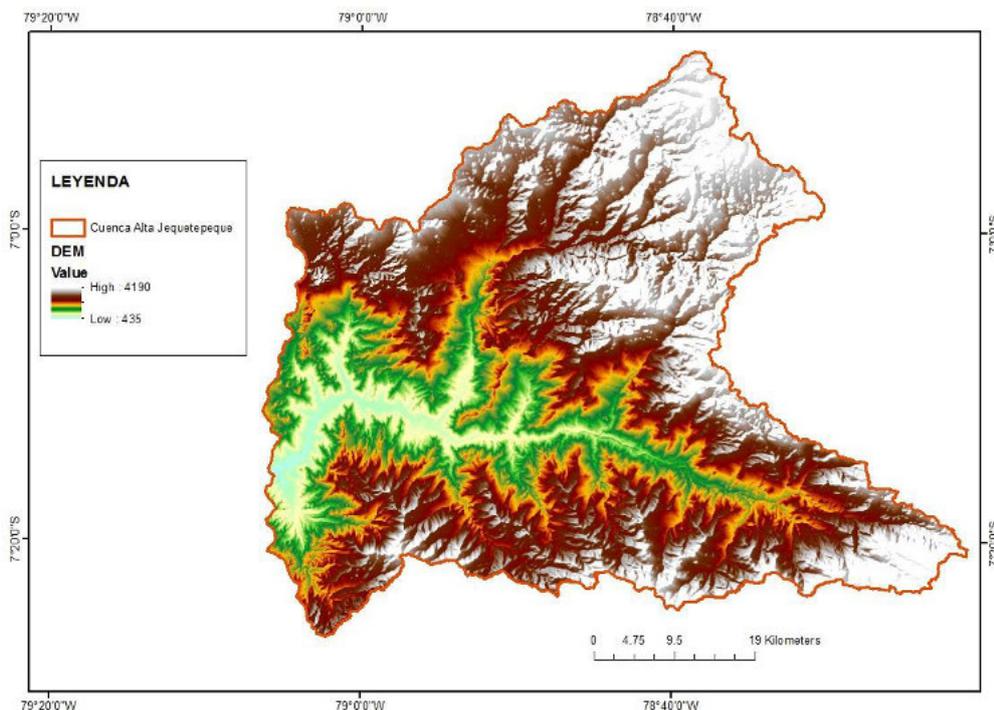
AÑO HIDROLOGICO	VOLUMEN MENSUAL DE SOLIDOS RETENIDOS EN m ³												VOLUMEN ANUAL (m3)
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	
1987/88	23.9	2,371.9	182.4	34,163.3	40,626.4	7,859.3	27,133.0	1,251.7	95.9	-54.7	-78.2	-71.4	113,503.4
1988/89	245.5	3,084.8	827.4	24,552.4	363,683.4	752,194.0	132,086.2	784.6	9.0	-190.2	-177.7	-99.0	1,277,000.5
1989/90	20,652.4	6,065.3	-404.6	572.2	22,618.4	6,590.4	1,302.5	583.5	136.4	-95.4	-64.1	4.7	57,961.6
1990/91	2,465.6	27,538.4	27,798.7	-1,617.3	10,300.2	247,216.8	15,306.1	4,458.0	274.9	-94.1	-75.5	-30.2	333,541.7
1991/92	259.9	310.8	1,124.6	15,581.9	17,701.1	170,774.4	346,192.9	22,464.9	1,188.8	-65.7	-89.7	34.4	575,478.2
1992/93	1,705.5	1,527.3	75.5	262.2	703,873.3	2,862,229.6	402,887.1	13,376.7	275.5	-280.4	-113.7	-10.0	3,985,808.6
1993/94	12,431.1	58,289.6	17,885.2	79,625.9	227,945.2	799,333.3	537,486.7	14,294.8	2,147.4	620.7	-97.8	-80.7	1,749,881.5
1994/95	-155.4	601.5	4,203.3	694.4	91,215.1	39,925.6	52,970.4	1,343.4	97.8	-24.6	-117.4	45.3	190,799.4
1995/96	424.8	3,566.1	11,658.4	31,776.4	531,506.1	553,017.9	84,956.9	1,531.6	977.3	-100.8	-59.6	-179.4	1,219,075.7
1996/97	1,123.3	-205.1	-1,136.0	-303.0	20,633.2	10,795.6	23,535.7	2,338.4	171.1	-109.9	-139.3	-32.3	56,671.6
1997/98	2,466.2	39,085.3	381,797.9	1,777,632.9	6,082,650.7	14,069,709.6	2,935,094.2	-1,134,948.8	567.9	184.4	157.5	-17.9	24,154,379.9
1998/99	7,514.5	3,686.0	417.2	18,199.6	2,795,846.9	577,081.3	80,793.9	52,644.6	4,598.1	1,087.1	10.1	6,879.0	3,548,758.4
1999/00	10,878.1	2,152.9	21,520.3	3,832.5	238,725.0	2,123,956.6	183,510.2	64,033.9	1,077.5	-37.7	-76.4	413.0	2,649,985.8
2000/01	229.4	-519.0	11,732.0	258,181.4	191,880.7	4,194,166.6	517,143.4	10,789.4	3,234.5	650.5	136.7	861.5	5,188,487.1
2001/02	-737.1	31,561.1	16,748.2	2,552.7	65,227.2	1,285,928.6	921,397.0	1,953.4	1,119.1	47.3	-277.8	-347.8	2,325,171.9
2002/03	2,902.2	14,692.9	52,816.8	11,676.5	41,922.5	63,840.3	23,695.1	3,845.0	1,445.5	-36.5	-195.1	-72.6	216,532.6
2003/04	-238.6	944.1	3,577.2	-82.0	11,288.4	18,823.0	29,992.3	2,532.1	791.9	-37.3	-149.9	-63.5	67,377.6
2004/05	1,550.5	12,409.7	28,828.7	18,598.8	4,102.3	379,789.3	46,905.4	551.9	102.4	-79.0	-36.4	-95.4	492,628.0
2005/06	738.3	-755.2	4,172.1	18,911.9	355,179.2	3,218,277.3	714,900.4	2,670.8	566.8	-254.0	-91.6	145.3	4,314,461.2
2006/07	-289.0	1,280.0	40,210.9	22,634.4	5,050.3	583,822.1	238,887.3	9,061.9	361.5	-80.9	-231.9	-110.3	900,596.3
2007/08	612.8	4,909.5	-240.4	26,736.3	985,460.0	1,115,958.2	912,139.0	13,365.7	1,112.5	409.9	43.6	518.9	3,061,025.8
2008/09	5,909.7	8,983.5	237.7	118,034.8	548,004.8	1,347,149.1	148,033.0	8,787.8	1,539.6	599.4	94.8	-116.5	2,187,257.6
2009/10	319.5	20,191.9	30,054.8	8,497.5	89,706.8	240,346.6	216,009.5	17,813.4	513.3	-70.8	-25.0	6.2	623,363.8
2010/11	203.4	1,963.0	1,535.3	13,471.2	-25,339.0	26,306.2	228,340.3	2,024.0	-191.8	-58.2	-133.1	-193.8	247,927.4
2011/12	-83.4	262.0	5,533.9	57,713.0	758,139.4	380,920.4	84,726.5	10,642.1	929.6	325.8	115.5	-57.3	1,299,167.6
2012/13	1,828.2	7,470.6	784.9	4,193.0	58,178.1	1,309,167.6	44,106.7	5,115.6	1,220.2	137.7	-131.7	-279.0	1,431,791.9
2013/14	1,121.5	-274.8	3,144.2	4,742.5	10,385.1	174,469.1	4,721.8	10,516.9	243.4	-27.1	-62.5	-47.6	208,932.6
2014/15	219.9	899.5	2,897.0	34,482.8	33,493.8	1,572,885.0	207,299.3	5,106.5	1,709.9	-198.4	-260.5		1,858,534.9
MAXIMO	20,652.4	58,289.6	381,797.9	1,777,632.9	6,082,650.7	14,069,709.6	2,935,094.2	64,033.9	4,598.1	1,087.1	157.5	6,879.0	24,154,379.9
MINIMO	-737.1	-755.2	-1,136.0	-1,617.3	-25,339.0	6,590.4	1,302.5	-1,134,948.8	-191.8	-280.4	-277.8	-347.8	56,671.6

Fuente: PEJEZA

b) Mapa Topográfico

Se ha utilizado el ASTER GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model) de resolución espacial igual a 30 metros. Este producto ha sido desarrollado por La NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI). Se encuentra disponible gratuitamente en internet y cubre el 99% de la superficie del planeta.

Figura 8.3 DEM de la cuenca Alta Jequetepeque



c) Estudio de suelos

El estudio de suelos ha sido recopilado del proyecto 'Pago por Servicios Ambientales' del Water & Food Challenge Program (WFCP) realizado para la cuenca alta Jequetepeque (2007), disponible en internet. De ahí se extrae el mapa y las características físicas de los suelos requeridas por el modelo tales como la granulometría, la permeabilidad, la estructura, la cantidad de materia orgánica contenida, el porcentaje de carbono, la densidad aparente y el agua aprovechable en el suelo, además del punto de marchites y la capacidad de campo.

Cuadro N° 8.2 Características físicas de los suelos en la cuenca alta Jequetepeque

Código de suelo	Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cc)	Agua aprovechable (%)	Carbono orgánico (%)	Granulometría (%)			Estructura	Permeabilidad (cm/hora)
					Arcilla	Limo	Arena		
T	0 - 31	1.32	14.2	3.92	33	30	37	Bsfm2	2.08
	31 - 70	1.19	16.4	0.88	49	16	35	Bsfm1	0.87
	70 - 120	1.68	7.5	0.42	12	23	65	Bsf1	8.2

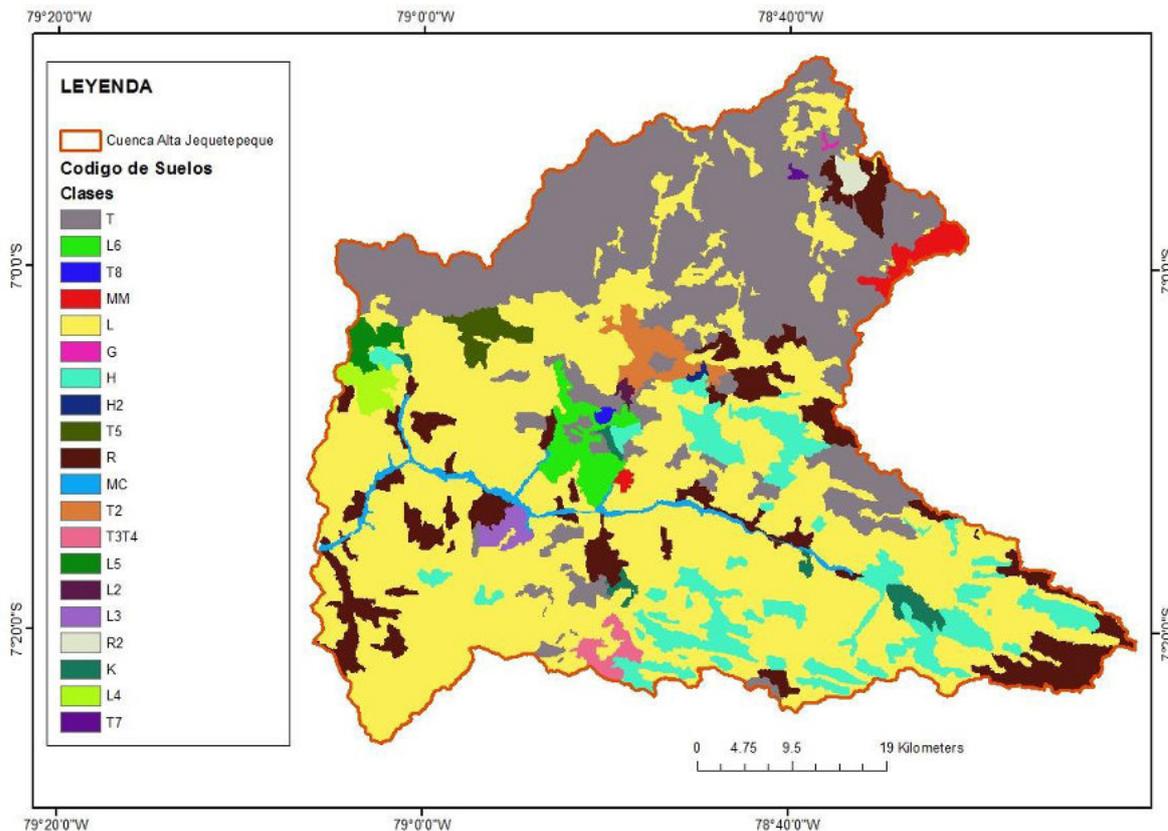
Estudio:
Evaluación de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Jequetepeque

