



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

Autoridad Nacional
del Agua

Dirección de Conservación
y Planeamiento de
Recursos Hídricos

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 005 -2015-ANA-DCPRH

Lima,

07 DIC 2015

VISTO:

El Informe Técnico N° 083-2015-ANA-DCPRH-ERH-SUB/CZME, de fecha 04 de noviembre de 2015, del Director de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos - DCPRH; y,

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con el artículo 33° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG, es función de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos organizar y conducir las acciones para la conservación, elaboración e implementación de los instrumentos de planificación del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos;

Que, según el numeral 5.4 de la Directiva General N° 06-2011-ANA-J-OPP denominado: "Normas y procedimientos para la elaboración, entrega, recepción, revisión, aprobación, difusión y cautela de los estudios financiados con recursos de la Autoridad Nacional del Agua", los estudios realizados con financiamiento de la Autoridad Nacional del Agua, una vez concluidos, deberán ser aprobados obligatoriamente mediante Resolución Directoral del órgano responsable de la elaboración de los mismos;

Que, mediante Informe Técnico del Visto, el Director de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos - DCPRH, emite opinión favorable sobre la versión final del estudio: "Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Piura", indicando que el mismo cumple con el plan de trabajo programado en el año 2015, recomendando se apruebe mediante Resolución Directoral;

Que, estando a lo opinado por la Oficina de Asesoría Jurídica, con el visto bueno de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, y de conformidad con lo establecido en el artículo 33 del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG.

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Objeto.

Aprobar el estudio: "Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Piura", que como anexo forma parte de la presente resolución.

Artículo 2°.- Publicación.

Disponer la publicación del estudio: "Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Piura", en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua (www.ana.gob.pe).

Regístrese y comuníquese,



Ing. WILFREDO J. ECHEVARRIA SUAREZ

Director

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
Autoridad Nacional del Agua



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 SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RIO PIURA



TOMO I

Piura, Octubre 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. Juan C. Sevilla Gildemeister	<i>Jefe de la Autoridad Nacional del Agua</i>
Ing. Wilfredo Echevarría Suarez	<i>Director de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos</i>
Ing. Gastón Pantoja Tapia	<i>Coordinador del Área de Recursos Hídricos Superficiales</i>
Ing. Marco David Castillo Minbela	<i>Director de la Autoridad Administrativa del Agua JZ</i>

PERSONAL EJECUTOR

Ing. Incio Irigoin Cesar Nicolás	<i>Responsable de Inventario de Fuentes de Agua Superficial</i>
Ing. Petrov Neil Arias Vásquez	<i>Responsable de Hidrología</i>
Ing. David Castillo Manrique	<i>Sistema de Información Geográfica (SIG)</i>
Ing. Juan Jhonatán Bocanegra Díaz	<i>Asistente de Hidrología</i>
Ing. Karen Minelly Calle Rubio	<i>Asistente de Inventario</i>

PERSONAL SUPERVISOR

Ing. Eduardo Choquepuma Llave	<i>Profesional DCPRH</i>
Ing. Gastón Pantoja Tapia	<i>Profesional DCPRH</i>
Ing. Cesar Augusto López Córdova	<i>Subdirector SDCPRH - AAA JZ</i>
Ing. Victor Tocto Correa	<i>Administrador de la ALA-AP-H</i>

AAA Jequetepeque-Zarumilla
Piura - Perú

RESUMEN EJECUTIVO

Durante las últimas décadas, la disponibilidad hídrica en la cuenca Piura 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 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 río Piura'.

La cuenca del río Piura, se encuentra ubicada en la Unidad Hidrográfica Cuenca Piura, en la vertiente del Pacífico, políticamente comprende a cinco provincias del Departamento de Piura, el área de drenaje total es de 10,872 Km². Los recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca del río Piura son gestionados, principalmente por la ALA Alto Piura Huancabamba y la ALA Medio Bajo Piura, bajo la dirección de la Autoridad Administrativa del Agua - AAA Jequetepeque-Zarumilla.

El objetivo del Tomo I 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, inventario de infraestructura hidráulica, 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 las autoridades de distintos niveles de gestión. Los aspectos de aguas subterráneas se presentan en el Tomo II. Bajo este contexto se desarrolló los capítulos siguiendo la estructura del plan de trabajo y contenido del Estudio.

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 15 subcuencas con la finalidad de evaluar en forma integral estas subcuencas, asimismo se presenta sus principales características fisiográficas. A través de un inventario de flora y fauna se caracterizaron las familias representativas para la flora fauna asociada al río Piura 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 1964-2009, 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 once estaciones con registro histórico (monitoreadas por el proyecto Especial Chira Piura - PECHP y el SENAMHI). La modelación hidrológica para generación de caudales, se realizó usando la plataforma del Sistema para Evaluación y Planeación del Agua (WEAP). La precisión del modelo fue medida con la ecuación de Nash-Sutcliffe y los resultados arrojan eficiencias entre 70% y 87%, lo cuales son considerados como muy buenos y excelentes. Con el modelo WEAP se simuló caudales en las estaciones hidrométricas y luego por regionalización se generaron descargas en los siguientes afluentes: Chignia, Chalpa, Pata, Pusmalca, Canchaque-Huarmaca, Bigote, Chalaco, Corrales, Gallegas, Quebrada Las Damas, Charanal, Yapatera, Rio Seco, Sancor y San Francisco, todas ubicadas aguas arriba de la estación hidrométrica Tambo Grande. El Inventario de fuentes naturales de agua superficial en la cuenca del río Piura, fue ejecutado en cinco meses de trabajo de campo y gabinete, como resultado se ha elaborado una base cartográfica digital en un sistema de información geográfica de 2,477 fuentes hídricas que comprenden ríos, lagunas y manantiales.

En el Capítulo IV **Demandas Existentes**, se estimaron las demandas según uso poblacional y productivo, la demanda hídrica total promedio anual, en el periodo 2007-2011 y para la cuenca alta de Piura, asciende a 351.66 Hm³, de los cuales 5.01 Hm³ son para uso poblacional y el resto para uso productivo.

En el Capítulo V **Balance Hídrico**, se realizó el balance hídrico global para la cuenca alta de Piura, en el cual se puede apreciar que la demanda agrícola mensual de la cuenca, solo puede ser atendida en los meses de enero, febrero, marzo y abril que coinciden con la época de lluvias, presentando en los demás meses déficits, el porcentaje de cobertura de la demanda agrícola está en el orden del 75%, siendo junio el mes más deficitario, por otro lado, de febrero a abril se observa un importante excedente del recurso hídrico superficial.

Respecto al Capítulo VI **Calidad de Agua**, la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla ha realizado monitoreos de calidad de agua desde el año 2011 en el ámbito de la cuenca del río Piura. Los resultados, evidencian que las aguas superficiales se ven afectadas por las aguas residuales domésticas sin tratamiento o con tratamiento deficiente, que son vertidas al río Piura, estas aguas adicionalmente reciben desechos sólidos y líquidos de las diversas actividades (poblacional, industrial y agrícola) de las ciudades de Castilla, Catacaos, Chulucanas y Morropón que afectan la calidad del agua del río Piura.

En el Capítulo VII **Análisis de los Derechos Existentes**, se identificaron en la cuenca de Piura 101,672 licencias de uso agrícola de las cuales 22,630 licencias corresponden a la parte alta y 184 licencias de uso poblacional.

En el Capítulo VIII **Erosión y Transporte de Sedimentos**, se efectuaron muestreos en el cauce del río Piura con el objetivo de estimar por métodos indirectos el caudal sólido total anual para el río Piura, en Tambo Grande.

En el Capítulo IX **Escenarios de Aprovechamiento Hídrico**, se evaluó la oferta hídrica en situación futura para analizar la influencia del cambio climático en la variación de la oferta hídrica en los próximos 50 años, los resultados indican que los escenarios futuros prevén un incremento de la oferta hídrica en la cuenca alta de Piura, asimismo, las demandas hídricas previstas en los planes de desarrollo de la cuenca alta de Piura varían muy poco respecto a las actuales. El incremento de la demanda hídrica, debido a la puesta en servicio de los componentes del Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético Alto Piura - PEIHAP, serán atendidas con la oferta hídrica de trasvase. 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 Piura y para el periodo 2005-2015 se tiene identificado 145 PIP, de los cuales 56 son proyectos viables que se vienen ejecutando, y 89 son proyectos aptos para ser ejecutados en un escenario futuro. Asimismo el proyecto de infraestructura hidráulica más relevante es el Mejoramiento de Riego y Generación Hidroenergético del Alto Piura, con un monto de inversión de S/. 2,227 746,000 y que actualmente se encuentra en plena ejecución.

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

Finalmente se recomienda priorizar los 89 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 127 Proyectos de Inversión Pública orientados al tratamiento de aguas residuales en los centros urbanos y rurales que vierten sus efluentes al río Piura y los cuerpos de agua naturales.

Indice del Tomo I

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.....	5
1.5.	Información Básica utilizada	6
1.5.1.	Información Cartográfica	6
1.5.2.	Información Meteorológica.....	6
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.....	7
1.5.9.	Revisión de estudios anteriores.....	7
II.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA.....	8
2.1.	Uubicación, 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	16
2.3.	Uso mayor de suelos.....	24
2.4.	Aspectos socioeconómicos.....	27
2.5.	Aspectos biológicos.....	31
2.5.1.	Descripción del Medio Biológico	32
2.5.2.	Resultados	48
III.	RECURSOS NATURALES	118
3.1.	Climatología	118

3.1.1.	Temperatura.....	121
3.1.2.	Humedad Relativa	128
3.1.3.	Velocidad Del Viento	130
3.1.4.	Evaporación	132
3.1.5.	Evapotranspiración Potencial	134
3.1.6.	Clasificación Climática.....	137
3.2.	Análisis y Tratamiento de la Pluviometría	144
3.2.1.	Estaciones pluviométricas	144
3.2.2.	Diagnóstico de la Red de Estaciones Pluviométricas.....	145
3.2.3.	Información Histórica disponible	157
3.2.4.	Análisis de Consistencia.....	165
3.2.5.	Completación y Extensión de la Información Pluviométrica	177
3.2.6.	Variabilidad Espacial de la Precipitación en la cuenca.....	177
3.2.7.	Régimen de la Precipitación Anual	180
3.2.8.	Gradiente Precipitación - Altitud.....	181
3.3.	Hidrometria Superficial	182
3.3.1.	Estaciones Hidrométricas	182
3.3.2.	Diagnóstico de Estaciones Hidrométricas.....	185
3.3.3.	Registros de Caudales Históricos.....	196
3.3.4.	Análisis de Consistencia.....	206
3.3.5.	Completación y Extensión de la Información Hidrométrica	213
3.3.6.	Implementación de Estaciones Hidrométricas	214
3.4.	Modelamiento Hidrológico de la cuenca	222
3.4.1.	Descripción del modelo Precipitación-Escorrentía	222
3.4.2.	Calibración y validación del modelo Precipitación - Escorrentía.....	230
3.4.3.	Generación de caudales medios mensuales en las subcuencas ...	241
3.5.	Oferta hídrica por cuencas.....	245
3.6.	Eventos Hidrológicos extremos	254
3.6.1.	Análisis de Máximas Avenidas	254
3.6.2.	Máximas Avenidas en Subcuencas	254
3.6.3.	Modelo precipitación-escorrentía.....	258
3.6.4.	Máximas Avenidas en el río Piura.....	263
3.6.5.	Determinación del caudal máximo mediante medición en campo ..	270
3.6.6.	Análisis de Sequías	275
3.6.7.	Análisis de Años Secos y Húmedos	282
3.7.	Inventario de Fuentes de Agua Superficial	284
IV.	DEMANDAS EXISTENTES.....	284
4.1.	Infraestructura Hidráulica.....	284
4.1.1.	Comisión de Regantes Bigote	284
4.1.2.	Comisión de Regantes Yapatera	285
4.1.3.	Comisión de Regantes Charanal	285
4.1.4.	Comisión de Regantes Serran.....	286
4.1.5.	Comisión de Regantes Pabur	286
4.1.6.	Comisión de Regantes Malacasi.....	286
4.1.6.	Comisión de Regantes Malacasi.....	286