K	0 - 18	1.26	15.9	1.52	47	20	33	Bam2	0.32
	18 - 41	1.2	16.4	1.12	49	20	31	Bafm1	0.52
	41 - 78	1.24	15.7	0.69	42	17	41	Bafm1	0.47
	78 - 120	1.76	7.2	0.31	12	15	73	GS	21
L	0 - 30	1.31	0.15	1.44	37	14	49	Bsm2	2.27
	30 - 81	1.43	0.12	0.53	20	33	47	Bsf1	5.25
L2	0 - 25	1.22	14.4	1.68	39	26	35	Bsfm2	1.84
	25 - 58	1.18	15.8	1.36	43	26	31	Bsfm1	0.46
	58 - 120	1.52	11.2	0.42	20	19	61	Bsfm1	6.2
T2	0 - 18	1.31	16.3	1.4	47	16	37	Gfm2	0.27
	18 - 90	1.65	7.4	0.36	18	18	64	Bsf1	6.75
L3	0 - 21	1.25	16.2	3.6	45	24	31	Bsm2	0.43
	21 - 45	1.3	14.2	0.72	37	22	41	Bsfm1	1.93
	45 - 78	1.28	16.6	0.08	45	18	37	Baf1	0.5
T3T4	0 - 16.5	1.35	0.13	1.2	37	19	44	-	-
	16.5 - 65	1.23	0.16	0.84	44	19	37	-	-
	650 - 120	1.52	0.1	0.27	21	23	56	-	-
L4	0 - 16	1.48	11.5	0.92	31	18	51	Bsfm2	6.32
	15 - 34	1.33	14.6	0.44	37	16	47	Baf1	3.27
	34 - 120	1.62	7.8	0.31	30	15	55	B1f1	7.62
L5	0 - 18	1.25	16.4	1.12	45	18	37	Bsfm2	0.55
	18 - 43	1.19	16.6	0.8	49	16	35	Bafm1	0.48
	43 - 120	1.34	11.4	0.37	22	37	41	Baf1	3.38
T5	0 - 22	1.3	14.2	0.88	39	20	41	Bsfm1	2.27
	22 - 38	1.1	16.7	0.65	51	16	33	Bafm2	0.12
L6	0 - 12	1.46	12.2	0.16	29	16	55	Bsfm2	6
MC	0 - 15	1.86	7	8.08	17	6	77	GS	8.2
MM	0 - 15	1.3	14.7	0.16	37	14	49	Bsf1	2.25
G	0 - 23	1.37	11.3	7.83	27	12	61	Bsfm1	5.83
	23 - 50	1.81	7.4	4.91	20	13	67	Masivo	8.75
R	0 - 19	1.29	0.16	0.88	43	22	35	Bsm2	0.52
	19 - 52	1.27	0.15	1.2	41	18	41	Bafm2	0.48
	52 - 80	1.2	0.16	0.4	46	19	35	BaFm1	0.31
R2	0 - 12	1.35	11.9	3.07	31	18	51	Bsfm1	4.91
	12 - 80	1.87	7	0.72	15	13	72	GS	12.4
T6	0 - 29	1.33	12.7	6.26	22	48	30	Gm2	4.25
	29 - 70	1.67	12.4	1	19	23	58	Bsfm1	6.8
	70 - 120	1.67	12.4	1	19	23	58	Bsfm1	6.8
T7	0 - 32	1.4	11.8	2.58	20	46	34	Bsm2	5.75
	32 - 78	1.79	10.7	0.72	15	17	68	Bsf1	7.71
T8	0 - 14	1.27	15.2	3.19	34	36	30	Bsfm2	2.12
	14 - 37	1.31	12.6	1.23	22	40	38	Bsf1	6.2
	37 - 120	1.31	12.6	1.23	22	40	38	Bsf1	6.3
H	0 - 30	1.35	11.4	1.63	26	45	29	Bsfm2	4.23
	30 - 80	1.29	11.2	0.75	29	21	50	Bsf1	6.2
H2	0 - 23	1.42	12.5	2.03	23	30	47	Bsm2	6
	23 - 62	1.21	15	0.86	33	32	35	Pm2	1.2
LR	0 - 25	1.3	0.15	1.16	40	18	42	-	-

	25 - 67	1.35	0.13	0.87	31	26	44	-	-
--	---------	------	------	------	----	----	----	---	---

Fuente: CEDEPAS, 2006

Figura N° 8.4 Mapa de suelos en la cuenca Alta Jequetepeque (CEDEPAS, 2006)

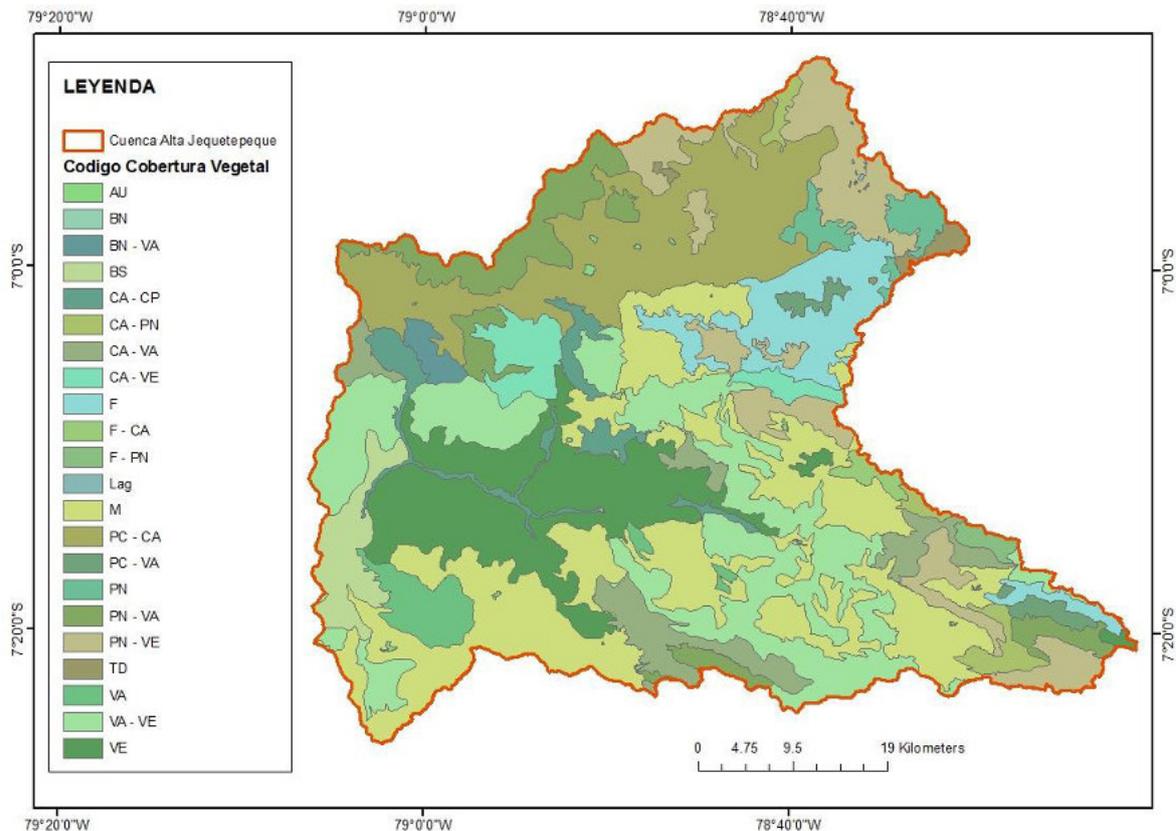


d) Cobertura vegetal y el uso de la tierra

El mapa de cobertura vegetal a nivel nacional ha sido elaborado por el Ministerio del Ambiente (MINAM). Este mapa fue elaborado mediante el análisis visual de imágenes satelitales del año 2009, luego verificado en el terreno a nivel aéreo, terrestre y fluvial. La escala de interpretación o mapeo fue de 1/100 000, con un área mínima de mapeo de 25 ha y, excepcionalmente, de 5 ha en casos especiales.

En el Capítulo I se detalla cada uno de los tipos de cobertura vegetal identificados en la cuenca Alta Jequetepeque.

Figura N° 8.5 Mapa de cobertura vegetal en la cuenca Alta Jequetepeque (MINAM)



8.4.5. Calibración del Modelo de Sedimentos

Es necesario adaptar nuestra información disponible a formatos reconocidos por el modelo SWAT, para mayores detalles ver el manual de usuario del SWAT (Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation).

La metodología se puede como resumir según:

- **Estructuración de la información climática.**

SWAT asigna a cada HRU la estación más cercana, en el caso de precipitación cada una cuenta con una estación ficticia, los datos son incorporados al modelo mediante archivos tipo texto de estaciones y de series, en el caso de temperatura máxima y mínima adicionalmente es necesario proveer los estadísticos (en base a su respectiva serie) para el generador de clima WXGEN. Para las demás variables solo se han incorporado dichos estadísticos para cada estación. La metodología para el cálculo de los estadísticos esta descrita en el manual teórico del modelo (Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation, 2009).

- **Procesamiento de la información espacial.**

Lo cual implica delimitación de las capas para la zona de estudio, corrección por llenado de sumideros en el caso del DEM y re proyección a un solo sistema de coordenadas: UTM Zona 17S, Coordenadas Falsas N: 1 000.000 m y E: 500.000 m, Datum WGS (Elipsoide WGS 1984).

- **Estructuración de la base de datos SWAT.**

Con respecto a los datos de suelos, SWAT maneja una base de datos ACCES mediante la cual se pueden incorporar los parámetros de suelo. La mayoría de estos parámetros son datos disponibles en el Cuadro N^o, otros como el grupo hidrológico de los suelos, clasificación textural, factor de erodabilidad y contenido de materia orgánica son calculados según el manual teórico de SWAT en base a estos datos.

- **Reclasificación del mapa de cobertura vegetal.**

Según las características observadas, a las coberturas del suelo presentes en la cuenca se les realizó la relación de los códigos de las coberturas de la base de datos de SWAT, el cual posee 127 tipos de cobertura con diferentes variables o atributos adicionales. El cuadro N^o 8.3 describe la reclasificación.

Cuadro N^o 8.3 Reclasificación de las coberturas vegetales

Código	Descripción de Cobertura	Código SWAT	Descripción SWAT
CA - VE	Tierras con cultivos agrícolas, vegetación escasa y afloramientos rocosos	AGRL	Agricultural Land-Generic
CA - VA	Tierras con cultivos agrícolas y vegetación arbustiva	AGRL	
CA - PN	Tierras con cultivos agrícolas y pastos naturales	AGRL	
CA - CP	Tierras con cultivos agrícolas y cultivos permanentes	AGRL	
PC - VA	Tierras con pastos cultivados y vegetación arbustiva	AGRR	
PC - CA	Tierras con pastos cultivados y cultivos agrícolas	AGRR	
M	Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	AGRR	
VE	Tierras con vegetación escasa y afloramientos rocosos	FRSD	Forest-Deciduous
BS	Tierras con bosque seco	FRST	Forest-Mixed
BN - VA	Tierras con bosques naturales y vegetación arbustiva	FRST	
BN	Tierras con bosques naturales	FRST	
F - PN	Tierras con plantaciones forestales y pastos naturales	PINE	Pine
F - CA	Tierras con plantaciones forestales y cultivos agrícolas	PINE	
F	Tierras con plantaciones forestales	PINE	
VA - VE	Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos	RNGB	Range-Brush
VA	Tierras con vegetación arbustiva	RNGB	
TD	Tierras degradadas	RNGB	
PN - VE	Tierras con pastos naturales, vegetación escasa y afloramientos rocosos	RNGE	Range-Grasses
PN - VA	Tierras con pastos naturales y vegetación arbustiva	RNGE	
PN	Tierras con pastos naturales	RNGE	
AU	Tierras con áreas urbanas	URLD	Urban Low Density
Lag	Cuerpos de agua	WATR	Water