4.1.7.	Comisión de Regantes Sancor	287
4.1.8.	Comisión de Regantes Vicus.....	287
4.1.9.	Comisión de Regantes La Gallega-Morropón	288
4.1.10.	Comisión de Regantes Ingenio-Buenos Aires.....	288
4.2.	Demanda de Agua en la cuenca.....	290
4.2.1.	Demanda de Uso Poblacional	290
4.2.2.	Demanda de Uso Productivo	291
V.	BALANCE HIDRICO	311
5.1.	Definición de Balance Hídrico	311
5.2.	Descripción del esquema hidráulico de la cuenca Piura	311
5.3.	Componentes del Balance Hídrico.....	312
5.3.1.	Oferta Hídrica	312
5.3.2.	Demanda Hídrica.....	313
5.3.3.	Balance Hídrico Superficial en el Alto Piura.....	314
VI.	CALIDAD DEL AGUA Y VARIABILIDAD CLIMATICA.....	319
6.1.	Calidad de Agua	319
6.2.	Variabilidad Climática	320
6.2.1.	Análisis de tendencias de las precipitaciones	322
6.2.2.	Análisis de tendencias de caudales del río Piura	334
VII.	ANALISIS DE LOS DERECHOS DE USO DE AGUA.....	339
7.1.	Uso Poblacional del Agua.....	339
7.2.	Uso Productivo del Agua	341
7.3.	Uso Acuícola y Pesquero	343
7.4.	Uso Energético	343
7.5.	Uso Industrial.....	343
7.6.	Uso Medicinal.....	344
7.7.	Uso Minero	344
7.8.	Uso Recreativo	344
VIII.	EROSION Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	345
8.1.	Introducción.....	345
8.2.	Proceso de erosión en la cuenca Piura.....	345
8.3.	Estimación de la Producción de Sedimentos en la cuenca Piura ...	347
8.4.	Estimación de los caudales sólidos del río Piura	347
8.4.1.	Transporte de sedimentos de fondo	347
8.4.2.	Determinación del caudal sólido de fondo	349
8.4.3.	Cálculo del caudal sólido total en el río Piura.....	350
IX.	ESCENARIOS DE APROVECHAMIENTO HIDRICO	357
9.1.	Oferta Hídrica con escenario de Cambio Climático.....	357
9.2.	Demanda Hídrica en la cuenca alta de Piura	359
9.3.	Infraestructura Hidráulica.....	360

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 363

ANEXO 01

Aspectos Biológicos

Recursos Naturales

Inventario de Fuentes de Agua

Calidad del Agua

Erosión y Transporte de Sedimentos

Infraestructura Hidráulica

ANEXO 02

Mapas Temáticos

Base SIG

ANEXO 01
(DVD ROOM 01 ADJUNTO)

Aspectos Biologicos
Recursos Naturales
Inventario de Fuentes de Agua
Calidad del Agua
Erosion y Transporte de Sedimentos
Infraestructura Hidraulica

ANEXO 02
(DVD ROOM 02 ADJUNTO)

Mapas Temáticos
Base SIG

I. INTRODUCCION

El conocimiento y la planificación del uso de los recursos hídricos es un tema que está tomando cada vez más importancia y relevancia, considerando que el agua constituye algo más del 70% de la superficie del planeta y el agua dulce es un recurso escaso. Algunos científicos sociales hablan incluso de posibles conflictos por el acceso al agua. Por tanto es plenamente justificado cualquier esfuerzo por usarlo racionalmente y considerar su posible reutilización.

La planificación de los recursos hídricos a diferentes niveles y etapas de desarrollo, se debe iniciar con el inventario y evaluación del recurso hídrico, en donde la evaluación y cuantificación de los recursos hídricos (aguas superficiales y subterráneas) se desarrolle empleando metodologías modernas de análisis y modelos hidrológicos e hidrogeológicos que garanticen los resultados para una adecuada gestión integrada de recursos hídricos en las cuencas de estudio.

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 también desarrollar 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.

En ese sentido, 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 Piura**, (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, bofedales, pozos, etc.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

La cuenca del río Piura, se encuentra ubicada en la Unidad Hidrográfica Cuenca Piura, en la vertiente del Pacífico, políticamente comprende a cinco provincias del Departamento de Piura, el área de drenaje total es de 10,872 Km² y sus principales afluentes son los ríos Chalpa, Pusmalca, Bigote, Corral del Medio (Corrales), Charanal, Yapatera, Sancor y quebrada San Francisco. Los recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca del río Piura son gestionados, principalmente por la ALA Alto Piura Huancabamba y la ALA Medio Bajo Piura, 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 marco para elaborar estudios técnicos para conocer el régimen de disponibilidades y demandas de los recursos hídricos.

En el Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira - Piura, aprobado el año 2014 mediante Resolución Jefatural N° 113-2014-ANA, se implementó un Modelo Hidrológico de Gestión utilizando el software SIM-V y WEAP, sin embargo debido a la poca información solo ha permitido obtener resultados moderadamente confiables en el aspecto hidrológico.

La Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos - DCPRH, programó en su Plan Operativo Institucional 2014 el estudio de 'Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del río Piura', que comprende principalmente; estudio de aguas superficiales y subterráneas, calidad de agua, transporte de sedimentos, inventario de infraestructura hidráulica principal e inventario de las fuentes naturales de agua.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Durante las últimas décadas, la disponibilidad hídrica en la cuenca Piura 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 Piura', que permitirá conocer el estado situacional de los recursos hídricos del sistema cuenca, evaluando y cuantificando el inventario de fuentes de agua superficial, actualización del inventario de fuentes de agua subterránea, inventario de infraestructura hidráulica, 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



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

disponer de información básica para la toma de decisiones de las autoridades de distintos niveles de gestión.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Ejecutar el Estudio de `Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del río Piura`, 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, delimitación y caracterización geomorfológica de las sub cuencas.
- Efectuar el inventario de las fuentes de agua superficial y subterránea e infraestructura hidráulica mayor y menor.
- Descripción del esquema hidráulico de aprovechamiento hídrico
- Generación de mapas temáticos sobre los recursos hídricos en formato GIS.
- Evaluar la climatología, pluviometría e hidrometría de las sub cuencas.
- Determinar las características y condiciones hidráulicas del acuífero.
- Determinar las condiciones hidrogeológicas del acuífero.
- Determinar las reservas totales almacenadas en el acuífero.
- Modelar el acuífero.
- Evaluar la calidad de agua.
- Determinar el caudal ecológico en los tramos de interés.
- Determinar la oferta hídrica superficial y subterránea.
- Estimar la demanda de uso de agua (consuntivo y no consuntivo), considerando los planes de mediano y largo plazo de desarrollo regional y local.
- Efectuar el balance hídrico en situación actual y futura de las sub cuencas.
- 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 Piura`, comprenderá lo siguiente: actividades preliminares, trabajos de campo y trabajos de gabinete.

1.4.1. Actividades preliminares

- Recopilación de estudios referente a recursos hídricos superficiales y subterráneos, estudios hidrológicos, hidrogeológicos, estudios geológicos, geofísicos, inventarios de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, inventarios de lagunas-represamientos, estudios 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, ALAs, Juntas de Usuarios, Proyectos Especiales, COES, Instituciones Públicas y Privadas.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

- 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 desarrollarán 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.
- 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).
- Aforos de sólidos (transporte de sedimentos) en puntos de interés.

1.4.3. Trabajos de gabinete



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

- 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 microcuencas 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.) y el caudal ecológico, 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 serviría posteriormente para fines de prevención y planificación hidrológica.

1.5. INFORMACIÓN BÁSICA UTILIZADA

1.5.1. Información Cartográfica

La información cartográfica verificada ha sido la siguiente:

- Cartas Nacionales: 11b, 12b, 10c, 11c, 12c, 10d, 11d, 12d, 10e y 11e, 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 y del Climatic Research Unit (CRU), información que se encuentra disponible en la página web.

La información pluviométrica, que comprende series diarias y mensuales así como lluvias máximas en 24 horas, será obtenida del SENAMHI, del Proyecto Especial Chira-Piura 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, asimismo se utilizarán los registros de caudales medios mensuales de estaciones hidrométricas controladas por el Proyecto Especial Chira-Piura, de las cuales algunas se encuentran desactivadas, y que serán utilizados para estimar la oferta hídrica en las subcuencas y calibrar el modelo hidrológico para generación de caudales.

1.5.4. Información del mapa de uso mayor de Suelos

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

1.5.5. Información de cobertura vegetal

Cartografía digital temática de cobertura vegetal de la cuenca del río Piura 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 Agua 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. Revisión de estudios anteriores

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

- ATA S.A. 2002. Plan de Gestión de la Oferta de Agua en el ámbito de las Cuencas Chira -Piura. Piura, Perú.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales, Administración Técnica Del Distrito De Riego Alto Piura Huancabamba. 2003. Proyecto: Actualización del Inventario de los principales puntos de captación de agua para usos múltiples cuenca alta del Río Piura. Piura, Perú.
- ANA - DCPRH. 2009. Plan de Uso Conjunto de Aguas Superficiales y Subterráneas en el Valle Alto Piura. Piura, Perú.
- INCLAM - Alternativa. 2013. Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la cuenca Chira-Piura. Piura, Perú.
- PROFODUA. IRH - INRENA. 2006. Propuesta de Asignación de Agua Superficial en bloques (volúmenes anuales y mensuales) para la Formalización de Derechos de Uso de Agua en el valle Alto Piura.
- Gobierno Regional de Piura - PEIHAP. 2009. Informe final, versión definitiva de la Propuesta del Esquema de Distribución mensual de las aguas del río Huancabamba entre los Proyectos Alto Piura y Olmos.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA

2.1. UBICACIÓN, EXTENSION Y LÍMITES

2.1.1. Ubicación Geográfica

La cuenca del río Piura ocupa una superficie de 10 872 Km² y se ubica en la costa norte del Perú en el departamento de Piura, comprendida entre las coordenadas geográficas 4°41' y 5°49' de Latitud Sur y los Meridianos 79°26' y 81°5' de Longitud Oeste, más detalles se muestran en el Cuadro N° 2.1.

Cuadro N° 2.1
Ubicación Geográfica

SISTEMA	DATUM	COMPONENTES	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	HORIZONTAL WGS 1984	LONGITUD OESTE	79°26'4"	81°5'19"
		LATITUD SUR	4°41'28"	5°49'50"
ALTITUD	VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR	m.s.n.m.	0 msnm	3,668 msnm

2.1.2. Demarcación Hidrográfica

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

Por el Norte : Cuenca Chira.
 Por el Este : Cuenca Chamaya.
 Por el Sur : Cuenca Cascajal e Intercuenca 13779.
 Por el Oeste : Intercuenca 1379.

2.1.3. Demarcación Política

Desde el punto de vista de la división política, la cuenca del Río Piura comprende a 5 provincias del Departamento de Piura (actualmente parte de la Región Piura); las provincias a su vez comprenden a 29 distritos distribuidos de la siguiente manera:

Provincia de Huancabamba con los distritos de Huarmaca, San Miguel del Faique, Canchaque y Lalapiz;

Provincia de Morropon con los distritos de San Juan de Bigote, Salitral, Buenos Aires, Chalaco, Santo Domingo, Yamango Santa Catalina de Mossa, Morropon, La Matanza y Chulucanas;

Provincia de Ayabaca con el distrito de Frías;

Provincia de Piura con los distritos de Tambogrande, Piura, Castilla, Catacaos, Cura Mori, La Arena, La Unión y El Tallan;

Provincia de Sechura con los distritos de Bernal, Vice, Rinconada Licuar, Bellavista, Cristo Nos Valga y Sechura,

Figura N° 2.1



2.1.4. Demarcación Administrativa

Los recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca del río Piura son gestionados principalmente por la ALA Alto Piura Huancabamba y la ALA Medio Bajo Piura y en menor proporción por la ALA San Lorenzo, bajo la dirección de la AAA Jequetepeque-Zarumilla.

2.1.5. Accesibilidad - Vías de Comunicación

La Región Piura cuenta con tres ejes viales principales, la carretera panamericana, la carretera Piura-Ayabaca y la Carretera Piura-Huancabamba, y además con toda una red vial secundaria que se conecta con las vías principales a través de vías asfaltadas o vías afirmadas carrozables.

La carretera panamericana que nos permite comunicarnos con la Región Lambayeque por el sur y con la Región Tumbes por el norte; tiene dos vías de ingreso a Piura, por la Panamericana antigua y por la carretera Morrope-Piura, esta recorre longitudinalmente la costa Piurana, uniendo Piura con ciudades como Sullana, Talara, El alto y Mancora, su estado es bueno.