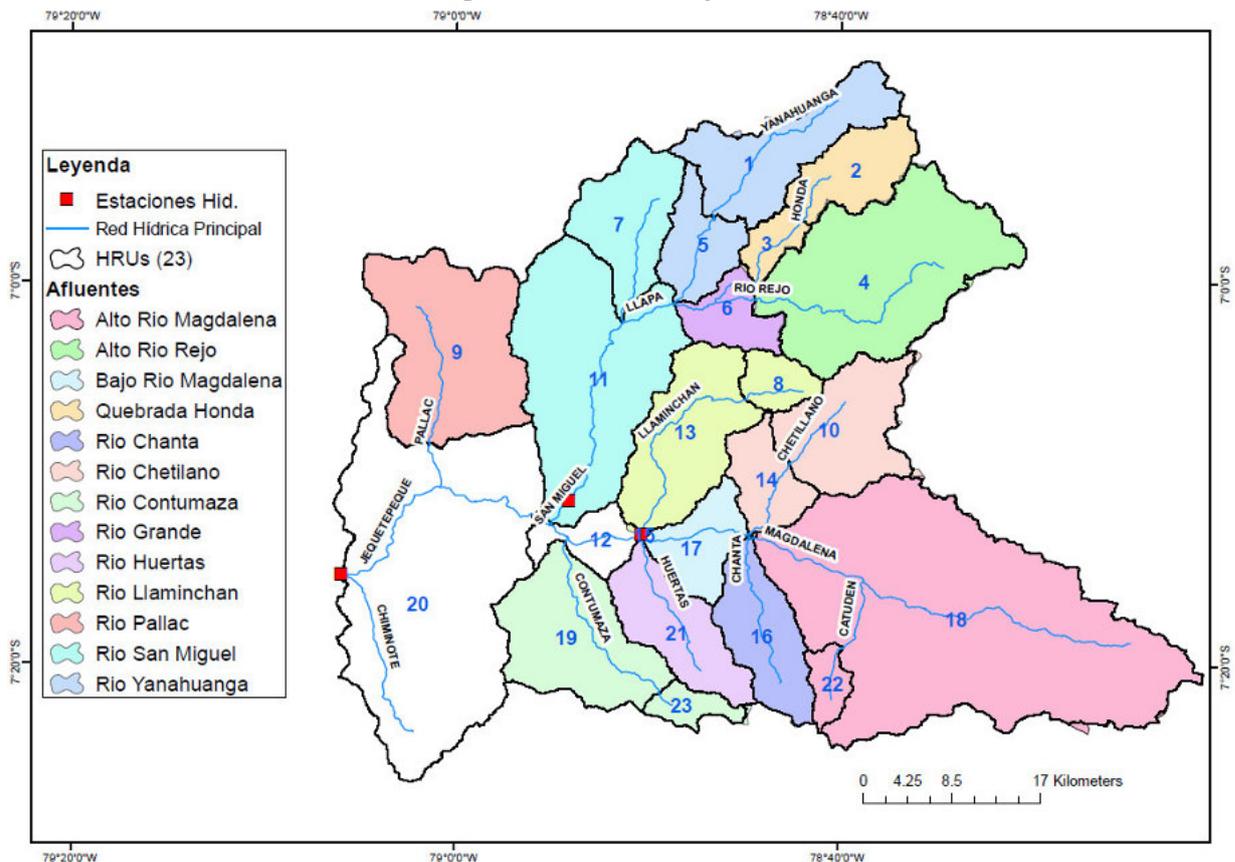
- **Generación de las Unidades de Respuesta Hidrológica (HRUs).**

La delimitación de las afluentes principales (14) fueron definidos en el capítulo III (modelo para generar descargas), además se cuenta con puntos de control en las estaciones hidrométricas y las principales tomas por lo que en total se consideran 23

subcuencas. En SWAT es posible definir uno o múltiples HRUs para cada subcuenca, es decir unidades que presentan condiciones de uso de tierra, suelo y topografía homogéneos y que producen un impacto particular sobre la cantidad y calidad del agua. Se ha optado por definir un solo HRUs por subcuenca en base a las características dominantes de cobertura vegetal, tipo de suelo y pendiente.

La figura N° es el esquema del modelo SWAT ahí se puede apreciar la numeración de los HRUs, de color se representan los afluentes modelados y de blanco los HRUs (20 y 12) considerados secos.

Figura N° 8.6 HRUs y Afluentes



• Calibración

Gran parte de los parámetros quedan definidos en forma automática a partir de los datos de entrada, mientras que otros resultan determinados por valores por *default* del modelo, los parámetros a calibrar se determinaron mediante el análisis de sensibilidad paso a paso (*one at the time*), en el que se hizo variar un parámetro, dejándose constante los demás, para cada parámetro se ejecutaron múltiples simulaciones dentro de su rango físico permitido, comparándose visualmente el caudal observado y simulado en cada gráfico resultante de cada variable. De este modo se pretendía determinar los parámetros de entrada de mayor influencia en los componentes de escurrimiento y sedimentos y así seleccionarlos para la calibración.

Las calibraciones de caudales se abordaron independientemente para los tributarios principales: río Chilote (estación Chilote) y río San Miguel (estación Las Paltas); y al final en el río principal Jequetepeque (estación Yonan).

En la calibración, algunos parámetros se modificaron sustituyendo un valor por otro (parámetros considerados iguales para las subcuencas), y en otras situaciones se optó por reducir o aumentar un porcentaje de los mismos (parámetros que varían espacialmente como el curva número o capacidad de almacenamiento de agua).

Con respecto a la calibración los sedimentos, la tasa de erosión mensual es determinada por el modelo, sin embargo SWAT no simula el transporte de sedimentos por arrastre. Las cantidades de sedimento en suspensión se expresan en peso en el modelo (Toneladas métricas) pero la sedimentación dentro del embalse se evalúa en volumen, por lo que es necesario transformar el peso a volumen para la calibración utilizando el dato de peso específico del material depositado. El peso específico depende de la granulometría del material sedimentado, de las reglas de operación y de la compactación de los sedimentos a lo largo del tiempo. Se ha utilizado el valor de 1.35 Ton/m³ como valor promedio en base a experiencias similares, ya que no se cuentan con datos de medidos.

Cuadro N° 8.4 Indicadores de calibración de caudales - Estación Yonan

INDICADORES CALIBRACION MENSUAL			
Caudal med ref.	Q _{rm}	36.75	m ³ /s
Caudal med sim.	Q _{sm}	38.76	m ³ /s
Nash	NASH	90.55	%
Relative Volume Bias	RVB	5.46	%
Nash-In	LN NASH	94.97	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.95	-
Coefficient of determination	r ²	90.71	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	0.42	-
Data	n°	203	-

Los resultados de la calibración de caudales líquidos en Yonan, muestran una eficiencia NASH de 90% lo cual es satisfactorio. Respecto a la producción de sedimentos en suspensión, mostrados en la Figura N° 8.8, el modelo SWAT predice aceptablemente el régimen de sedimentos, sobre todo en años normales, la eficiencia del modelo de sedimentos, medido por el indicador de NASH, es de 71% lo cual es considerado bueno.

Cuadro N° 8.5 Indicadores de calibración- Volúmenes de Sedimentos en suspensión retenidos (Gallito Ciego)

INDICADORES CALIBRACION MENSUAL			
Volumen med ref.	Q _{rm}	139166	m ³
Volumen med sim.	Q _{sm}	181928	m ³
Nash	NASH	71.04	%
Relative Volume Bias	RVB	18.79	%
Nash-In	LN NASH	69.41	%
Pearson Correlation Coefficient	PEARSON	0.72	-
Coefficient of determination	r ²	74.43	%
Relative Root Mean Square Error	RRMSE	1.81	-
Data	n°	323	-

Figura N° 8.7

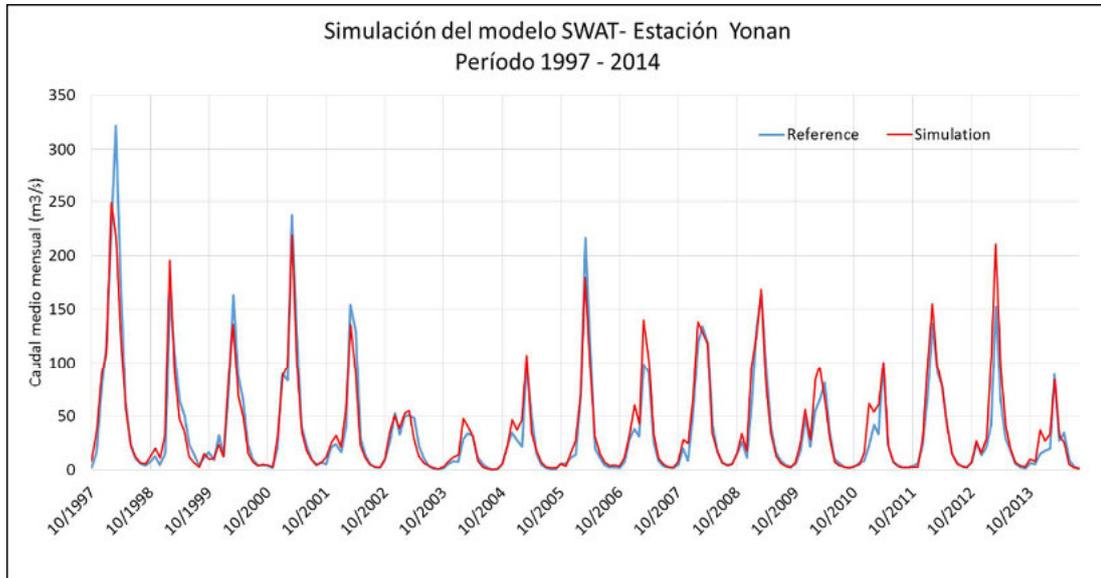


Figura N° 8.8

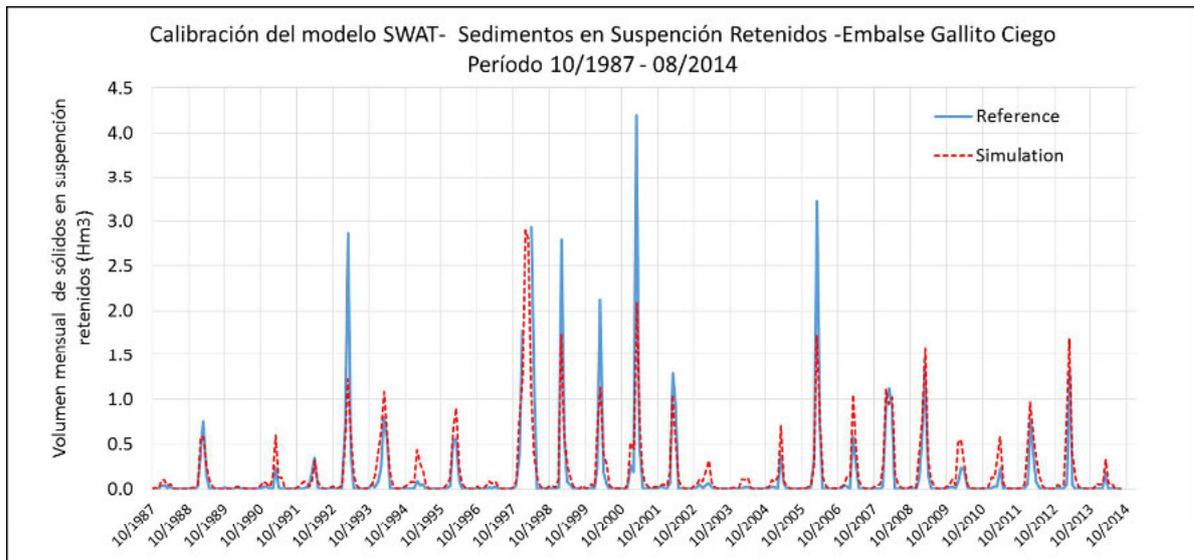
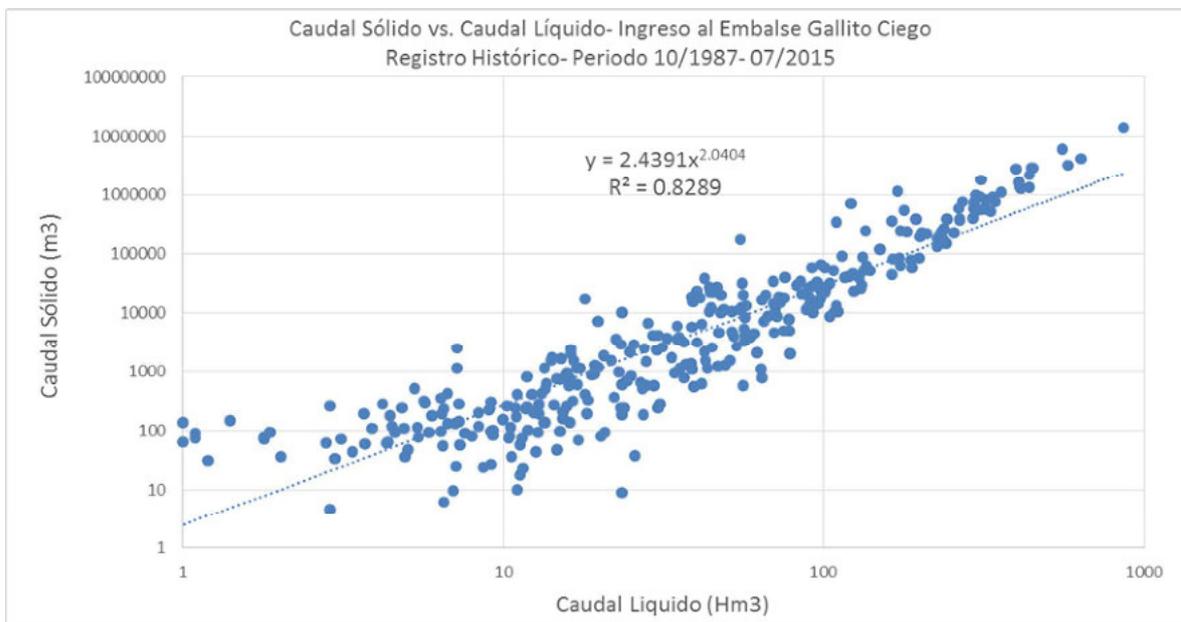