A esta carretera se unen los tramos de vías asfaltadas Piura-Sechura, Piura-Paita-Sullana, Sullana-Alamor, los cuales se encuentran en buen estado, y el tramo Sullana-Ardilla-Encuentro de los Romeros que es afirmado y se encuentra en regular estado.

La carretera Piura-Ayabaca, en cuyo primer tramo une Piura con Sullana, Tambogrande, Las Lomas y Paimas es una vía asfaltada en buen estado, y en su tramo Paimas-Ayabaca es una vía afirmada en estado regular.

En su recorrido esta carretera tiene conexiones con otros centros poblados mediante la vía asfaltada en buen estado, Las Lomas-Suyo-Macara, con las trochas carrozables siguientes: Paimas-Montero-Jilili, Sausal del Quiroz, Lagunas, Sapilica, entre otras, las cuales se encuentran en estado regular. Desde Ayabaca existe además comunicación por vías afirmadas en estado regular con Espindola, Naciente Aranza, Huara de Veras, entre otros.

La Carretera Piura-Huancabamba que en su recorrido une Piura con Chulucanas, Morropon, Buenos Aires, Malacasi, Canchaque y Huancabamba, se encuentra asfaltada y en buen estado hasta Canchaque y desde aquí hasta Huancabamba es afirmada y se encuentra en estado regular.

Desde esta vía hay las siguientes conexiones secundarias por vías afirmadas en regular estado:

Desde Morropon a Santa Catalina de Mossa, Santiafo, Pambarumbe, San Miguel, Santa Domingo, Chalaco, Pacaypampa, Curilcas, Ayabaca.

Desde Huancabamba a Zapalache, Salala hacia el norte y a Sondor, Sondorillo, Tuluze, Shumaya y Huarmaca hacia el sur.

Desde Chulucanas a Frías, Alto Poclus, Sapilica.

Desde Chulucanas a San Pedro, San Jorge, Frías.

La red vial descrita que se muestra en la Figura N°2.1, es la que ha permitido el acceso a Los ríos y estaciones hidrometeorológicas que se han inventariado durante el desarrollo del trabajo de campo.

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 Piura 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.

LEYENDA

- Capital Distrital
- Red Hidrográfica
- Océano Pacífico
- Limite de Cuenca Piura
- Limite de Cuencas

Tabla de Datos:

CODIGO	SUBCUENCA	AREA	AREA	RIO PRINCIPAL
SMP0000	7250111111	km ²	ha	
13784	Medio Alto Piura	706.5	706.5	Rio Huamachuco
13784	Unidad Hidrográfica 13784	948.3	948.3	Rio Huamachuco
13785	Medio Piura	73.7	73.7	Rio Piura
13786	Bajío	576.5	576.5	Rio Baji
13786	Concha	582.7	582.7	Rio Concha
13781	Medio Bajo Piura	1706.7	1706.7	Rio Tarma
13781	Bajío Piura	4706.7	4706.7	Rio Piura
13781	San Francisco	457.0	457.0	Rio San Francisco

Pág. 12

2.2.2. Unidades Hidrográficas

La cuenca del río Piura (que comprende a nueve subcuenclas descritas en este Estudio) tiene un área total de 10 872,1 Km², el perímetro una longitud total de 655,4 Km y la altitud media es de 464,9 msnm. El cauce del río Piura presenta una longitud de recorrido de 243 Km, presenta una pendiente promedio de 0,8% y las descargas son continuas durante todo el año.

El río Piura, cuyos principales tributarios provienen de zonas montañosas y colinosas de la margen derecha, se origina por la unión de los ríos Bigote y Canchaque-Huarmaca y tiene tributarios como los ríos: Corrales, Charanal, Yapatera, Seco, Sancor y San Francisco. El río Piura aguas abajo de Tambo Grande recibe el aporte de trasvase de la cuenca Chira.

Cuadro N° 2.2
Unidades Hidrográficas

CUENCA	SUBCUENCA	AREA (Km ²)	AREA (%)	RIO PRINCIPAL
Piura	Alto Piura	1152.1	10.6	Rio Canchaque-Huarmaca
	Medio Alto Piura	505.8	4.7	Tramo del Rio Piura **
	Unidad Hidrográfica 13784	913.5	8.4	Ausencia de Rio principal
	Medio Piura	73.3	0.7	Tramo del Rio Piura **
	Bigote	674.9	6.2	Rio Bigote
	Corrales	586.6	5.4	Rio Corrales.
	Medio Bajo Piura	1789.1	16.5	Tramo del Rio Piura **
	Bajo Piura	4721.5	43.4	Tramo del Rio Piura **
	San Francisco	455.4	4.2	Q. San Francisco

Subcuenca Bajo Piura

Descripción: La intercuenca Bajo Piura abarca 4721,5 Km², y representa el 43,4% de la cuenca. Esta intercuenca, es un tramo del río Piura y comprende a la parte baja de la cuenca extendida sobre los 0 msnm, presenta una altitud media de 92 msnm, una pendiente del 1% y un tramo de 145,2 Km del río Piura. Como es una intercuenca, aguas arriba recibe el aporte de los principales tributarios.

Aspectos Socioeconómicos: En esta intercuenca se ubican los principales centros poblados como Sechura, Bellavista, Catacaos, Castilla y Piura, asimismo se encuentran las comunidades campesinas de San Martín de Sechura, San Juan Bautista de Catacaos, Señor de los Milagros de Cruz, Castilla y Señor Cautivo de progreso Alto.

Ecología: Este sector corresponde a la parte baja de la cuenca y ofrece buenas condiciones para el desarrollo productivo de limón, mango, arroz, tamarindo, frijol castilla entre otros. Presenta los siguientes pisos ecológicos: desierto desecado - Premontano Tropical (dd - PT), desierto súper árido - Premontano Tropical (dS - PT), desierto súper árido - Tropical (dS - T), desierto perárido - Premontano Tropical (dp - PT), matorral desértico - Tropical (md - T).

Subcuenca San Francisco

Descripción: La subcuenca San Francisco abarca 455,4 Km², y representa el 4,2% del área total de la cuenca y se extiende sobre los 50 msnm, una altitud media de 329 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 13%, su principal afluente es la quebrada San Francisco con una longitud de cauce principal de 35 Km.

Aspectos Socioeconómicos: No se identificaron centro poblados importantes. Sin embargo existen comunidades como Mariano Melgar y Tunal Zapayal.

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

Subcuenca Medio Bajo Piura

Descripción: La intercuenca Medio Bajo Piura abarca 1 789,1 Km², y representa el 16,5% de la cuenca. Esta intercuenca, es un tramo del río Piura y comprende a un conjunto de ríos y quebradas de la parte media, extendida sobre los 50 msnm, presenta una altitud media de 529,0 msnm, una pendiente del 15 % y un tramo de 59 Km del río Piura. Como es una intercuenca recibe el aporte de los principales tributarios por la margen derecha como son los ríos: Charanal, Yapatera, Seco y Sancor.

Aspectos Socioeconómicos: En esta intercuenca se ubica el centro poblado de Chulucanas, asimismo se encuentran las comunidades campesinas de: José Ignacio Távara Pasapera, Geraldo Lúcumo, Túpac Amaru de Parihuana, Castro Pozo de Geraldo, 24 de Junio Las Cuevas, Carlos Augusto Rivera del Río Seco, Misquis, San José, San Andrés de Guayaquil, Simiris, José Carlos Mariátegui, Ángela Mari Azeta y Abad Berru Gonzaga.

Ecología: Este sector ofrece condiciones para el desarrollo productivo de los siguientes cultivos: papayo, tuna, tamarindo, cocotero, café, cacao, plátano, gramalote, maíz amiláceo, maíz amarillo duro, trigo, ají páprika, yuca, frijoles, camote, algodón. Asimismo presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical / matorral desértico - Tropical y monte espinoso - Tropical, monte espinoso - Premontano Tropical, bosque seco - Premontano Tropical, bosque seco - Montano Bajo Tropical y bosque húmedo - Montano Bajo Tropical.

Subcuenca Medio Piura

Descripción: La intercuenca Medio Bajo Piura abarca 73,3 Km², y representa el 0,7% de la cuenca. Esta intercuenca, comprende un tramo del río Piura, presenta una altitud media de 221,0 msnm, una pendiente del 13 % y un tramo de 10 Km del río Piura.

Subcuenca Corrales

Descripción: La subcuenca Corrales ocupa una superficie de 586,6 Km², representa el 5,4% del área total de la cuenca y se extiende sobre los 150 msnm, una altitud media de 1 387 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 40%, una longitud de cauce principal de 39 Km. Su principal afluente es el río Corrales, el cual tiene recibe el aporte de las quebradas Chalaco y Las Gallegas.

Aspectos Socioeconómicos: En esta cuenca se ubican los centros poblados como

Morropón, Yamango, Chalaco, Paltashaco y Santo Domingo. Los recursos hídricos son aprovechados para uso agrícola en la parte baja, cerca de la confluencia con el río Piura.

Ecología: Esta subcuenca presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical / matorral desértico - Tropical y monte espinoso - Tropical, monte espinoso - Premontano Tropical, bosque seco - Premontano Tropical, bosque seco - Montano Bajo Tropical, bosque húmedo - Montano Bajo Tropical y bosque muy húmedo - Montano Bajo Tropical.

Subcuenca Unidad Hidrográfica 13784

Descripción: La subcuenca Unidad Hidrográfica 13784 se encuentra en la margen izquierda, ocupa una superficie de 913,5 Km², representa el 8,4% del área total de la cuenca y se extiende sobre los 150 msnm, una altitud media de 202 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 4%. La principal fuente de agua es de origen subterráneo y se utiliza principalmente para uso agrícola.

Ecología: Este sector ofrece pobres condiciones para el desarrollo productivo debido a la escasez de agua, salvo el sector comprendido en el borde del río Piura. Presenta el piso ecológico matorral desértico - Tropical (md - T).

Subcuenca Medio Alto Piura

Descripción: La intercuenca Medio Alto Piura abarca 505,8 Km², y representa el 4,7% de la cuenca. Esta intercuenca, es un tramo del río Piura y comprende al río Seco por la margen izquierda, presenta una altitud media de 417 msnm, una pendiente del 27% y un tramo de 29 Km del río Piura.

Aspectos Socioeconómicos: En esta intercuenca se ubica el centro poblado de Buenos Aires.

Ecología: Este sector ofrece condiciones para el desarrollo productivo en ambas márgenes del río Piura. Asimismo presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical / matorral desértico - Tropical y monte espinoso - Tropical

Subcuenca Bigote

Descripción: La subcuenca Bigote ocupa una superficie de 674,9 Km², representa el 6,2% del área total de la cuenca y presenta los mayores picos altitudinales de la cuenca, con una altitud media de 1 295 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 38%, una longitud de cauce principal de 38 Km. Su principal afluente es el río Bigote, el cual recibe el aporte de las quebradas Singocate y San Lorenzo.

Aspectos Socioeconómicos: En esta cuenca se ubican los centros poblados como San Juan de Bigote y Tunal. Los recursos hídricos son aprovechados para uso agrícola en ambas márgenes del río Bigote.

Ecología: Esta subcuenca presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical / matorral desértico - Tropical y monte espinoso - Tropical, monte espinoso - Premontano Tropical, bosque seco - Premontano Tropical, bosque seco - Montano Bajo Tropical y bosque muy húmedo - Montano Bajo Tropical.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Subcuenca Alto Piura

Descripción: La subcuenca Alto Piura ocupa una superficie de 1 152,1 Km², representa el 10,6% del área total de la cuenca y se extiende sobre los 200 msnm, una altitud media de 1 164 msnm, la cuenca presenta una pendiente de 39%, una longitud de cauce principal de 29 Km. Su principal afluente es el río Canchaque Huarmaca, el cual recibe el aporte de los ríos Chignia, Pusmalca, Chalpa, Pata y Canchaque.

Aspectos Socioeconómicos: En esta cuenca se ubican los centros poblados como Salitral, Canchaque, Huarmaca y San Miguel del Faique. Los recursos hídricos son aprovechados para uso agrícola en la parte baja del río Canchaque Huarmaca.