Figura N° 8.9



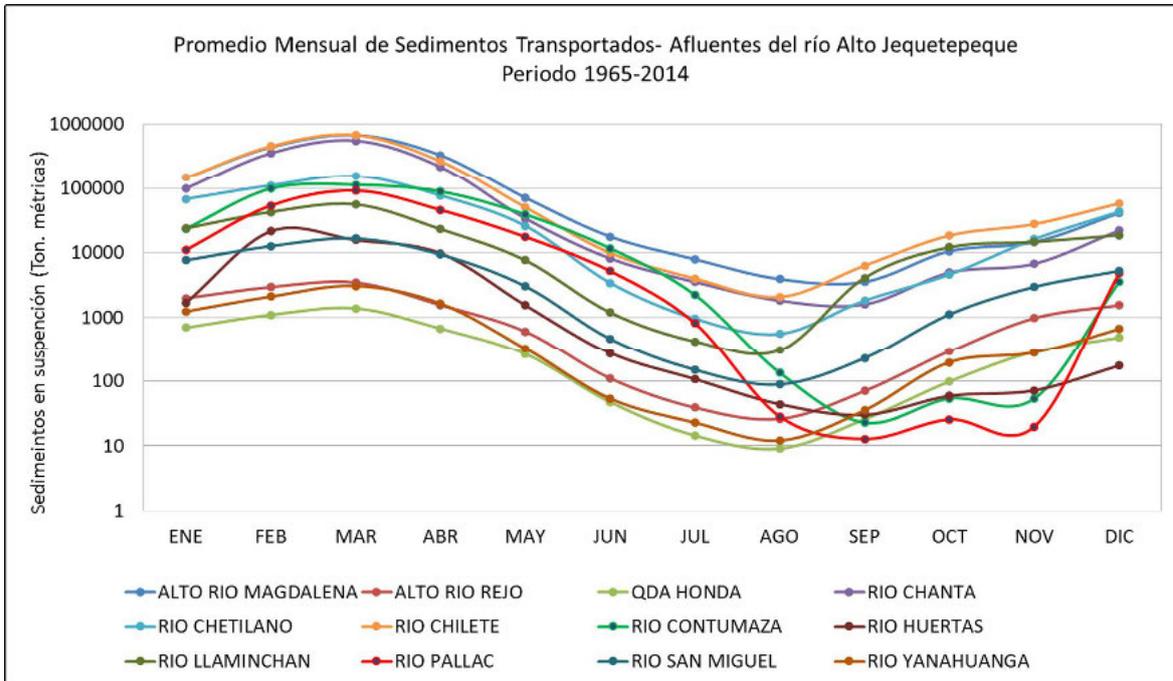
8.5. Transporte de Sedimentos en Suspensión en la cuenca Jequetepeque

Los resultados se describen mediante promedios multianuales de sedimentos transportados para los principales afluentes (Toneladas métricas).

Cuadro N° 8.6 Promedio Mensual de Sedimentos Transportados, Periodo 1965-2014 (Ton)

AFLUENTES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ALTO RIO MAGDALENA	147110	443008	679956	331365	70638	17661	7875	3886	3520	10497	14483	40600	1770597
ALTO RIO REJO	1980	2935	3456	1552	602	110	39	26	70	291	969	1540	13569
QDA HONDA	692	1095	1382	669	265	47	14	9	26	98	287	485	5068
RIO CHANTA	98743	356167	556636	218451	33700	8100	3517	1809	1583	4896	6707	21922	1312229
RIO CHETILANO	67368	109809	154766	76620	25903	3404	953	553	1815	4582	16136	42735	504643
RIO CHILETE	146892	456839	678569	267884	50195	9894	3972	2069	6290	18327	27571	57404	1725905
RIO CONTUMAZA	23409	97743	112199	88055	38848	11662	2221	134	23	54	53	3503	377906
RIO HUERTAS	1682	21242	15604	9752	1538	273	107	44	30	59	71	173	50576
RIO LLAMINCHAN	23710	42424	55563	23022	7593	1187	422	303	4077	12069	14553	18531	203454
RIO PALLAC	11007	53174	91267	45684	17488	5179	810	28	13	25	20	4805	229500
RIO SAN MIGUEL	7608	12576	16491	9348	3016	463	149	88	226	1111	2948	5199	59223
RIO YANAHUANGA	1235	2096	3066	1637	324	53	23	12	35	195	278	662	9616

Figura N° 8.10



De los resultados mostrados en el Cuadro N° 8.6, el río San Miguel transporta una baja cantidad de sedimentos a diferencia del río Chilette que transporta una elevada cantidad.

Figura N° 8.11

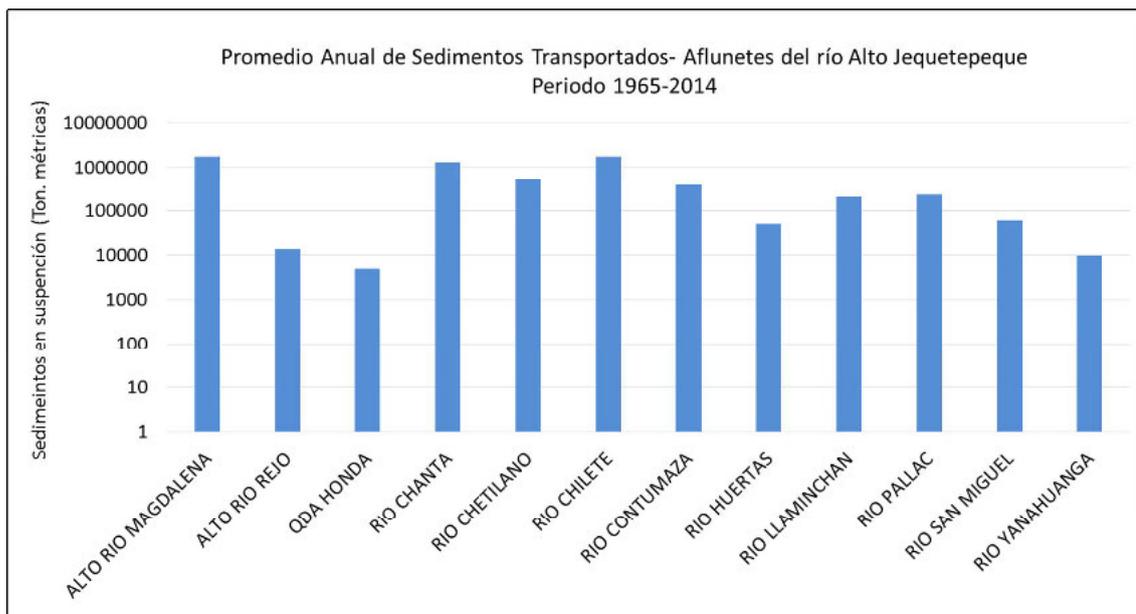


Foto N° 8.1, río San Miguel antes de su confluencia con el río Chilete (se observa aguas claras con poco material sedimentario).



Foto N° 8.2, río Chilete antes de su confluencia con el río San Miguel.



IX. ESCENARIOS DE APROVECHAMIENTO HIDRICO SUPERFICIAL

9.1. OFERTA HIDRICA CON ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO

Los impactos del cambio climático afectarán la disponibilidad del agua, la producción y la calidad de los alimentos y la incidencia de las enfermedades transmitidas por vectores en América Latina.

Modelo Climático Global (GCM)

Las actividades humanas, fundamentalmente la quema de combustibles fósiles y los cambios en los usos del suelo, alteran la composición química de la atmósfera al emitir cantidades cada vez mayores de gases de efecto invernadero. El incremento en la atmósfera terrestre de la presencia de gases, transparentes a la radiación solar y que absorben la radiación de onda larga emitida por la tierra, ha provocado un aumento del calor solar retenido por la atmósfera. Este aumento de calor atrapado es el origen del cambio climático, cuyas principales características son el aumento de la temperatura media mundial (calentamiento global); los cambios en la nubosidad y las precipitaciones, especialmente sobre la tierra; el deshielo de los casquetes polares y glaciares, así como la reducción de la capa de nieve; y el aumento en las temperaturas de los océanos y su acidificación.

El sistema climático se puede representar mediante modelos de diverso grado de complejidad; en otras palabras, para cada componente o conjunto de componentes es posible identificar un espectro o jerarquía de modelos que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que aparecen representados explícitamente los procesos físicos, químicos y biológicos.

Al respecto, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI ha estimado datos meteorológicos de; precipitaciones mensuales, temperaturas máximas y mínimas con una longitud de 50 años, estos datos son los reportes simulados con Modelos Climáticos Globales (GCM) en diversos escenarios de emisión desde año 2016 hasta 2065. Estos escenarios denominados RCP (Representative Concentration Pathways, en español Trayectorias Representativas de Concentraciones) reciben su nombre de acuerdo con el forzamiento radiativo que producen al año 2100. En el Perú, SENAMHI ha generado datos para tres modelos climáticos y contempla dos escenarios para cada modelo:

- CANESM2 - RCP4.5
- CANESM2 - RCP8.5
- CNRM - CM5 - RCP4.5
- CNRM - CM5 - RCP8.5
- MPI - ESM - MR - RCP4.5
- MPI - ESM - MR - RCP8.5

La metodología planteada para estimar cambios en la oferta hídrica, a través de la aplicación del modelo precipitación-escorrentía RS Minerve (SOCON), propone el análisis para los seis escenarios de cambio climático.

La cuenca seleccionada es la superficie colectora de la estación hidrométrica Yonan, en el río Jequetepeque, ubicada en la parte alta y por lo mismo representativa de la cuenca aportante al río Jequetepeque. Para el análisis de

cambio climático se considera que la cuenca alta Jequetepeque es de régimen natural, las demandas no afectan significativamente las descargas del modelo en la estación Yonan; además estas se asumen constantes en el tiempo. Los caudales del modelo se contrastan con las seis hipótesis de oferta en la situación futura para analizar la influencia del cambio climático en la variación de la oferta hídrica en el periodo 2036-2065.

9.1.1. Variabilidad Interanual y Mensual de la Precipitación

La precipitación media en la cuenca alta Jequetepeque para los 6 escenarios de cambio climático se ha obtenido mediante interpolación (inverso a la distancia) en base a las estaciones con información de modelos climáticos; dichas estaciones son coincidentes con las utilizadas en el análisis hidrológico para generar descargas: Augusto Weberbauer, Chilete, Contumaza, Granja Porcón, Lives, Llapa, Magdalena, Namora y San Juan. El periodo considerado para la serie histórica es de 1970-1999 y para la serie proyectada el periodo es 2036-2065, ambos de 30 años, se consideró ambos periodos siguiendo las recomendaciones de trabajos de investigación efectuados en Perú.

Las Figuras N°9.1, 9.2 y 9.3 muestran la variabilidad interanual de las precipitaciones y las pendientes de cada una. Se observa un incremento en todos los escenarios a excepción del escenario MPI-ESM-MR-rcp45, otra característica a resaltar es que los escenarios CANESM2-rcp845 y MPI-ESM-MR-rcp85 poseen pendientes similares al periodo histórico.

Figura N° 9.1 Modelo CANESM2

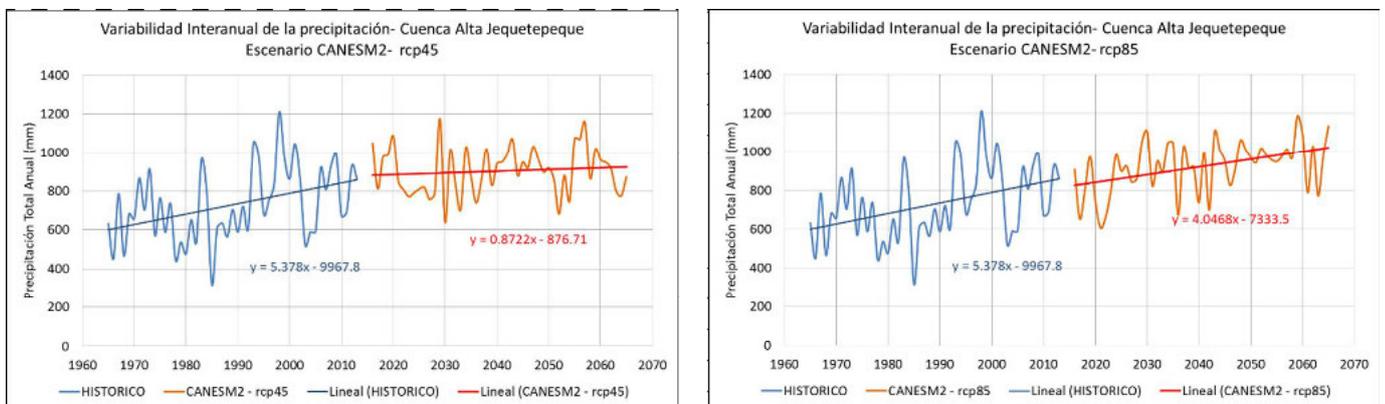


Figura N° 9.2 Modelo CNRM

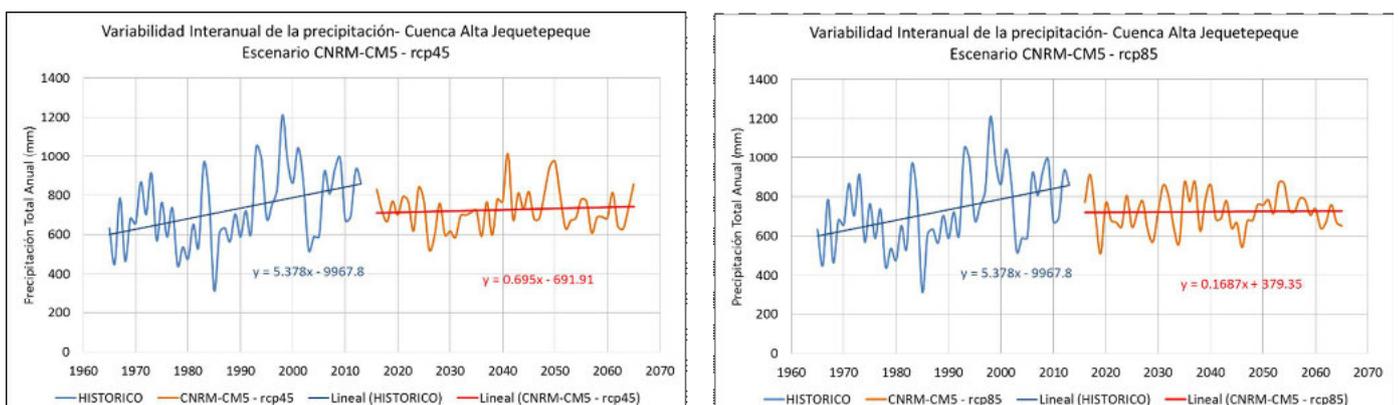
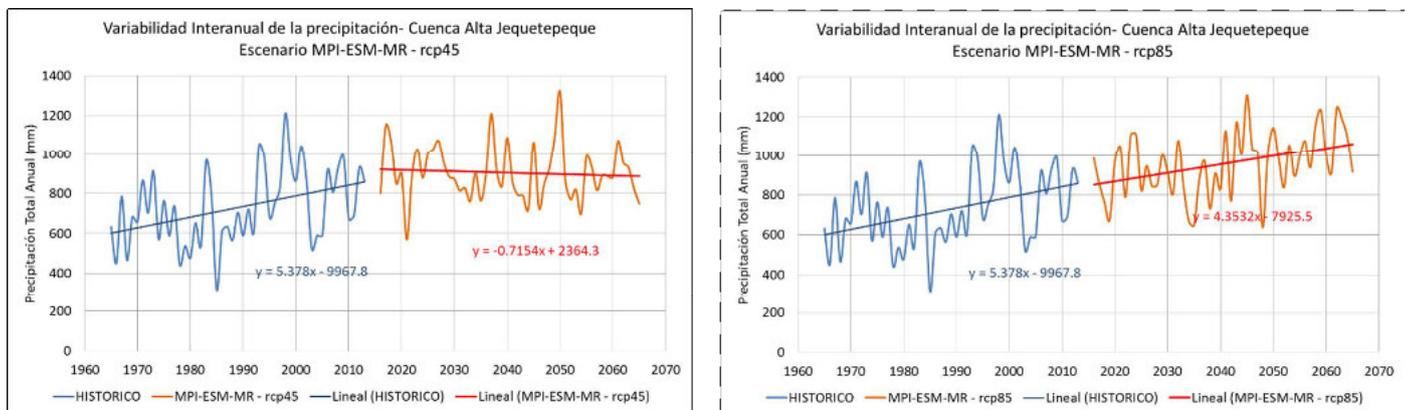


Figura N° 9.3 Modelo MPI-ESM-MR



Las Figuras N° 9.4, 9.5 y 9.6 describen la variabilidad mensual de las precipitaciones para la cuenca alta Jequetepeque.

Figura N° 9.4 Modelo CANESM2

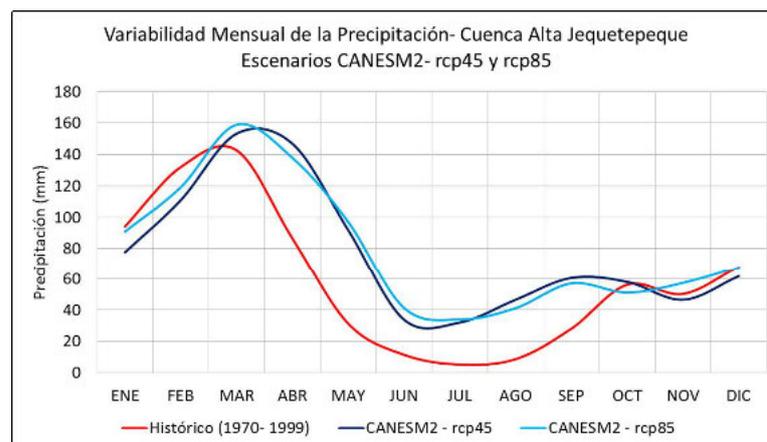


Figura N° 9.5 Modelo CNRM

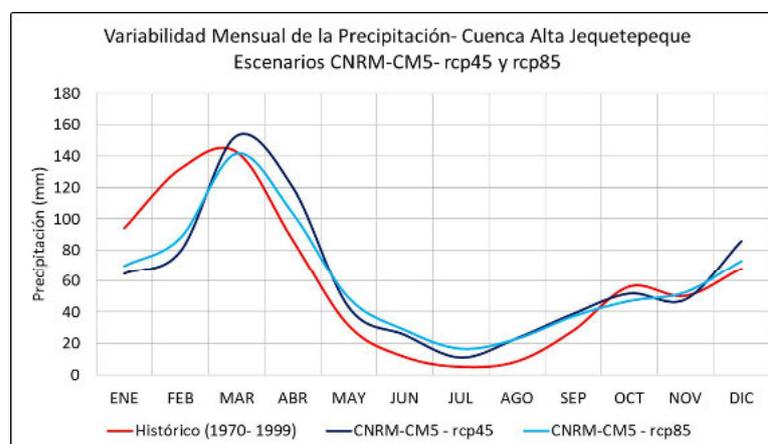
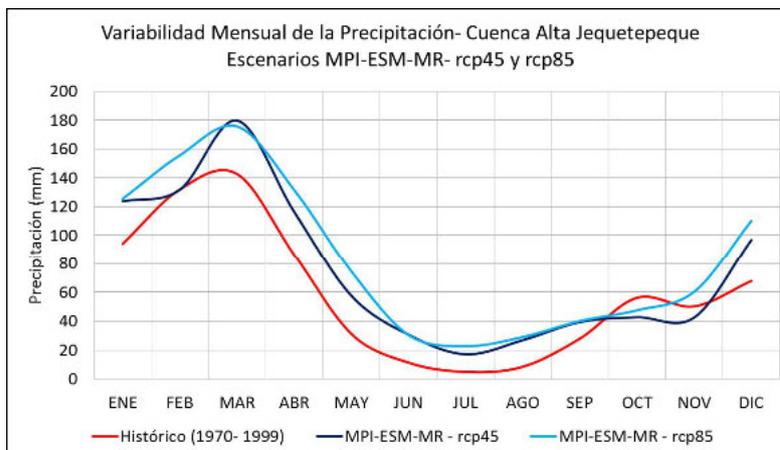


Figura N° 9.6 Modelo MPI-ESM-MR



9.1.2. Proyección Climática y Simulación Hidrológica bajo Escenarios de Cambio Climático

Se evaluó la respuesta hidrológica de la cuenca Jequetepeque considerando los cambios en las condiciones climáticas según los escenarios. Para lograr esto se ha simulado el modelo hidrológico SOCONT de la cuenca Jequetepeque considerando únicamente como nuevas variables de ingreso la precipitación y las temperaturas de los escenarios de cambio climático.

Los datos utilizados de los seis Modelos Climáticos Globales (GCM) han sido sometidos a un *Statistical Downscaling* es decir a un aumento de la resolución espacial de la información para hacer predicciones a escalas más locales (SENAMHI); sin embargo dichos datos no se han utilizado directamente debido a que la escala temporal requerida por el modelo hidrológico SOCON es diaria, no obstante es posible hacer el análisis mediante el clásico método *delta change approach* (Diaz-Nieto and Wilby, 2005; Hay et al., 2000).

El método *delta change approach* está basado en el uso de factores de cambios, las proporciones entre las medias (mensuales o estacionales) de los datos de los escenarios futuros e históricos. Este factor es luego aplicado a los datos observados (línea base) para transformar estas series en una serie de tiempo que es representativa del futuro climático (horizontes).

El método es generalmente aplicado sobre Modelos Climáticos Globales (GCM) y Modelos Climáticos Regionales (RCM), sin embargo también es posible aplicar dicho método sobre datos que han sido sometidos a un *Statistical Downscaling*, bajo el mismo principio.

El procedimiento empleado es el siguiente:

- Es recomendable utilizar 30 años para el análisis de la climatología observada y futura, períodos de tiempo mayores reducen la variabilidad dentro de la muestra y periodos menores poseen tendencias no significativas.

- Definición del período línea base (presente), es común en estudios hidrológicos de evaluación de cambio climático considerar los últimos 30 años del siglo veinte ya que en este período se han producido cambios significativos en el clima (IPCC, 2007). En este sentido se consideró el período 1970-1999. Por otro lado se han considerado los últimos 30 años de cada escenario de cambio climático, es decir 2036- 2065, como horizontes para la proyección climática.
- Calculo de los valores multianuales y mensuales para la climatología actual (1970-1999) y futura basada en el horizonte 2036-2065 para cada estación de precipitación y temperatura de los seis escenarios.
- Calculo del delta de temperatura para cada estación según la ecuación:

$$DeltaT_m^i = (Tf_m^i - To_m)$$

Donde:

$DeltaT_m^i$ es el cambio de temperatura ($^{\circ}C$) para el escenario i ($i=1, \dots, 6$) en el mes m ($m=1, \dots, 12$); Tf_m^i es la temperatura promedio futura ($^{\circ}C$) para el escenario i en el mes m ; To_m es la temperatura promedio observada ($^{\circ}C$) en el mes m .

- Calculo de la proporción o razón de precipitación para cada estación según la ecuación:

$$RatioP_m^i = (Pf_m^i - Po_m) / Po_m * 100$$

Donde:

$RatioP_m^i$ es la proporción de precipitación (%) para el escenario i ($i=1, \dots, 6$) en el mes m ($m=1, \dots, 12$); Pf_m^i es la precipitación promedio futura (mm) para el escenario i en el mes m ; Po_m es la precipitación promedio observada (mm) para el mes m .

- Aplicación del delta de temperatura y proporción de precipitación de los seis escenarios de cada estación a los correspondientes datos diarios del clima para el período de la línea base 1970-1999.

$$T_{fut,d-m-y}^i = T_{obs,d-m-y} + DeltaT_m^i$$

$$P_{fut,d-m-y}^i = P_{obs,d-m-y} + P_{obs,d-m-y} * RatioP_m^i$$

Donde:

$T_{fut,d-m-y}^i$ es la temperatura proyectada (°C) para el escenario i ($i=1,\dots,6$) y día d del mes m ($m=1,\dots,12$) en año y ($y=1,\dots,30$); $T_{obs,d-m-y}$ es la temperatura observada (°C) para el día d del mes m en el año y del período de la línea base; $P_{fut,d-m-y}^i$ es la precipitación proyectada (mm) para el escenario i y día d del mes m en el año y ; $P_{obs,d-m-y}$ es la precipitación observada (mm) para el día d del mes m en el año y del período de la línea base.