Ecología: Este sector ofrece condiciones para el desarrollo productivo de los siguientes maracuyá, palto, lúcuma, café, granadilla, maíz amiláceo, arveja, pasto elefante, frijol, ajo, trigo, maíz amarillo duro, cacao, mamey, pasto elefante, caña de azúcar, naranja. Asimismo presenta los siguientes pisos ecológicos: matorral desértico - Premontano Tropical / matorral desértico - Tropical y monte espinoso - Tropical, monte espinoso - Premontano Tropical, bosque seco - Premontano Tropical, bosque seco - Montano Bajo Tropical y bosque muy húmedo - Montano Bajo Tropical.

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 en el estudio de esta, 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:

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

Donde: K_c = 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 K_{c1} : Rango entre 1,0 - 1,25 y corresponde a forma redonda a oval redonda

Clase K_{c2} : Rango entre 1,25 - 1,5 y corresponde a forma oval redonda a oval oblonga

Clase K_{c3} : 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 (F_f)

El factor de forma (F_f , 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:

$$F_f = A_m/L = A/L^2$$

Dónde: F_f = Factor de forma
 A_m = 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 (F_f) para la cuenca del río Piura 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:

Esta 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 Piura y para cada una de sus subcuencas más importantes, se han determinado los lados mayor y menor del rectángulo equivalente y éstas están expresadas en Km; En los cuadros N° 2.3 y 2.4, se presenta las características fisiográficas de las subcuencas seleccionadas.

Esta cuenca tiene un área de 10 872 Km², una altitud media de 465 m.s.n.m. y una pendiente media en el orden de 19 % y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro.

El Factor de Forma determinado es 0,18 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,76 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 (m.s.n.m.)	Pendiente media (%)	Coeficiente de Compacidad	Factor de forma	Rectángulo Equivalente	
							Lado Mayor (Km)	Lado Menor (Km)
Alto Piura	1152.1	180	1164	39	1.48	1.36	74	15
Medio Alto Piura *	505.8	124	417	27	-	-	-	-
Unidad Hidrográfica 13784	913.5	152	202	4	1.41	0.89	61	15
Medio Piura *	73.3	43	221	13	-	-	-	-
Bigote	674.9	126	1295	38	1.36	0.45	49	14
Corrales	586.6	119	1387	40	1.38	0.37	47	12
Medio Bajo Piura *	1789.1	225	529	15	-	-	-	-
Bajo Piura *	4721.5	393	92	1	-	-	-	-
San Francisco	455.4	110	329	13	1.44	0.25	45	10

* Intercuencas

Cuadro N°2.4
Características Fisiográficas de la cuenca Piura

Cuenca	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Altitud media (m.s.n.m.)	Pendiente media (%)	Coeficiente de Compacidad	Factor de forma	Rectángulo Equivalente	
							Lado Mayor (Km)	Lado Menor (Km)
Piura	10872.1	655	465	19	1.76	0.18	290	37

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 Piura 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 Piura y para cada una de las subcuencas más importantes que la conforman expresado en porcentaje

(%). En el cuadro N° 2.5, se presenta las características longitud y pendiente de las subcuencas evaluadas, mientras que en la figura N° 03 se presenta el mapa para la cuenca Piura.

Cuadro N°2.5
Características del cauce principal de las subcuencas

CUENCA	SUBCUENCA	CAUCE PRINCIPAL	Longitud (Km)	Pendiente Media (%)
Piura	Alto Piura	Rio Canchaque-Huarmaca	29.1	1.0
	Medio Alto Piura	Tramo del Rio Piura **	29.3	0.2
	Unidad Hidrográfica 13784	Ausencia de Rio principal	-	-
	Medio Piura	Tramo del Rio Piura **	9.7	0.5
	Bigote	Rio Bigote	38.6	3.4
	Corrales	Rio Corrales.	39.7	2.1
	Medio Bajo Piura	Tramo del Rio Piura **	58.9	0.1
	Bajo Piura	Tramo del Rio Piura **	145.2	0.0
	San Francisco	Q. San Francisco	42.8	0.4

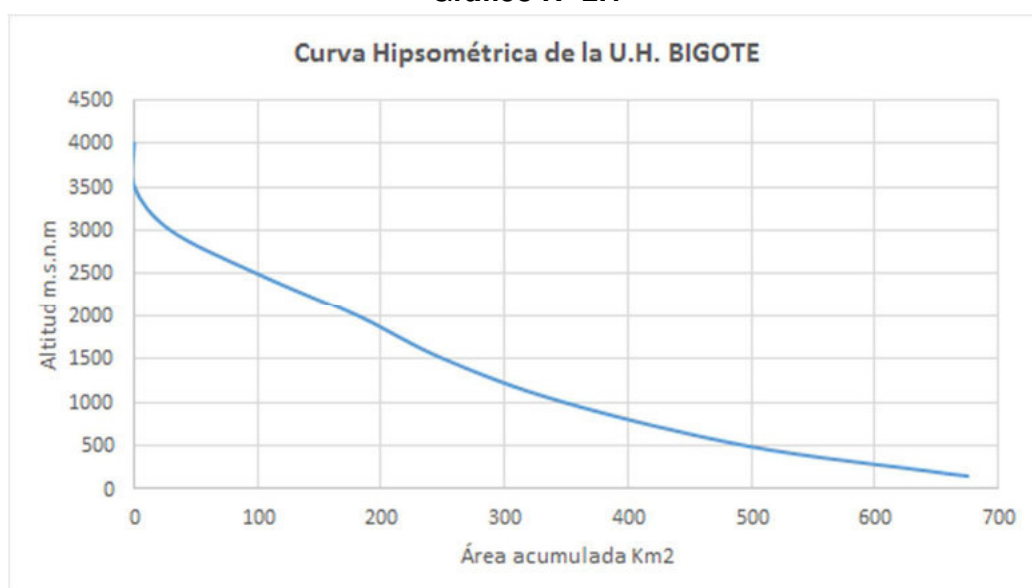
** Intercuencas

j) Curva Hipsométrica

La llamada curva hipsométrica, representa gráficamente las elevaciones del terreno en función de las superficies correspondientes.

La curva hipsométrica o curva área - elevación se construye determinando el área entre curvas de nivel y representando en una gráfica el área acumulada por encima o por debajo de una cierta elevación.

Gráfico N° 2.1




Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Gráfico N° 2.2

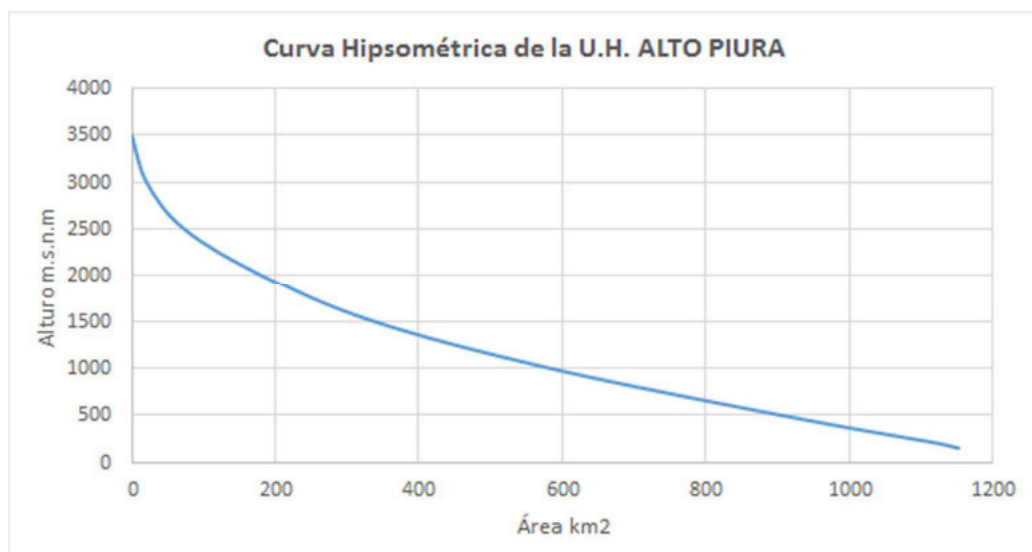


Gráfico N° 2.3

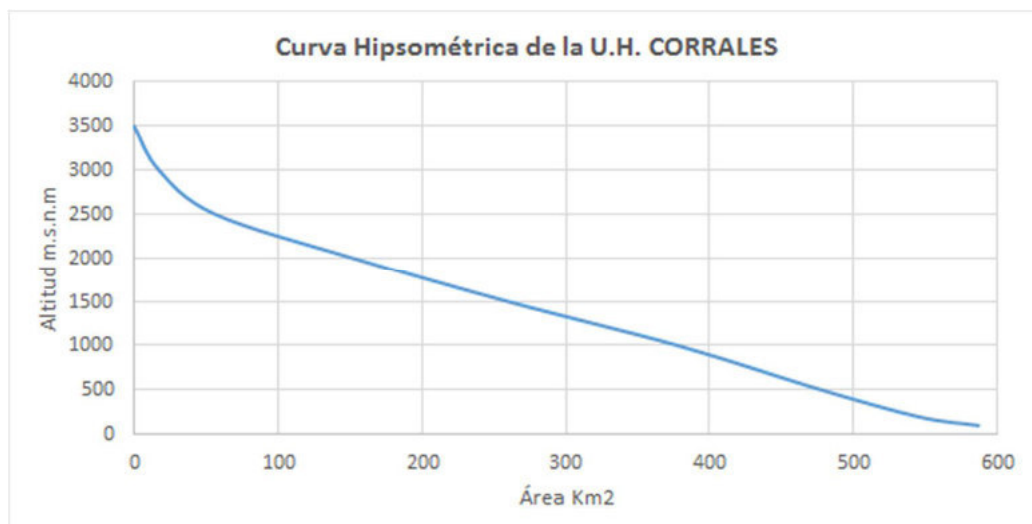
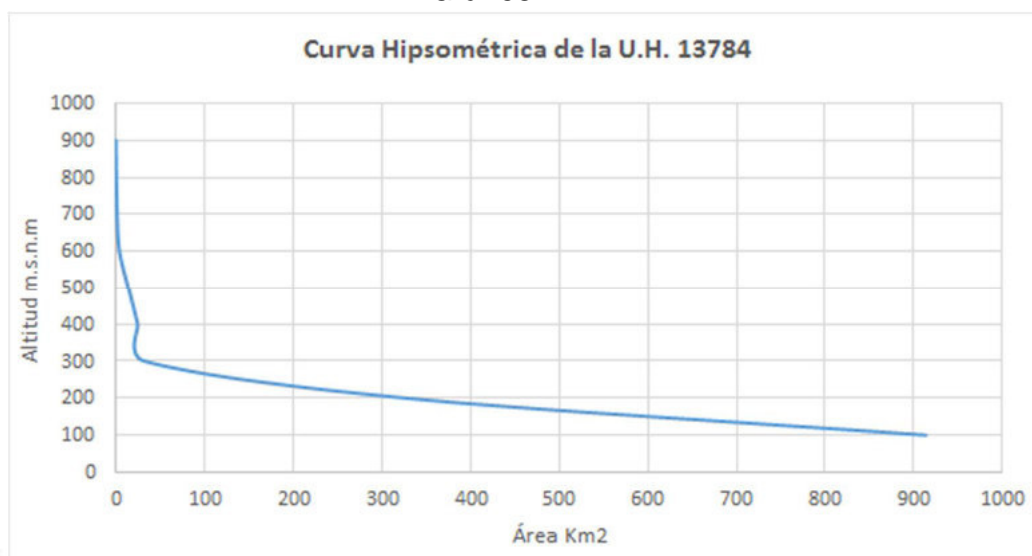


Gráfico N° 2.4

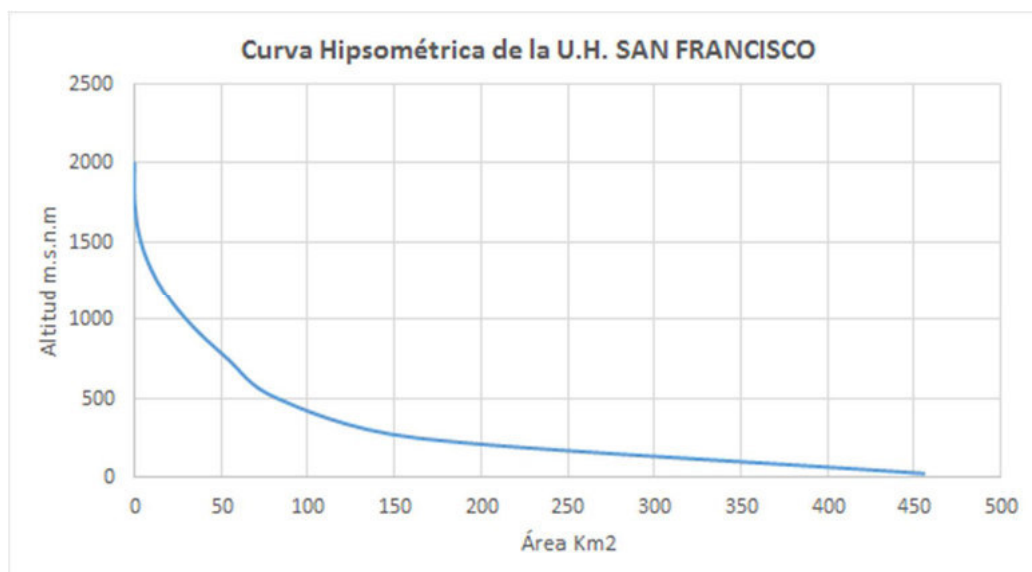




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

Gráfico N° 2.5



Cabe señalar que éstas curvas hipsométricas han sido elaboradas sólo para las subcuencas principales, mas no para las que se encuentran en las denominadas intercuenas.