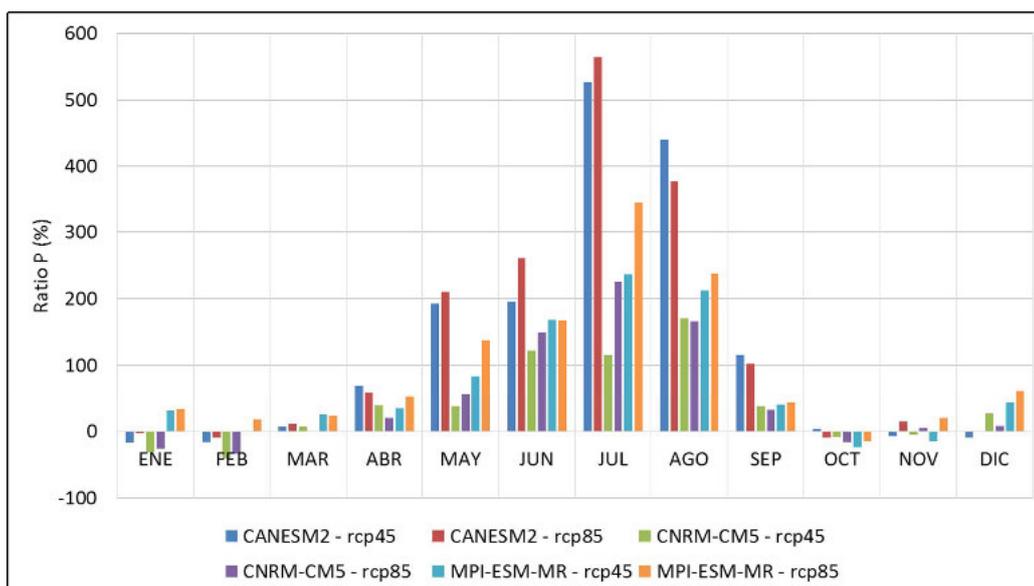
- Las precipitaciones y temperaturas proyectadas de cada escenario de cambio climático fueron corridas en el modelo hidrológico de la cuenca alta Jequetepeque generando sus respectivas descargas.

La Figura N° 9.7 y Cuadro N° 9.1 describen la proporción de precipitación a nivel de la cuenca alta Jequetepeque. Según esto se pueden apreciar cambios significativos en el periodo de estiaje.

Cuadro N° 9.1 Variación de la Precipitación mensual (Modelos GCM periodo 2036-2065 en relación al periodo 1970-1999)

Escenario	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CANESM2 - rcp45	-17.5	-16.0	7.4	69.7	193.4	195.8	526.7	441.0	115.5	3.1	-7.5	-9.1
CANESM2 - rcp85	-3.5	-9.7	11.4	59.3	210.2	261.6	564.3	378.4	103.0	-9.0	14.1	-0.5
CNRM-CM5 - rcp45	-31.4	-39.9	7.1	39.0	37.2	122.1	115.9	170.9	38.2	-7.9	-4.6	26.5
CNRM-CM5 - rcp85	-25.9	-33.4	-0.7	19.8	56.5	149.5	226.0	167.0	32.6	-16.5	4.6	7.6
MPI-ESM-MR - rcp45	31.5	-0.2	25.9	34.6	84.2	169.1	236.9	213.1	40.4	-24.0	-15.3	42.7
MPI-ESM-MR - rcp85	33.3	17.9	23.1	52.2	138.1	167.1	346.5	238.5	42.9	-15.4	20.2	62.4

Figura N° 9.7 Variación de la Precipitación mensual (Modelos GCM en relación al histórico)

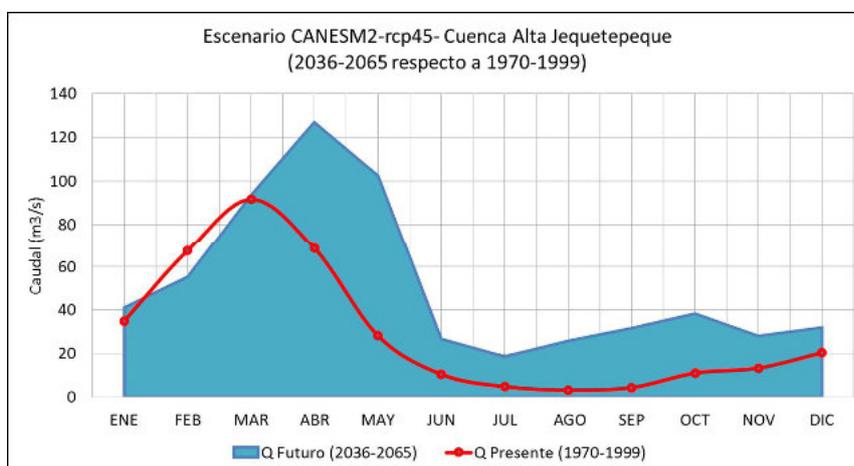


El cuadro N° 9.2 y las figuras N° 9.8, 9.9, 9.10, 9.11, 9.12 y 9.13 describen los resultados de las descargas para los seis escenarios.

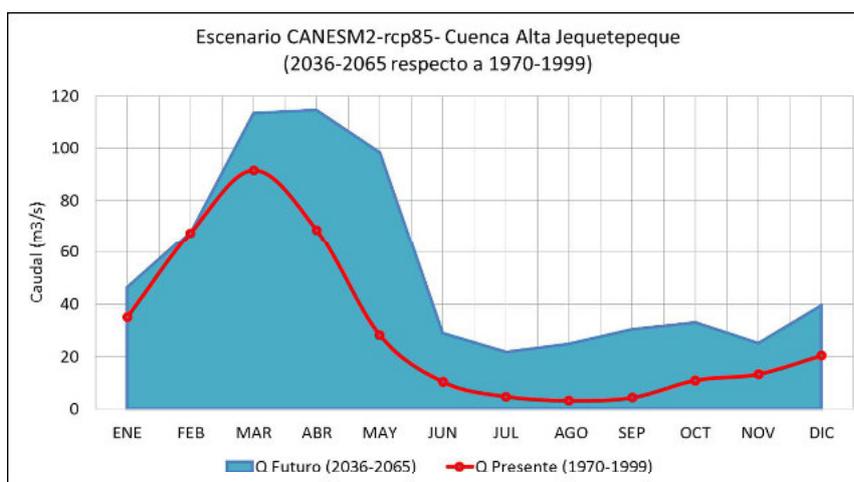
Cuadro N° 9.2
Caudales medios mensuales para los seis escenarios de cambio climático (m³/s)

Período/Escenarios	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Línea Base (1970-1999)												
Caudal Presente	35.0	67.5	91.6	68.7	28.2	10.4	4.8	3.2	4.4	11.0	13.3	20.4
Escenarios (2036-2065)												
CANESM2-RCP45	41.2	55.3	93.4	126.8	102.5	26.8	18.5	26.0	31.8	38.4	28.1	31.9
CANESM2-RCP85	46.4	68.0	113.4	114.7	98.3	28.9	21.7	24.8	30.5	32.9	25.0	39.5
CNRM-CM5-RCP45	35.0	36.6	89.0	95.8	30.6	15.1	7.1	7.9	10.8	19.0	18.6	39.5
CNRM-CM5-RCP85	44.3	36.8	68.9	73.8	31.5	16.1	9.0	8.2	10.5	17.5	18.7	34.4
MPI-ESM-MR-RCP45	162.0	83.5	132.4	98.9	42.8	20.7	10.8	11.6	13.5	17.0	15.9	46.1
MPI-ESM-MR-RCP85	123.9	140.9	131.0	108.1	57.1	22.0	13.8	14.3	16.3	20.4	21.4	63.0

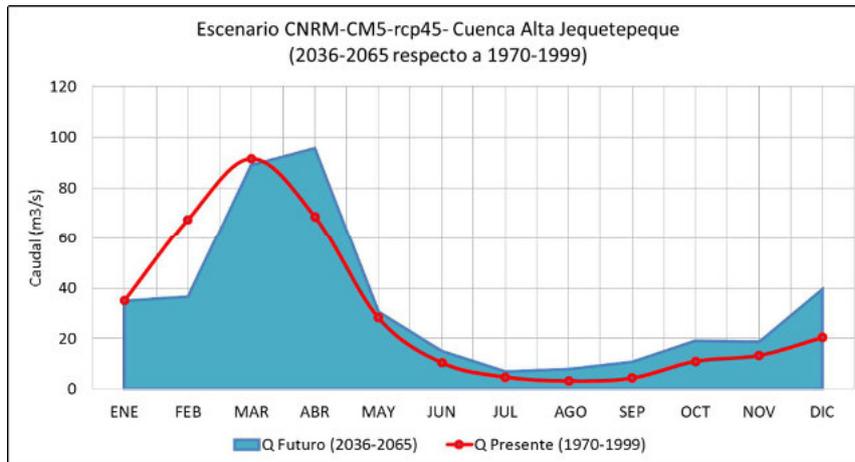
Cuadro N° 9.8



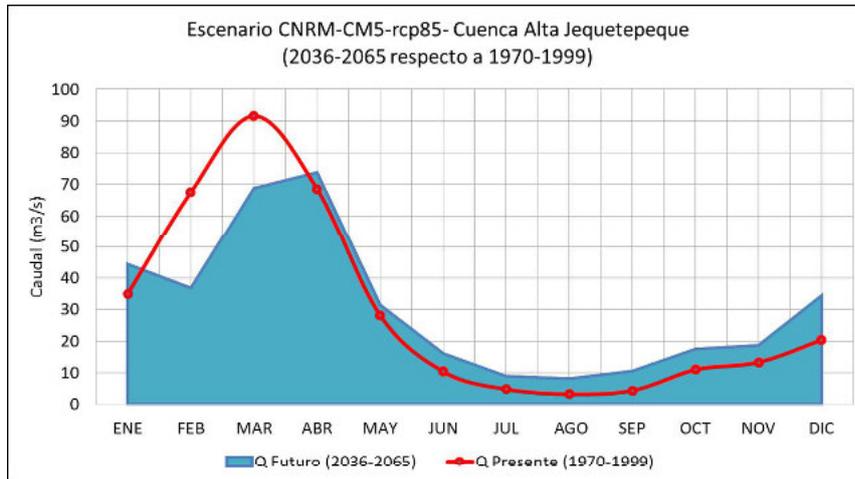
Cuadro N° 9.9



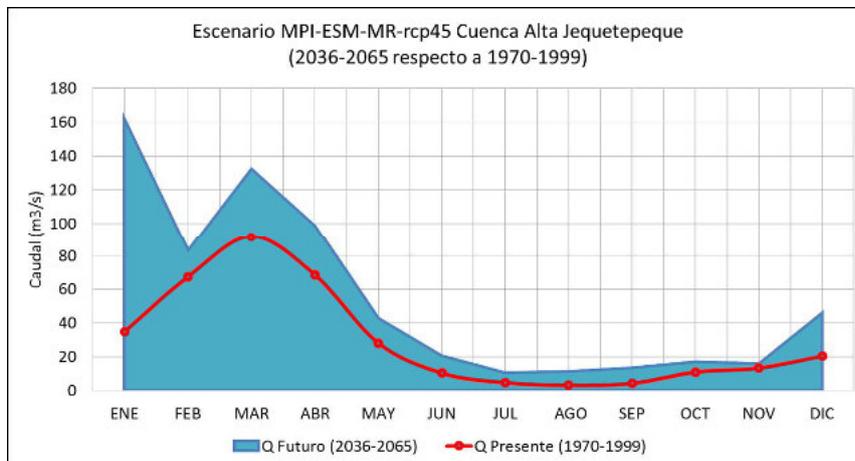
Cuadro N° 9.10



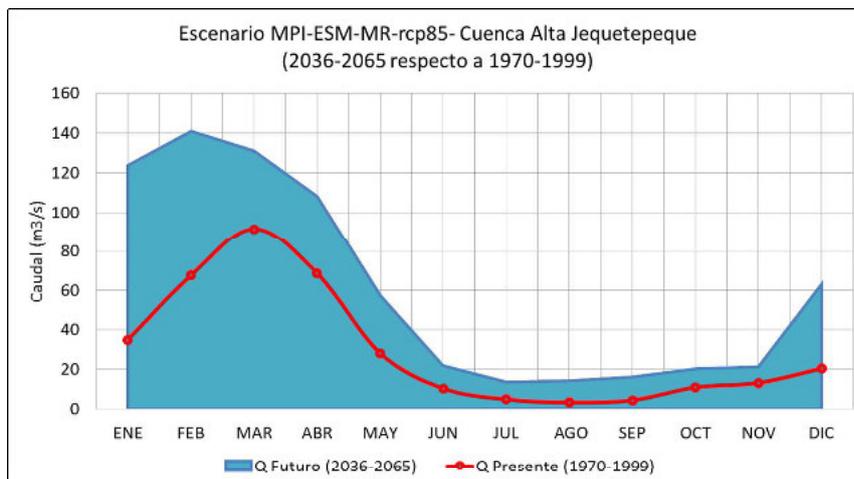
Cuadro N° 9.11



Cuadro N° 9.12



Cuadro N° 9.13



Los resultados mostrados indican que la precipitación en la cuenca Jequetepeque se incrementa en cuatro escenarios (CANESM2 - RCP4.5, CANESM2 - RCP8.5, MPI - ESM - MR - RCP4.5 y MPI - ESM - MR - RCP8.5) y en dos escenarios la precipitación disminuye (CNRM - CM5 - RCP4.5 y CNRM - CM5 - RCP8.5)

Respecto a la disponibilidad hídrica, los resultados indican que los escenarios futuros prevén un incremento de la oferta hídrica en la cuenca Jequetepeque en la época de estiaje (julio-octubre), sin embargo los resultados para los seis escenarios hipotéticos no son tan claros en el periodo húmedo (enero-abril), en el cual los caudales mensuales simulados en algunos casos son inferiores a los históricos.