[illegible]

Pág. 23

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, las que determinan las vocaciones para usos agropecuarios, dentro de los márgenes de rentabilidad adecuada.

En los párrafos siguientes, se describe los diferentes tipos de tierras identificadas a nivel de Grupo, Clase y Subclase de Capacidad de Uso Mayor, sobre una superficie total de 10 872,1 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° 2.4.

Cuadro N° 2.6

USO MAYOR DE SUELO	Símbolo	AREA (Km2)	AREA (%)
Cultivo en Limpio - Calidad Agrologica Media. Cultivos Permanentes, Calidad Agroecológica Baja, requieren riego. Limitación por suelo, requieren riego.	A2s(r)-C3s(r)	467.2	4.3
Cultivo en Limpio - Calidad Agrologica Alta. Cultivos Permanentes, Calidad Agroecológica Media. Limitación por suelo, requieren riego.	A1s(r)-C2s(r)	1028.1	9.5
Cultivo en Limpio, requieren riego - Pastoreo - Protección. Calidad Agrologica Media. Limitación por suelo y erosión.	A2s(r)-P2se-Xse	0.2	0.0
Laguna	Lag	11.5	0.1
Pastoreo Temporal - Forestal - Protección. Calidad Agrologica Baja. Limitación por suelo y erosión.	P3se(t)-F3se-Xse	1274.8	11.7
Pastoreo Temporal. Calidad Agrologica Baja. Protección. Limitación por suelo.	P3s(t) -Xse	2873.9	26.4
Poblado	Pob	12.3	0.1
Protección (formación asociativa lítica - arena)	Xld	8.4	0.1
Protección (formación lítica)	Xle	44.9	0.4
Protección (limitación por suelo y erosión)	Xse	1845.7	17.0
Protección - Forestal, Calidad Agrologica Baja - Pastoreo, Calidad Agrologica Media. Limitación por suelo y erosión.	Xse-F3se-P2se	318.3	2.9
Protección - Pastoreo temporal - Forestales. Calidad Agrologica Baja, limitación por suelo.	Xs-P3s(t)-F3s	1570.2	14.4
Protección - Pastoreo temporal - Cultivos Permanentes. Calidad Agrologica Baja, limitación por suelo y erosión.	Xse-P3s(t)-C3se	1405.4	12.9
Otros		11.2	0.1
TOTAL		10872.1	100.0

Los factores que fijan estas limitaciones son: condición de clima, riesgo de erosión, deficiencia por suelo y condiciones de drenaje. El esquema de clasificación considerado para este estudio consta de 6 grupos y 4 asociaciones de grupos de capacidad de uso mayor de la tierra.

Grupos:

- A.- Tierras aptas para los cultivos en limpio sin riego
- Ar.- Tierras aptas para los cultivos en limpio con riego
- P.- Tierras aptas para pastoreo continuado
- Pt.- Tierras aptas para pastoreo temporal
- F.- Tierras aptas para producción forestal
- X.- Tierras de protección (no aptas para fines agropecuarios ni explotación forestal)

Asociaciones:

Pt - X.-Asociación de los Grupos Pt - X	: 60% y 40%
P - F.-Asociación de los Grupos P - F	: 60% y 40%
F - X.-Asociación de los Grupos F - X	: 20% y 80%
Ar - X.-Asociación de los Grupos Ar - X	: 60% y 40%

[illegible]

Pág. 26

2.4. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

La cuenca del río Piura se encuentra asentado en el departamento de Piura y está ubicado en la parte Nor Occidental del Perú, en una extensión de 10 872 km², equivalente al 0,9% del territorio nacional y comprende las provincias de Ayabaca, Huancabamba, Morropón, Piura y Sechura.

La cuenca Piura, una de las mayores poblaciones en el ámbito de la AAA Jequetepeque-Zarumilla, alberga 952 402 habitantes que representa el 28% de toda la AAA, según el último Censo del año 2007. La distribución de población por ALAs, se muestra en el cuadro N° 2.7.

Cuadro N° 2.7

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA	ADMINISTRACIÓN LOCAL DE AGUA	Población Censo 2007
Jequetepeque- Zarumilla	Tumbes	204,774
	San Lorenzo	254,060
	Chira	462,849
	Alto Piura - Huancabamba	216,404
	Zaña	60,884
	Jequetepeque	296,145
	Medio y Bajo Piura	704,229
	Motupe - Olmos- La Leche	192,749
	Chancay - Lambayeque	967,659
		3,359,753

Según datos del Mapa de Pobreza de FONCODES del año 2006, se establece el porcentaje de la población sin servicios básicos, y tasa de analfabetismo y desnutrición tal como se muestra en el cuadro N° 2.8.

Cuadro N° 2.8

PIURA: MAPA DE POBREZA DISTRITAL DE FONCODES

Provincia	Distrito	Población 2005	% de la población sin:			Tasa analfab. mujeres	% niños de 0-12 años	Tasa de desnutric. 1999
			agua	Desag./ letrín.	eléctric.			
PIURA	PIURA	247,943	10%	6%	10%	4%	25%	15%
PIURA	CASTILLA	120,766	21%	7%	14%	6%	26%	19%
PIURA	CATACAOS	64,822	23%	50%	21%	17%	29%	41%
PIURA	CURA MORI	16,545	8%	90%	53%	36%	33%	58%
PIURA	EL TALLAN	4,934	57%	77%	74%	32%	33%	40%
PIURA	LA ARENA	34,110	12%	44%	64%	35%	31%	51%
PIURA	LA UNION	34,540	24%	59%	34%	21%	30%	42%
PIURA	TAMBO GRANDE	92,221	78%	35%	73%	24%	30%	37%

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

AYABACA	FRIAS	22,812	59%	90%	100%	41%	37%	60%
HUANCABAMBA	CANCHAQUE	9,242	35%	37%	81%	26%	30%	49%
HUANCABAMBA	HUARMACA	38,209	51%	87%	92%	40%	36%	66%
HUANCABAMBA	LALQUIZ	5,300	48%	70%	95%	45%	29%	57%
HUANCABAMBA	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	9,430	47%	42%	91%	34%	32%	52%
MORROPON	CHULUCANAS	77,749	48%	25%	32%	17%	27%	34%
MORROPON	BUENOS AIRES	9,165	21%	17%	40%	16%	26%	26%
MORROPON	CHALACO	9,989	57%	66%	87%	31%	31%	53%
MORROPON	LA MATANZA	13,349	23%	32%	44%	27%	29%	44%
MORROPON	MORROPON	14,729	23%	13%	48%	14%	27%	21%
MORROPON	SALITRAL	8,454	36%	33%	70%	21%	28%	31%
MORROPON	SAN JUAN DE BIGOTE	7,384	15%	31%	71%	27%	30%	24%
MORROPON	SANTA CATALINA DE MOSSA	4,512	11%	30%	100%	16%	30%	30%
MORROPON	SANTO DOMINGO	8,010	100%	59%	87%	20%	27%	34%
MORROPON	YAMANGO	9,840	38%	58%	100%	38%	31%	57%
SECHURA	SECHURA	30,817	20%	53%	29%	9%	32%	31%
SECHURA	BELLAVISTA DE LA UNION	3,920	11%	51%	24%	6%	27%	44%
SECHURA	BERNAL	5,798	13%	59%	22%	9%	30%	36%
SECHURA	CRISTO NOS VALGA	3,185	23%	79%	35%	10%	32%	42%
SECHURA	VICE	11,793	13%	85%	14%	9%	33%	39%
SECHURA	RINCONADA LLICUAR	2,642	19%	61%	25%	8%	27%	37%

Fuentes: Censo de Población y Vivienda del 2005 - INEI, Censo de Talla Escolar de 1999 - MINEDU

Elaboración: FONCODES/UPR

La principal actividad de Piura es la agricultura, siendo los cultivos de mayor producción; en la zona baja: limón, mango, tamarindo, cocotero, espárrago, pasto elefante, alfalfa, arroz, maíz amarillo duro, maíz choclo, hortalizas, frijol castilla, entre otros; cultivos de la zona media: papayo, tuna, tamarindo, cocotero, limonero, mango, palto, café, cacao, plátano, gramalote, arroz, maíz amiláceo, maíz amarillo duro, trigo, ají páprika, yuca, frijoles, camote, algodón; cultivos de la zona alta: maracuyá, palto, lúcuma, café, granadilla, maíz amiláceo, arveja, pasto elefante, frijol, ajo, trigo, maíz amarillo duro, cacao, mamey, pasto elefante, caña de azúcar, naranja, mango ciruelo.

Se han identificado a 44 comunidades campesinas en el ámbito de la cuenca Piura, tal como se muestra en el cuadro N° 2.9 y la distribución espacial en la figura N° 2.5.