9.2. DEMANDA HÍDRICA EN LA CUENCA JEQUETEPEQUE

La demanda hídrica en un escenario futuro será determinada por los proyectos hidráulicos para afianzamiento que se planean construir tanto en el valle como en la parte alta. El Proyecto Especial Jequetepeque Zaña - PEJEZA actualmente está gestionando el desarrollo de los estudios conducentes a desarrollar la II Etapa del Proyecto Jequetepeque-Zaña.

El Estudio de Factibilidad Técnica Económica, realizado en el año 1973 por Salzgitter Industriebau GmbH, establece que el objetivo del Proyecto Jequetepeque-Zaña es garantizar el riego de las tierras con agricultura establecida en los valles Jequetepeque y Zaña, así como la incorporación de tierras eriazas en ambos valles. El desarrollo del proyecto fue programado en tres Etapas, cuyas metas físicas se detallan en el Cuadro N° 9.3.

Cuadro N°9.3.
PROYECTO JEQUETEPEQUE-ZAÑA
OBJETIVOS SEGÚN ESQUEMA ORIGINAL

ETAPAS	SECTOR AGRARIO (ha)			SECTOR ENERGIA	FAMILIAS BENEFICIADAS
	MEJORAMIENTO DE RIEGO	AREAS NUEVAS	TOTAL	GENERACION ELECTRICA (MW)	
ETAPA I:					
Valle Jequetepeque	36,000	6,700	42,700		8,000
ETAPA II:					
Valle Jequetepeque		5,300	5,300		1,500
Valle Zaña	13,600	4,400	18,000		5,500
ETAPA III:					
C.H. Gallito Ciego				23	
C.H. San Juan				60	
TOTAL	49,600	16,400	66,000	83	15,000

Fuente: Proyecto Jequetepeque-Zaña - Estudio de Factibilidad Técnico Económica; Salzgitter Industriebau GmbH; 1973

La Etapa I comprendía las siguientes metas físicas:

- 1) Represamiento del río Jequetepeque mediante la Presa Gallito Ciego, en la cota 310 msnm, 105 m de altura, construida de tierra zonificada, con volumen útil de 400 hm³, para regular el riego en el Valle Jequetepeque.
- 2) Construcción del sistema de distribución y conducción compuesto por las bocatomas Talambo-Zaña (para captar hasta 72 m³/s) y Jequetepeque, Repartidor Guadalupe-Chafán, el canal Talambo-Zaña (de 31,14 km de longitud y conducir desde 32 hasta 12 m³/s en dicho tramo), y el Canal de Enlace Pueblo Nuevo-Santa-Rosa (2,6 km de longitud).
- 3) Construcción de la red de 101 km de colectores de drenaje agrícola en la parte baja del Valle Jequetepeque, en los sectores Santa Rosa-Pueblo Nuevo-San Idelfonso, El Milagro-Jequetepeque y Santa Elena-San Demetrio.
- 4) Aprovechamiento del potencial Hidroenergético del embalse mediante la Central Hidroeléctrica Gallito Ciego (34 MW de potencia instalada) y la Mini Central Hidroeléctrica Gallito Ciego para producir 220 kW, convirtiéndose por lo tanto en un proyecto hidráulico multisectorial.

La Etapa II consideró el mejoramiento de riego de 13 600 ha instaladas en el Valle Zaña así como la incorporación de 9 700 ha de tierras nuevas, de las cuales 5 300 ha pertenecen al Valle Jequetepeque y 4 400 ha al Valle Zaña. Para alcanzar dicho objetivo es indispensable la derivación de una parte de la masa hídrica de los ríos Namora (10 m³/s) y Cajamarca (20 m³/s) mediante un canal de 2,5 km y un túnel trasandino de 11 km, hacia la cuenca del río Jequetepeque. Las metas físicas incluyen la ampliación del Canal Talambo-Zaña, desde la toma lateral TP-6 hasta la margen izquierda del río Zaña, en una longitud de 42 km para conducir caudal constante de 12 m³/s.

Las obras propuestas para la Etapa III estaban destinadas al aprovechamiento del potencial Hidroenergético. Para ello se planeó la Central Hidroeléctrica San Juan, de 60 MW de potencia, siendo indispensable el proyecto del embalse Polloc, en el cauce del río Namora, para regular hasta 150 hm³.

9.3. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA

En base a las demandas multisectoriales y necesidades identificadas en el valle y la parte alta de Jequetepeque, se plantea la construcción, ampliación, y/o mejoramiento de infraestructura actual y futura. Al respecto entidades públicas están realizando acciones que comprende dos sectores; agrícola y poblacional, no se cuenta con información referente a otros sectores productivos como industrial, minero, etc.

9.3.1. Infraestructura Hidráulica para Uso Agrícola

Las obras de infraestructura, que se vienen ejecutando a través de los Proyectos de Inversión Pública - PIP, tienen por objetivo estratégico garantizar la distribución oportuna en cantidad de agua en los sistemas de riego, con infraestructura hidráulica adecuada y con acceso constante a la tecnología de manejo y uso del recurso hídrico para un uso eficiente en el sector agrícola.

Los Programas de Riego y de Promoción de la Producción Agraria están orientados al sector agrario, con el objetivo de la mejora, rehabilitación, mantenimiento y construcción de infraestructura de aprovechamiento hídrico existente y futura, así como la incorporación de actividades que signifiquen una disminución en la demanda de agua sin que exista un descenso en la producción, lo que significa el aumento de la eficiencia de riego para uso agrícola a través de la construcción y asistencia técnica en sistemas de riego a presión.

En la cuenca Jequetepeque y para el periodo 2005-2015 se tiene identificado 158 PIP, principalmente ubicados en la parte media y alta, de los cuales 86 proyectos son de Infraestructura de Riego, 37 corresponden a Riego Tecnificado y 35 proyectos son de Irrigación. Asimismo se contabilizaron 72 proyectos viables sin ejecución y aptos para ser ejecutados en un escenario futuro, tal como se muestra en el cuadro N°9.4.

Cuadro N°9.4. Proyectos de Inversión Pública en el período 2005-2015, para el sector agrícola en la cuenca alta de Jequetepeque

PROGRAMA	SUBPROGRAMA	NIVEL	SITUACION	PROYECTOS				
				CANTIDA D	CONCLUIDO	EN EJECUCIÓN	POR INICIAR 2015	SIN EJECUCIÓN
RIEGO	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	FACTIBILIDAD	EN FORMULACION	1				1
	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	FACTIBILIDAD	VIABLE	2	1	1		
	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	PERFIL	EN EVALUACION	5				5
	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	PERFIL	EN FORMULACION	9				9
	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	PERFIL	VIABLE	69	25	2	1	41
	RIEGO TECNIFICADO	PERFIL	EN EVALUACION	1				1
	RIEGO TECNIFICADO	PERFIL	EN FORMULACION	7				7
	RIEGO TECNIFICADO	PERFIL	VIABLE	29	7	3	1	18
PROMOCION DE LA PRODUCCION AGRARIA	IRRIGACION	FACTIBILIDAD	EN FORMULACION	3	2			1
	IRRIGACION	PERFIL	EN EVALUACION	6				6
	IRRIGACION	PERFIL	EN FORMULACION	2				2
	IRRIGACION	PERFIL	VIABLE	23	10			13
	IRRIGACION	PRE-FACTIBILIDAD	EN EVALUACION	1				1
			TOTAL	158	45	6	2	105
Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, período 2005-2015								
Nota: algunos proyectos viables pueden estar inactivos o sin ejecucion								

Como ya se indicó, el proyecto de infraestructura hidráulica más relevante es el desarrollo de las etapas del Proyecto Jequetepeque Zaña. La ejecución de los estudios a nivel de Factibilidad PIP, correspondientes a la II Etapa, en la base SNIP figuran como desactivadas, sin embargo PEJEZA actualmente está elaborando estudios de Pre-Inversión de la II Etapa. Otro proyecto importante que se viene ejecutando es el PIP - Construcción Canal de Irrigación El Rejo en el distrito de San Pablo, con una inversión de S/. 39'393,643.

9.3.2. Infraestructura Hidráulica para Uso Poblacional

Las obras de infraestructura que se vienen ejecutando a través de los Proyectos de Inversión Pública tienen por objetivo garantizar la atención del servicio de abastecimiento de agua potable, tanto en calidad, cantidad y oportunidad, así como el tratamiento de aguas residuales.

El Programa de Saneamiento, a través de los subprogramas Saneamiento Urbano, Saneamiento Rural y Saneamiento General, está orientado al uso poblacional, tanto en el medio urbano como el rural, con el objetivo de la mejora, rehabilitación, ampliación, mantenimiento y desarrollo de la infraestructura para el abastecimiento de agua potable existente y futura, y la construcción de instalaciones para el tratamiento de aguas residuales.

En la cuenca Jequetepeque y para el periodo 2005-2015 se tiene identificado 266 PIP de los cuales 35 proyectos son de Saneamiento Urbano, 178 corresponden a Saneamiento Rural y 53 proyectos son de Saneamiento General. Asimismo se contabilizaron 112 proyectos viables sin ejecución y aptos para ser desarrollados en un escenario futuro, tal como se muestra en el cuadro N°9.5.

Cuadro N°9.5. Proyectos de Inversión Pública en el período 2005-2015, para el sector poblacional en la cuenca de Jequetepeque

PROGRAMA	SUBPROGRAMA	NIVEL	SITUACION	PROYECTOS				
				NUMERO	CONCLUIDO	EN EJECUCIÓN	POR INICIAR 2015	SIN EJECUCIÓN
SANEAMIENTO	SANEAMIENTO URBANO	PERFIL	EN EVALUACION	1				1
	SANEAMIENTO URBANO	PERFIL	VIABLE	32	13	1		18
	SANEAMIENTO URBANO	PRE-FACTIBILIDAD	VIABLE	2	1			1
	SANEAMIENTO RURAL	FACTIBILIDAD	EN FORMULACION	1				1
	SANEAMIENTO RURAL	FACTIBILIDAD	VIABLE	1				1
	SANEAMIENTO RURAL	PERFIL	EN EVALUACION	17				17
	SANEAMIENTO RURAL	PERFIL	EN FORMULACION	7				7
	SANEAMIENTO RURAL	PERFIL	VIABLE	152	82	5		65
	SANEAMIENTO GENERAL	PERFIL	EN EVALUACION	3				3
	SANEAMIENTO GENERAL	PERFIL	VIABLE	49	19	3		27
	SANEAMIENTO GENERAL	PRE-FACTIBILIDAD	VIABLE	1	1			
			TOTAL	266	116	9	0	141
Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, periodo 2005-2015								
Nota: algunos proyectos viables pueden estar inactivos o sin ejecución								

Entre los proyectos PIP en plena ejecución destacan: 'Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de San Pablo', 'Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de San Miguel' y 'Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Contumaza', con inversiones para cada proyecto que superan los ocho millones de soles.