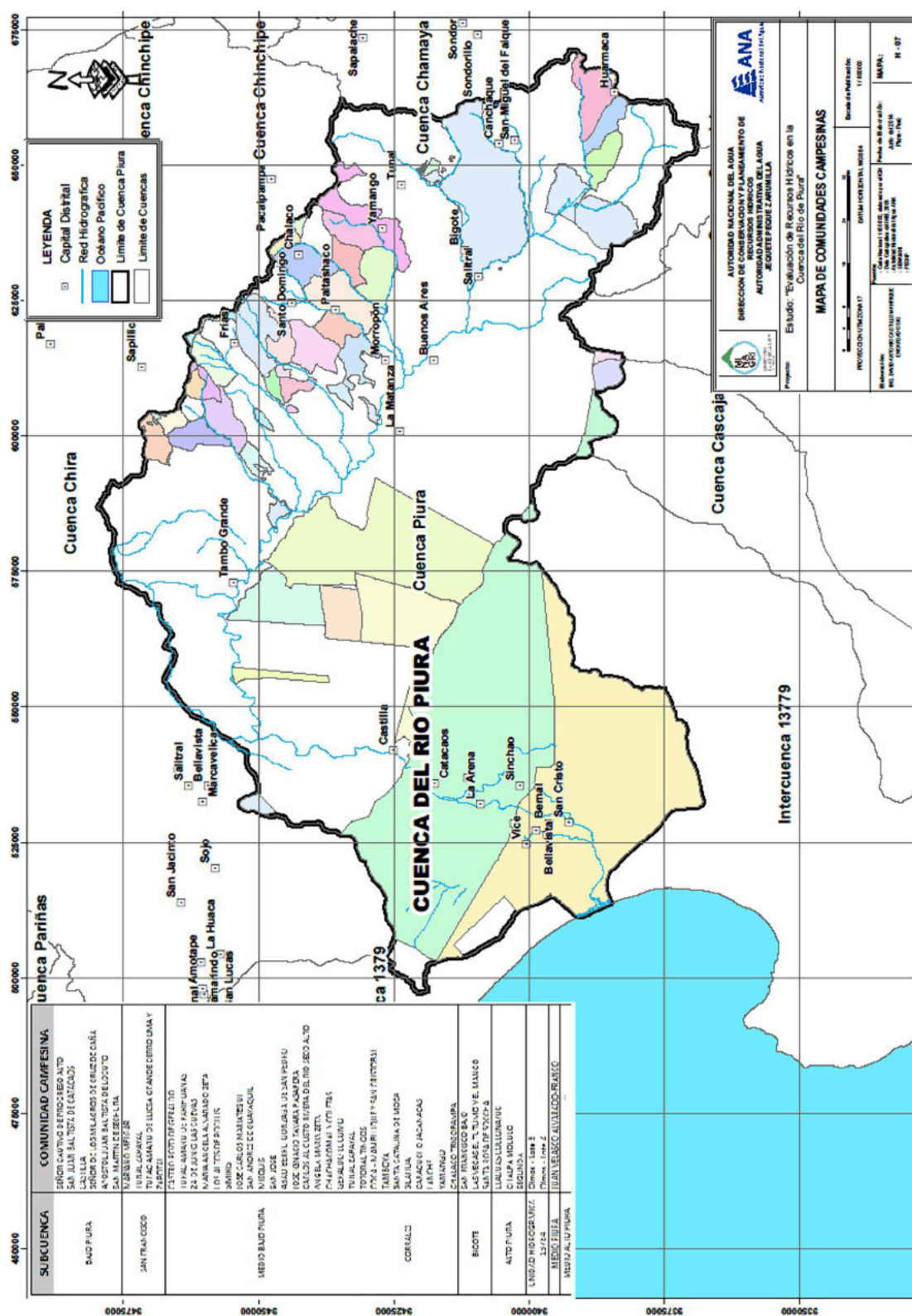


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 2.9

SUBCUENCA	COMUNIDAD CAMPESINA
BAJO PIURA	SEÑOR CAUTIVO DE PROGRESO ALTO
	SAN JUAN BAUTISTA DE CATACAOS
	CASTILLA
	SEÑOR DE LOS MILAGROS DE CRUZ DE CAÑA
	APOSTOL JUAN BAUTISTA DE LOCUTO
	SAN MARTIN DE SECHURA
SAN FRANCISCO	MARIANO MELGAR
	TUNAL ZAPAYAL
	TUPAC AMARU DE LLICSA GRANDE CERRO LIMA Y ZAPOTAL
MEDIO BAJO PIURA	CASTRO POZO DE GERALDO
	TUPAC AMARU DE PARIHUANAS
	24 DE JUNIO LAS CUEVAS
	MARIA ANGELA ALVARADO ZETA
	LOS ALTOS DE POCLUS
	SIMIRIS
	JOSE CARLOS MARIATEGUI
	SAN ANDRES DE GUAYAQUIL
	MISQUIS
	SAN JOSE
	ABAD BERRU GONZAGA DE SAN PEDRO
	JOSE IGNACIO TAVARA PASAPERA
	CARLOS AUGUSTO RIVERA DEL RIO SECO ALTO
	ANGELA MARIA ZETA
	CHACHACOMAL Y COLETAS
	GERALDO LUCUMO
	TUNAL ZAPAYAL
CORRALES	TOTORAL TINGOS
	COCA - MAMBLUQUE Y SAN CRISTOBAL
	TAMBOYA
	SANTA CATALINA DE MOZA
	SILAHUA
	CARACUCHO JACANACAS
	LANCHE
	YAMANGO
	CHALACO TRIGOPAMPA
BIGOTE	SAN FRANCISCO BAJO
	LAS VEGAS EL TUTUMO Y EL MANGO
	SANTA ROSA DE SOCCHA
ALTO PIURA	LLACUAS COLLONAYUC
	CHALPA MOLULO
	SEGUNDA
UNIDAD HIDROGRAFICA 13784	Olmos - Lote 5
	Olmos - Lote 4
MEDIO PIURA	JUAN VELASCO ALVARADO-FRANCO

Figura N° 2.5



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

2.5. ASPECTOS BIOLOGICOS

La Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos - DCPRH, de la Autoridad Nacional del Agua, dentro del Estudio 'Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Piura' consideró necesario realizar la descripción del medio biológico (flora y fauna) en la cuenca Piura, así como su ubicación espacial dentro del ámbito de estudio. El Estudio comprende 5 provincias del Departamento de Piura (Huancabamba, Morropón, Ayabaca, Piura y Sechura), a su vez, la Cuenca del Río Piura está comprendida por 9 subcuencas, las cuales son: Alto Piura, Medio Alto Piura, Unidad Hidrográfica 13784, Medio Piura, Bigote, Corrales, Medio Bajo Piura, Bajo Piura y San Francisco.

Para este estudio se estableció realizar la identificación del medio biológico considerando al río Piura y sus principales afluentes, que comprenden a los ríos: Canchaque, Huarmaca, Pusmalca, Bigote, Chalpa, Chignia, Corrales, Charanal, Yapatera, Sancor y la Quebrada San Francisco.

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).

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 enfrente el planeta. El conocimiento de la diversidad de especies de flora y fauna es urgente; además de necesaria para el desarrollo de proyectos específicos que benefician a la población humana de las comunidades de las subcuencas, pero también que sean de utilidad para la conservación del entorno natural.

De acuerdo a la metodología de trabajo planteado, se tiene, tres fases; la primera de pre-campo, la segunda de campo y la tercera de gabinete. En la fase de pre-campo se recolectó toda la información relacionada para emplearla como los antecedentes. Durante el recorrido de campo, se empezó por la descripción de la flora y fauna abarcando las diferentes coberturas vegetales en el río Piura y sus afluentes principales por último la fase de gabinete fue la formulación del presente capítulo.

Con el presente estudio se busca valorar y/o conocer la diversidad de especies de flora y fauna, con el objetivo de armonizar el desarrollo, la conservación de los recursos naturales y la formulación de programas de manejo y de conservación, así como prevenir los conflictos socio-ambientales por los recursos hídricos.

En el Anexo 01 se presentan el informe extenso y las fotos de la evaluación en campo.

2.5.1. Descripción del Medio Biológico

A. Ecología

En base a la cartografía recopilada del Instituto Nacional de Recursos Naturales INRENA, se presenta la ecología de la cuenca Piura elaborado según el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida propuesto por el Dr. Leslie R. Holdridge. En el caso de la Cuenca del Río Piura las zonas de vida son variadas y se han identificado 13 zonas de vida y 1 zona de transición (Matorral desértico - Premontano Tropical / Matorral desértico - Tropical), cuya clasificación se presenta en la Cuadro N° 2.10 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 Piura

ZONAS DE VIDA	SÍMBOLO	ÁREA (Km²)	ÁREA (%)
Desierto desecado - Premontano Tropical	(dd-PT)	417.4	3.8
Desierto superárido - Tropical	(ds-T)	1631.0	15.0
Desierto superárido - Premontano Tropical	(ds-PT)	1427.8	13.1
Matorral desértico - Tropical	(md-T)	1762.0	16.2
Desierto perárido - Premontano Tropical	(dp-PT)	765.4	7.0
Monte espinoso - Tropical	(mte-T)	1023.2	9.4
Matorral desértico - Premontano Tropical	(md-PT)	68.0	0.6
Matorral desértico - Premontano Tropical / matorral desértico - Tropical	-	1259.5	11.6
Monte espinoso - Premontano Tropical	(mte-PT)	831.7	7.6
Bosque seco - Premontano Tropical	(bs-PT)	1039.2	9.6
Bosque seco - Montano Bajo Tropical	(bs-MBT)	325.1	3.0
Bosque húmedo - Montano Bajo Tropical	(bh-MBT)	234.1	2.2
Bosque húmedo - Montano Tropical	(bh-MT)	20.6	0.2
Bosque muy húmedo - Montano Tropical	(bmh-MT)	67.1	0.6
TOTAL	10872.1	100.0	

Fuente: ONERN

i. Desierto desecado - Premontano Tropical (dd - PT)

Se distribuye sobre la franja del litoral, entre el nivel 0 msnm, sobre una extensión superficial de 417.4 Km² que representa el 3.8% del área total de la cuenca.

ii. Desierto súper árido - Tropical (ds - T)

Se distribuye sobre el nivel 100 msnm, sobre una extensión superficial de 1 631.0 Km² que representa el 15.0% del área total de la cuenca.

iii. Desierto superárido - Premontano Tropical (ds - PT)

Se distribuye sobre el nivel 0 msnm, sobre una extensión superficial de 1 427.8 Km² que representa el 13,1% del área total de la cuenca. Posee una topografía plana, los principales centros poblados se ubican en este piso, en donde tenemos a Sechura, Catacaos, Castilla y Piura. También tenemos a las áreas agrícolas que conforman las Junta de Usuarios Medio y Bajo Piura y la Junta de Sechura.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

iv. Matorral desértico - Tropical (md - T)

Se distribuye sobre el nivel 200 msnm en una franja ubicada en la margen izquierda del río Piura y sobre una extensión superficial de 1 762.0 Km² que representa el 16.2% del área total de la cuenca. Posee una topografía plana a ondulada, el principal centro poblado es Tambo Grande.

v. Desierto perárido - Premontano Tropical (dp - PT)

Se distribuye sobre el nivel 100 msnm, sobre una extensión superficial de 765.4 Km² que representa el 7.0% del área total de la cuenca.

vi. Monte espinoso - Tropical (me - T)

Se distribuye sobre el nivel 300 msnm en una franja ubicada en la margen derecha del río Piura y sobre una extensión superficial de 1 023.2 Km² que representa el 9.4% del área total de la cuenca. Posee una topografía ondulada y laderas moderadas, aquí se ubica el centro poblado de San Juan de Bigote.

vii. Matorral desértico - Premontano Tropical / Matorral desértico - Tropical

Se distribuye sobre el nivel 200 msnm, sobre una extensión superficial de 1 259.5 Km² que representa el 11.6% del área total de la cuenca. Posee una topografía ondulada, los principales centros poblados que se ubican en este piso son Chulucanas, Morropon, La Matanza, Buenos Aires y Salitral. También tenemos a las áreas agrícolas que conforman la Junta de Usuarios Alto Piura.

viii. Monte espinoso - Premontano Tropical (me - PT)

Se distribuye sobre el nivel 500 msnm sobre una extensión superficial de 1 023.2 Km² que representa el 9.4% del área total de la cuenca. Posee una topografía de laderas con fuerte pendiente, aquí se ubica el centro poblado Paltashaco, Yamango y Tunal.

ix. Bosque seco - Premontano Tropical (bs - PT)

Se distribuye sobre el nivel 1 000 msnm sobre una extensión superficial de 1 039.2 Km² que representa el 9.6% del área total de la cuenca. Posee una topografía con fuerte pendiente, aquí se ubican los centros poblados Frías, Santo Domingo, Canchaque y San Miguel del el Faique.

x. Bosque seco - Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

Se ubica entre los 2 000 msnm abarca la cabecera de cuenca de los principales afluentes del río Piura por la margen derecha. El relieve varía de suave a ondulado, típico de laderas. Ocupa una extensión superficial de 325.1 Km² que representa el 3.0% del área total de la cuenca.

xi. Bosque húmedo - Montano Bajo Tropical (bh - MBT)

Se distribuye entre los 2 500 y 3 000 msnm, sobre una extensión superficial de 234.1 Km² que representa el 2.2% del área total de la cuenca. Posee un clima húmedo frío y abarca a la cabecera de la subcuenca Alto Piura.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

xii. Bosque húmedo - Montano Tropical (bh - MT)

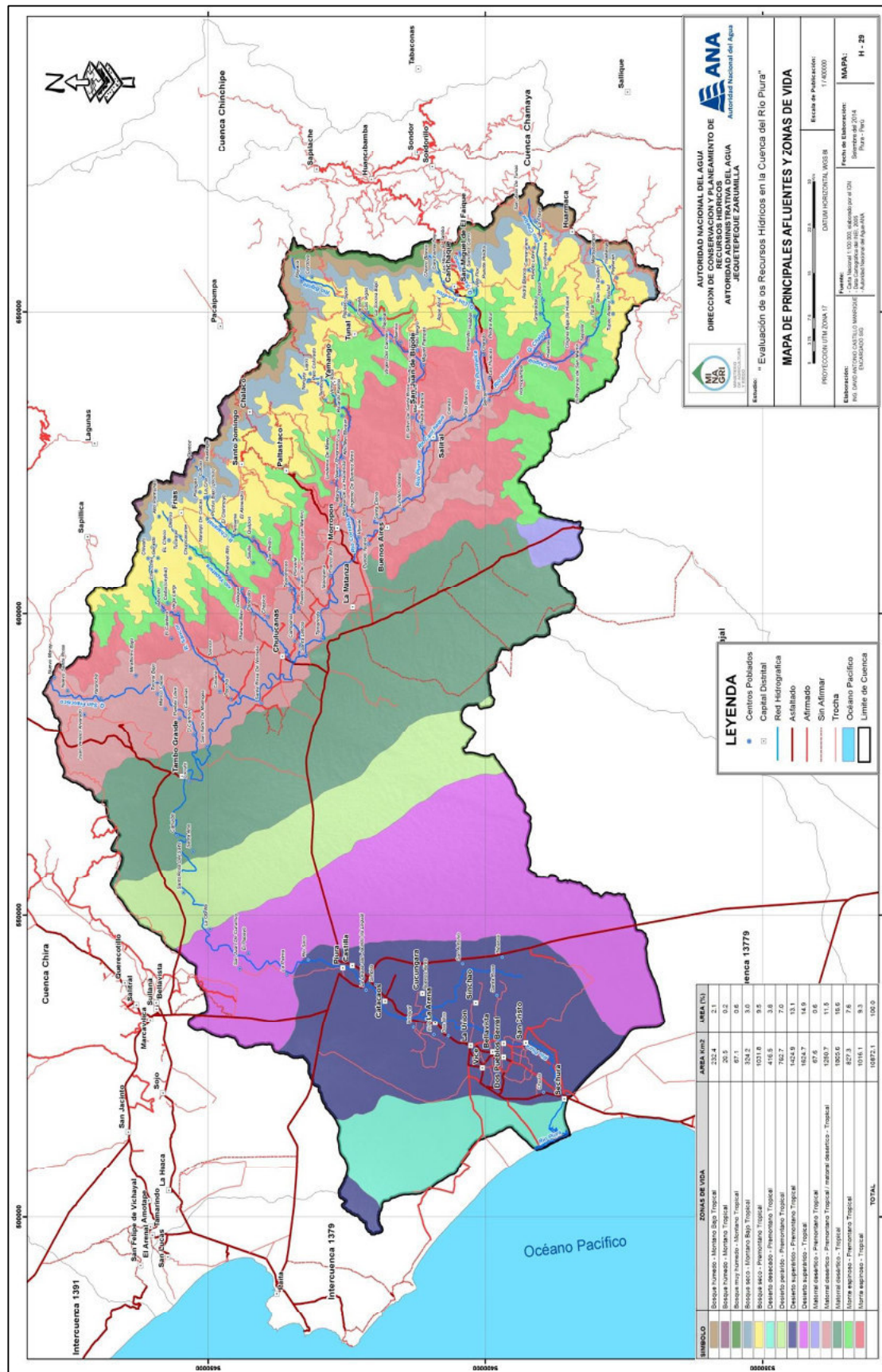
Se distribuye sobre los 3 000 msnm en las cabeceras de los ríos Yapatera, Charanal y Chalaco, sobre una pequeña extensión superficial de 20.6 Km² que representa el 0.2% del área total de la cuenca, posee un clima húmedo frío.

xiii. Bosque muy húmedo - Montano Tropical (bmh - MT)

Se distribuye sobre los 3 000 msnm en las cabeceras de los ríos Corrales, Bigote y Pusalca, sobre una extensión superficial de 67.1 Km² que representa el 0.6% del área total de la cuenca, posee un clima húmedo frío, característicos de las partes altas de la cuenca Piura.

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

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



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

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 otro.

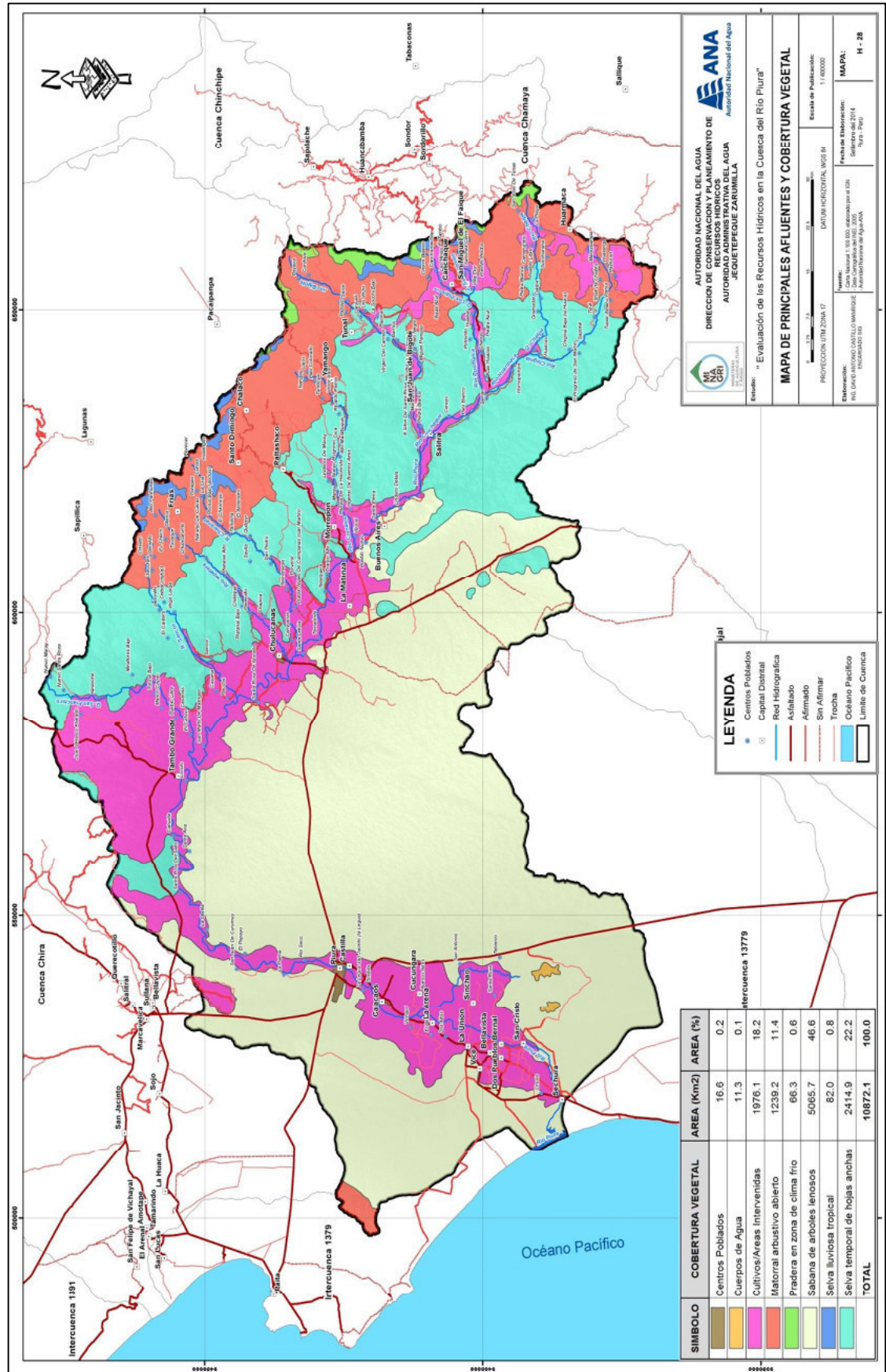
Según la Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAA, en la cuenca del río Piura se pueden distinguir seis tipos de cobertura vegetal: Cultivos/Áreas intervenidas, Matorral arbustivo abierto, Pradera en zona de clima frío, Selva lluviosa tropical y Selva temporal de hojas anchas; y en menor proporción centros poblados y cuerpos de agua como lagunas, 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 Piura

COBERTURA VEGETAL	ÁREA (Km ²)	ÁREA (%)
Centros Poblados	11.5	0.1
Cuerpos de Agua	12.5	0.1
Cultivos/Áreas Intervenidas	1987.7	18.3
Matorral arbustivo abierto	1243.2	11.4
Pradera en zona de clima frío	66.7	0.6
Sabana de árboles leñosos	5039.4	46.4
Selva lluviosa tropical	83.0	0.8
Selva temporal de hojas anchas	2428.1	22.3
TOTAL	10872.1	100.0

Fuente: DGAAA

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



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

C. Descripción de la Cobertura Vegetal

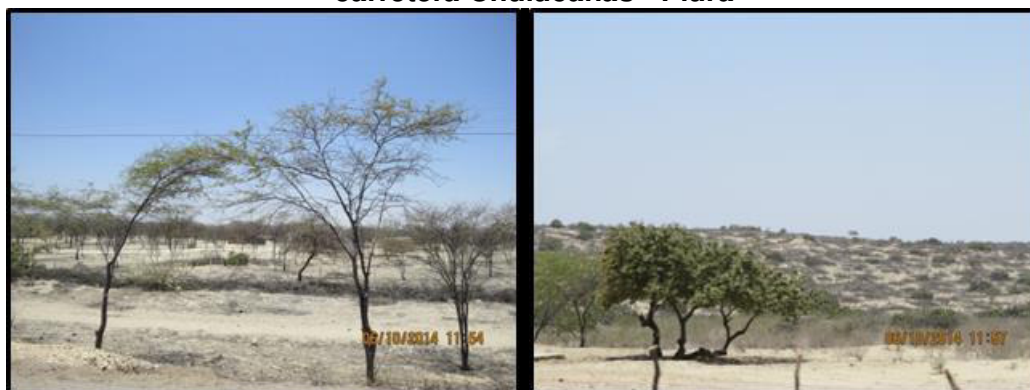
i. Sabana de árboles leñosos

Abarca una superficie de 5 039 Km², equivalente al 46.4% del área de la cuenca, se distribuye en sectores ubicados en la parte baja de la cuenca Piura, desde el nivel del mar hasta la cota 200 msnm. En este tipo de cobertura vegetal se encuentran formaciones boscosas de `algarrobo_ (Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAA).

Dentro del área que abarca la sabana de árboles leñosos, podemos observar, que esta limita con un tramo de la selva temporal de hojas anchas y la zona de cultivos/áreas intervenidas relacionadas al río Piura, además de las formaciones de `algarrobo_ (Prosopis pallida), podemos encontrar gran cantidad de especies de `sapote_ (Capparis scabrida), `faique_ (Acacia macracantha) y `overo_ (Cordia lutea) entre las más importantes.

Foto N° 2.1

Formaciones boscosas de `algarrobo_, `faique_ y `sapote_ en camino de la carretera Chulucanas - Piura



ii. Cultivos / Áreas intervenidas

Ocupan una superficie de 1 987.7 Km², equivalente al 18.3% del área de la cuenca y se encuentra localizada a lo largo del cauce del río Piura; en la parte baja de la cuenca comprende desde Piura (Castilla) hasta Sechura; en la parte media y alta comprende sectores ubicados en la margen derecha del río Piura como son Tambo Grande y Chulucanas; en la parte alta comprende los sectores de Morropón, San Juan de Bigote y Canchaque. En la cuenca alta, en su mayor parte son regados en temporada de lluvias y en algunos casos se abastecen por captaciones en los ríos y quebradas. Este tipo de cobertura es común en las nueve subcuencas en estudio y es la zona en donde se concentran las zonas de alta producción agrícola (Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAA).