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La cuenca del río Jequetepeque, se encuentra ubicada en la Unidad Hidrográfica Cuenca Jequetepeque, en la vertiente del Pacífico, políticamente comprende a cuatro provincias del Departamento de Cajamarca y la provincia de Pacasmayo en La Libertad, el área de drenaje total es de 3,956 km² y sus principales afluentes son los ríos Chilete, San Miguel, Magdalena, Chanta, Huertas, Contumaza, Llaminchan, en la parte baja destacan el río Pallac y Chiminote. Los recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca son gestionados, por la ALA Jequetepeque, bajo la dirección de la Autoridad Administrativa del Agua - AAA Jequetepeque-Zarumilla.
- Para las unidades hidrográficas; Alto Jequetepeque, Medio Alto Jequetepeque, Medio Jequetepeque, Medio Bajo Jequetepeque, Bajo Jequetepeque, Chausis, Pallac, Contumaza y San Miguel, se determinaron sus parámetros físicos como son el área, altitud media, pendiente media de cuenca, longitud de cauce principal y pendiente media del cauce.
- En la cuenca del río Jequetepeque, se han identificado quince (15) zonas de vida y que corresponden a: Desierto desecado - Premontano Tropical, Desierto superárido - Premontano Tropical, Desierto perárido - Premontano Tropical, Estepa - Montano Tropical, Estepa espinosa - Montano Bajo Tropical, Matorral desértico - Montano Bajo Tropical, Matorral desértico - Premontano Tropical, Matorral desértico - Tropical, Monte espinoso - Premontano Tropical, Paramo muy húmedo - Subalpino Tropical, Bosque seco - Premontano Tropical, Bosque seco - Montano Bajo Tropical, Bosque húmedo - Montano Bajo Tropical, Bosque húmedo - Montano Tropical y Bosque muy húmedo - Montano Tropical.
- En la evaluación de campo de la flora asociada al río Jequetepeque y sus afluentes principales, se registró 71 familias que agrupan 191 especies distintas: 04 especies de flora acuática y 187 especies de flora terrestre. Debido a la intervención de la actividad antrópica, hay áreas boscosas naturales (que se van reduciendo) u otras reforestadas por la misma población. En el ámbito del estudio, 17 especies de flora están incluidas en alguna categoría de conservación según el D.S.043-2006-AG; además se identificaron 10 especies endémicas de flora.
- También se identificaron 69 especies representativas de la fauna que habita los afluentes principales del río Jequetepeque, que incluyen 14 especies de fauna acuática y 55 especies de fauna terrestre. En el ámbito del proyecto por su relevancia, se identificó a la especie *Vicugna vicugna* *vicuña*, que habita en las praderas y humedales altoandinos, esta especie protegida por el Estado Peruano y custodiada por las comunidades asentadas en cabecera de la cuenca; se encuentran en semicautiverio en Granja Porcón y en Pozo Kuan (Contumaza) y en la actualidad existe una disminución poblacional de esta especie debido especialmente a la caza furtiva (para el comercio ilícito de su preciada fibra).
- Respecto a la climatología de la cuenca Jequetepeque, se analizaron las variables meteorológicas; temperatura media con valores en el rango de 25.3°C y 10.2°C en la cuenca baja y alta respectivamente, temperatura mínima en el rango de 16.1°C y -0.4°C, temperatura máxima en el rango de 29.9°C y 18.9°C, la variación de la temperatura en función de la altitud nos muestra un gradiente de -5.9°C por cada mil metros. La Humedad relativa muestra valores en el rango de 89.4% y 58.7%, la velocidad de viento hasta 6.7 m/s en la parte baja y 2.3 m/s en la cuenca alta, la evaporación anual en el valle varía desde 1,116 mm hasta 1,604 mm.

- La caracterización de la precipitación en la cuenca Jequetepeque, se realizó en función de las estaciones pluviométricas: Tembladera, Chilete, Contumaza, Granja Porcón, Lives, Llapa, Magdalena, San Juan, Augusto Weberbauer y Namora. Los registros pluviométricos utilizados fueron tratados estadísticamente, completados y extendidos, para obtener información uniforme a emplearse en el análisis hidrológico, las precipitaciones varía desde 13.4 mm/año en la parte baja hasta 1329.7 mm/año en la parte alta, asimismo la variación de la precipitación en función de la altitud nos muestra un incremento de la precipitación de 370 mm por cada mil metros de altitud.
- Respecto a la hidrometría en la cuenca del río Jequetepeque, fueron identificadas cuatro estaciones de aforo de caudales con registro histórico (monitoreadas por el proyecto Especial Jequetepeque Zaña - PEJEZA y también por el SENAMHI), sin embargo actualmente varias estaciones están inoperativas ya que algunas de estas estaciones colapsaron por fuertes avenidas en el río y otras dejaron de operar. Los resultados del análisis de consistencia y homogeneidad indican que la información hidrométrica recolectada y específicamente de la estación Yonan, es consistente y factible de ser utilizada para la modelación hidrológica.
- La modelación hidrológica para generación de caudales en puntos no aforados, se realizó con el software RS MINERVE. A fin de calibrar y validar el modelo hidrológico se utilizaron las series de descargas, diarias y mensuales, en 4 estaciones hidrométricas ubicadas en la cuenca, priorizando el ajuste con la estación hidrométrica Yonan, monitoreada por PEJEZA. La precisión del modelo fue medida con la ecuación de Nash-Sutcliffe y los resultados, para la estación Yonan, arrojan eficiencias de 91% para la serie diaria y 96% a nivel mensual, los cuales son considerados como excelentes.
- En cuanto a las disponibilidades hídricas superficiales, el caudal medio mensual para el río Jequetepeque en Yonan, varía entre 2.9 m³/s en el mes de agosto y un máximo de 93.4 m³/s en marzo, con una media plurianual de 26.9 m³/s lo que representa un volumen medio anual de 865.8 hm³.
- Con el modelo hidrológico SOCON (RS MINERVE) se simuló caudales diarios y mensuales en las estaciones hidrométricas y luego, por regionalización de los parámetros del modelo, se generaron descargas en los siguientes afluentes: río San Miguel, quebrada Honda, río Yanahuanga, río Rejo, río Chilete, río Magdalena, río Chanta, río Chetillano, río Llamínchan, río Huertas y río Contumaza. Los principales aportes hacia el río Jequetepeque provienen de los ríos Chilete y San Miguel y en menor proporción recibe las descargas del río Pallac, estos afluentes se ubican aguas arriba del embalse Gallito Ciego.
- Se estimó el caudal máximo del río Jequetepeque en Yonan, mediante la Distribución Gamma por presentar menor error estándar y mejor ajuste gráfico. Los caudales máximos instantáneos correspondientes a: 25, 50 y 100 años de periodo de retorno fueron: 520, 591 y 661 m³/s respectivamente. Bajo el mismo procedimiento se estimó los caudales instantáneos para el río Chilete (estación Chilete) y río San Miguel (estación Las Paltas).
- Respecto al análisis de sequías en la cuenca Jequetepeque y considerando una escala temporal de 12 meses, podemos concluir que las precipitaciones en general no están afectadas por sequías extremas, salvo los episodios registrados en los años 1979/1980 y 1985/1986, donde se registraron sequías de categoría severamente seco y extremadamente seco; también se aprecia un alto porcentaje de años normales, lo cual indica que la cuenca Jequetepeque presenta generalmente condiciones normales/moderadas para el periodo de análisis (1965-2014).

- El Inventario de fuentes naturales de agua superficial en la cuenca del río Jequetepeque, ha permitido elaborar una base cartográfica digital en un sistema de información geográfica con el registro de 6081 fuentes hídricas comprendiendo; ríos, quebradas, manantiales, lagunas y humedales. Es importante resaltar el gran número de manantiales identificados (4,635) que se concentran principalmente en la subcuenca San Miguel.
- La demanda hídrica total promedio anual en el sector Regulado asciende a 731.5 hm³, mientras que para la cuenca alta de Jequetepeque es de 61.4 hm³, el uso agrario representa la principal demanda.
- Se realizó el balance hídrico global para el valle de Jequetepeque con información del Plan de Aprovechamiento de la Disponibilidad Hídrica 2014-2015; el cual prioriza la atención de los meses deficitarios con las descargas reguladas del embalse Gallito Ciego. En la cuenca alta de Jequetepeque la principal demanda es de uso agrario, se utiliza el aporte de lluvias estacionales y se complementa con el riego en la temporada seca, se puede apreciar que la demanda agrícola mensual es baja en los meses de enero, febrero, marzo y abril, y requiriendo riego en los meses críticos; agosto y setiembre que coinciden con los caudales mínimos registrados en la estación Yonan.
- La Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla ha realizado monitoreos de calidad de agua en el año 2013 en el ámbito de la cuenca del río Jequetepeque. Las aguas superficiales, se ven afectadas por: 18 vertimientos de aguas residuales, 4 mineras y pasivos mineros; y 12 botaderos y/o lugares de disposición final de residuos sólidos dentro de la cuenca. Estos vertimientos alteran la calidad de los cuerpos hídricos y generan contaminación en la salud pública y ambiental.
- Respecto a los sedimentos, el efecto de la erosión hídrica en la cuenca alta es la principal causante de sedimentación. El transporte de sedimentos en suspensión ha sido estimado mediante el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool), el cual predice la producción de sedimentos en cuencas no monitoreadas sobre la base de información cartográfica: Modelo Digital de Elevación, cobertura vegetal, tipo de suelo; así como también la condición climática de la cuenca. El modelo ha sido aplicado con la finalidad de estimar la producción de sedimentos en los ríos: Jequetepeque, San Miguel y Chilate.
- Se evaluó la disponibilidad en situación futura para analizar la influencia del cambio climático en la variación de la oferta hídrica en los siguientes años, los resultados muestran un incremento de la oferta hídrica en la cuenca Jequetepeque en la época de estiaje (julio-octubre), sin embargo los resultados, para los escenarios climáticos analizados, no son tan claros en el periodo húmedo (enero-abril), en el cual los caudales mensuales simulados en algunos casos son inferiores a los históricos.
- Las demandas hídricas previstas en los planes de desarrollo de la cuenca alta de Jequetepeque varían muy poco respecto a las actuales. La demanda hídrica para el valle, en un escenario futuro, será atendida con la oferta hídrica de trasvase cuando se desarrolle los componentes hidráulicos de la II Etapa del Proyecto Jequetepeque-Zaña.
- Actualmente y a futuro se están incorporando Proyectos de Inversión Pública - PIP, para el aumento de la eficiencia de riego para uso agrícola a través de la construcción y mejoramiento de infraestructura hidráulica y asistencia técnica en sistemas de riego a presión. En la parte alta de la cuenca Jequetepeque y para el periodo 2005-2015 se tiene identificado 158 PIP, de los cuales 72 son proyectos

viables aptos para ser ejecutados en un escenario futuro. El proyecto de infraestructura hidráulica más relevante es el desarrollo de II Etapa del Proyecto Jequetepeque Zaña, la ejecución de los estudios a nivel de Factibilidad PIP, correspondientes a la II Etapa, en la base SNIP figuran como desactivadas, sin embargo PEJEZA actualmente está elaborando estudios de Pre-Inversión de la II Etapa. Otro proyecto importante que se viene ejecutando es el PIP - Construcción Canal de Irrigación El Rejo en el distrito de San Pablo, con una inversión que supera los 39 millones de soles.

- Respecto a la infraestructura para uso poblacional, que tiene por objetivo garantizar la atención del servicio de abastecimiento de agua potable, tanto en calidad, cantidad y oportunidad, así como el tratamiento de aguas residuales. En la parte alta de la cuenca Jequetepeque y para el periodo 2005-2015, se tiene identificado 266 Proyectos de Inversión Pública, de los cuales 112 son proyectos viables y disponibles para ser ejecutados en un escenario futuro. Entre los proyectos PIP en plena ejecución destacan: `Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de San Pablo`, `Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de San Miguel` y `Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Contumaza`, con inversiones para cada proyecto que superan los ocho millones de soles.

Recomendaciones

- Respecto a la calidad de aguas se recomienda efectuar los monitoreos de calidad de agua, asimismo priorizar los Proyectos de Inversión Pública orientados al tratamiento de aguas residuales en los centros urbanos y rurales que vierten sus efluentes al río Jequetepeque y los cuerpos de agua naturales.
- Las obras de infraestructura para uso agrícola, que se vienen ejecutando a través de los Proyectos de Inversión Pública, tienen como objetivo la mejora, rehabilitación, mantenimiento y construcción de infraestructura de aprovechamiento hídrico existente y futura, así como la incorporación de actividades que signifiquen una disminución en la demanda de agua sin que exista un descenso en la producción, por lo anterior, se recomienda la priorización de los 72 proyectos viables orientados al sector agrario y aptos para ser ejecutados en la cuenca alta de Jequetepeque.
- Se ha generado información hidrológica (oferta hídrica superficial) de buena calidad para las subcuencas, por lo que se recomienda incluirla en el Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la cuenca Jequetepeque.