Foto N° 2.2 Río Piura - (A) Cultivos de plátano y maíz en La Toma

 (B) Cultivo de arroz y algodón en San Cristo - Sechura

 (C) Cultivo de Mango en Chulucanas

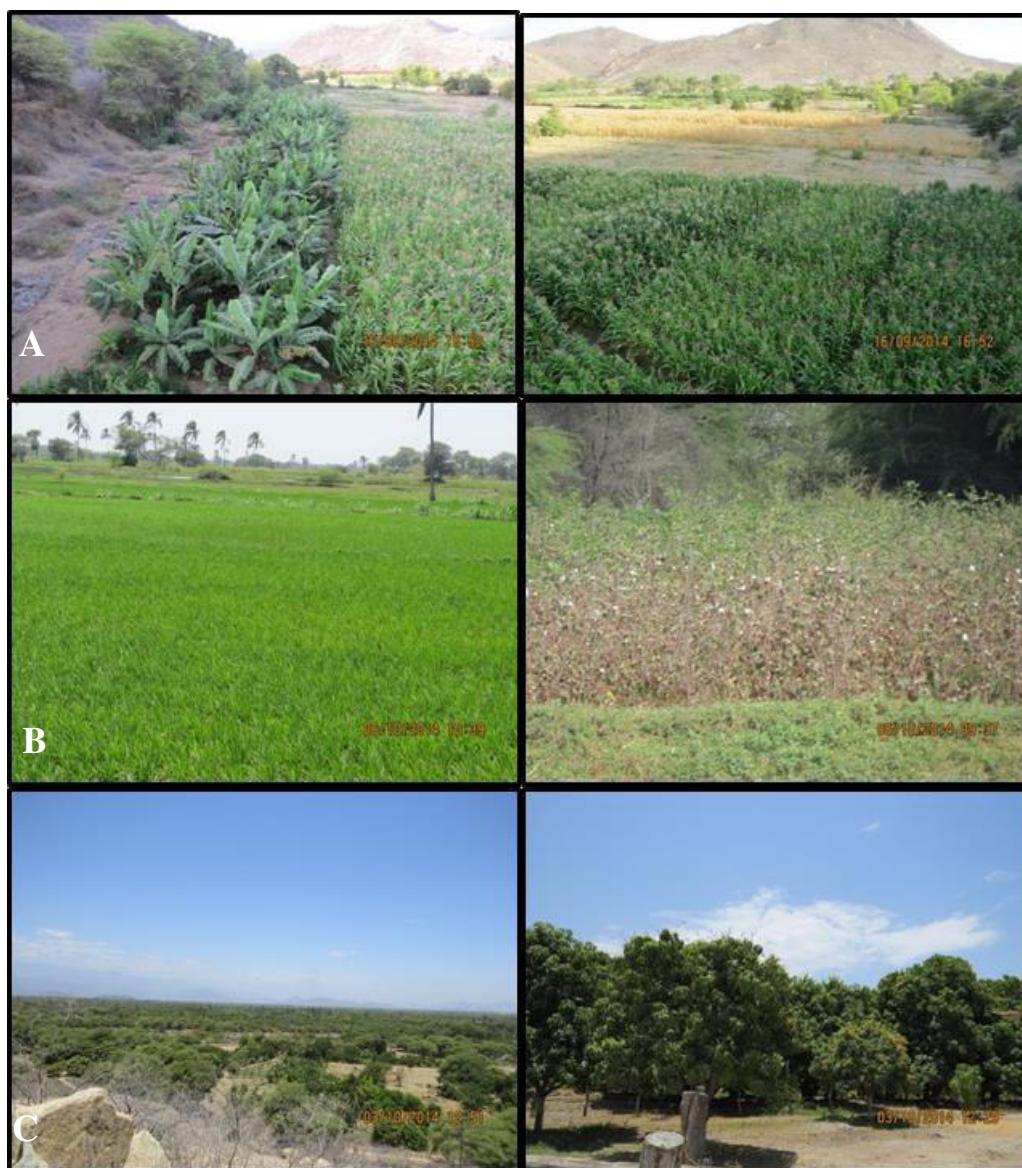


Foto N° 2.3
Quebrada San Francisco, cultivo de maracuyá y caña brava en Caserío Nuevo Santa Rosa



Foto N° 2.4
Río Sancor, cultivo de cacao en centro poblado Vega Larga



Foto N° 2.5
Río Charanal, cultivo de guanábana en centro poblado de Quilpon



Foto N° 2.6
Río Bigote, cultivos de soya en el centro poblado de Maray



iii. Selva temporal de hojas anchas

Ocupa una superficie de 2 428.1 Km², equivalente al 22.3% del área de la cuenca, se distribuye en sectores ubicados en la parte media de la cuenca Piura, se distribuye desde la cota 100 hasta la cota 1 000 msnm. En este tipo de cobertura vegetal se encuentran bosques caducifolios con predominancia de ceiba sp. (Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAA).

Este tipo de cobertura vegetal está relacionado con el Bosque seco Ecuatorial, donde predominan especies adaptadas a las duras condiciones del desierto: los algarrobales, sapotales, ceibales y formaciones suculentas. El algarrobo al igual que el huarango y palo verde pertenecen al grupo de las leguminosas, plantas que poseen la particularidad de captar y fijar nitrógeno en sus raíces, contribuyendo a la mejora de las condiciones del suelo donde habitan.

En este sentido, los bosques impiden el avance incontenible de los desiertos, fijando el suelo entre sus raíces controlando el desplazamiento de las dunas hacia los valles y zonas agrícolas. Los bosques secos cumplen funciones ecológicas importantes como la regulación del ciclo hídrico de las cuencas, el control de la erosión, y sobre todo su aporte en la lucha contra los procesos de desertización y el mantenimiento de la calidad del agua en las poblaciones rurales. Por otro lado el algarrobo ha venido siendo talado de manera irracional junto al guayacan, hualtaco y palo santo, el pródigo algarrobo literalmente se hace humo a causa de la extracción de leña y carbón (Cepeser, 2010).

Foto N° 2.7
Río Sancor, formación de ceibales en centro poblado de Ceibal



Foto N° 2.8
Río Yapatera, formación de algarrobales en centro poblado de Chapica



Foto N° 2.9
Río Corrales, bosque de cardos en el centro poblado de Maray



Foto N° 2.10

 Río Pusmalca, bosque de pasallos en el Puente Afiladera



Foto N° 2.11

 Río Chignia, bosque seco de Chignia



iv. Matorral arbustivo abierto

Abarca una superficie de 1 243.2 Km², equivalente al 11.4% del área de la cuenca, se distribuye en sectores ubicados en la parte alta de la margen derecha del río Piura, por encima de la cota 1 000 msnm, en una franja angosta que recorre la parte alta de la cuenca de norte a sur. En este tipo de cobertura vegetal se encuentran los centros poblados de Frías, Santo Domingo, Chalaco, Yamango, Canchaque, San Miguel del Faique y Huarmaca (Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAA).

Este tipo de cobertura vegetal se relaciona con la `selva alta_ que abarca aproximadamente desde los 1000 a 2000 msnm. En las tierras de secano, se siembran leguminosas como el maíz, mientras que en las tierras irrigadas se siembran café, caña de azúcar y frutales, además de pasto en las invernadas donde se mantiene el ganado. El relieve es abrupto con fuertes pendientes y una fuerte erosión arrasa las tierras. La vegetación natural de la selva alta a esta altitud presenta una formación arbórea a arbustiva llamada matorral. Los principales problemas ecológicos y forestales que se presentan en estas zonas son la colonización no planificada, deforestación de bosques primarios que albergan especies únicas y endémicas, cacería indiscriminada y no controlada de la fauna nativa, además de una erosión de suelos cada vez más acentuada (Cepeser, 2010).

Foto N° 2.12
Río Chalpa, invernias en el centro poblado de Ramón Castilla



Foto N° 2.13
Río Corrales, matorral en el centro poblado de Yamango



Foto N° 2.14
Río Sancor, matorral en el centro poblado de Checches

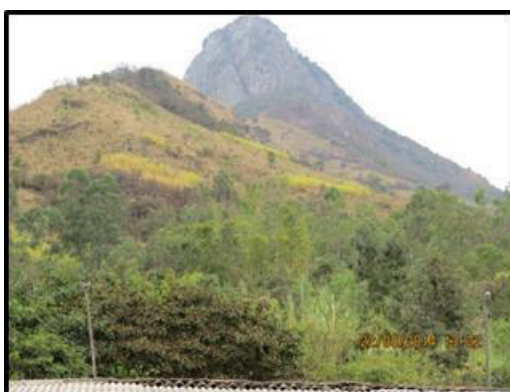


Foto N° 2.15
Río Chignia, cultivo de plátano en el centro poblado de La Loma



v. Selva lluviosa tropical

El sector de la selva lluviosa, de pequeño tamaño, se encuentra ubicado en sectores dispersos de la cuenca por debajo de los 3 000 msnm. Se extiende en una superficie de 83.0 Km² que representa el 0.8% del área total de la cuenca (Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAA).

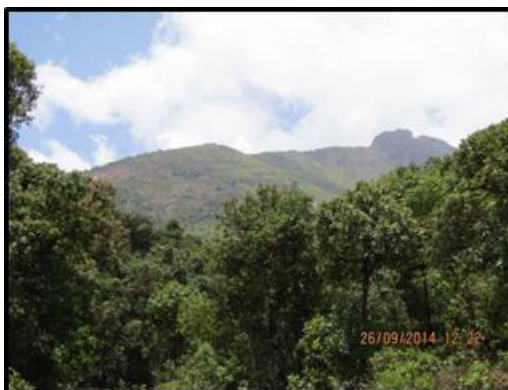
Este tipo de cobertura vegetal también se relaciona con la `selva alta_ y abarca aproximadamente desde los 2000 hasta los 3000 msnm. La vegetación que tiene este tipo de bosques mayormente es de especies maderables como el palton, puchuguero, higueron entre los más importantes, pero estos, estan siendo desmontados para usos agropecuarios. Las familias asentadas en la zona se dedican a la la actividad agrícola ganadera y forestal incipiente, los cultivos presentes en la zona son plátano, caña de azúcar, café, maíz y frutales. Otro componente que acelera la deforestación y degradación de los bosques es la instalación de áreas dedicadas al pastoreo de ganado vacuno.

Este tipo de ecosistemas, tiene una función importante desde el punto de vista hidrográfico. Los bosques primarios se consideran un manto vegetal, con un suelo forestal con enormes cantidades de materia orgánica. Las copas de los árboles y los suelos forestales asociados a ellos desarrollan una acción conjunta para captar por un lado la humedad de las lluvias o convertir las densas neblinas de humedad en agua que van almacenando (infiltración) y luego van suministrando lentamente hacia las partes bajas, por otro lado cumplen la función de carga y recarga de aguas subterráneas (Cepeser, 2010).

Foto N° 2.16
Río Charanal, selva lluviosa tropical en el centro poblado de La Cria



Foto N° 2.17
Río Yapatera, selva lluviosa tropical de Maray



vi. Pradera en zona de clima frío

Se distribuye en las partes altas y frías de la cuenca, se extiende aproximadamente por encima de los 3 000 msnm, se caracteriza por presentar un ambiente húmedo y frío ocupando los puntos más altos de la cuenca, abarca una superficie de 66.7 Km2 que representa el 0.6% del área total de la cuenca del río Piura (Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAA).

En este tipo de cobertura podemos encontrar especies vegetales tipo agave llamadas `Mejico`, además de plantaciones para reforestación donde se forman los bosques de `pinos` y `eucaliptos`.

Foto N° 2.18

 Río Bigote, pradera y bosque de pinos en el centro poblado de Choco



Foto N° 2.19

 Río Charanal, pradera y especies de mejico del Alto Poclus



vii. Centros Poblados

Los centros poblados abarcan una superficie de 11.5 Km², y representa el 0.1% del área total de la cuenca del río Piura. Los centros poblados con mayor extensión son Piura, Catacaos y Chulucanas (Dirección General de Asuntos Ambientales - DGAA).

2.5.2. Resultados

A. Río Bigote

A.1 Flora asociada al río Bigote

a) Flora Nativa

Entre las especies de flora que más resaltan en el recorrido del río Bigote, se encuentran iniciando las especies de `algarrobo_ (*Prosopis pallida*) y `overo_ (*Cordia lutea*), árboles que se desarrollan en los bosques secos como algarrobales y overales. Otras especies nativas que abundan continuando el recorrido aguas arriba son el `charán negro_ (*Caesalpinia paipai*), `charán amarillo_ (*Caesalpinia* sp.) y `sapote_ (*Capparis scabrida*), entre otros. Además encontramos al `aritato_ (*Vernonia ferruginea*) y `cabuya_ (*Furcraea andina*) formando parte de la vegetación del matorral y en la parte más alta, a más de 3000 msnm, encontramos al `guacum_ (*Baccharis loxensis*) y el `Cucharillo_ (*Oreocallis grandiflora*) entre los más representativos.

Cuadro N° 2.12
Especies de flora nativa asociada al río Bigote

Fuente: Elaboración propia

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	`Overo_	Bado de Garzas	637127	9412908	197
			Palo Negro	643960	9413829	324
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	`Algarrobo_	Bado de Garzas	637333	9412879	198
			Palo Negro	643895	9413629	329
	<i>Erythrina velutina</i>	`Porotillo_	Palo Negro	644152	9413762	342
	<i>Geoffroea striata</i>	`Almendo_	Palo Negro	644058	9413819	332
	<i>Acacia macracantha</i>	`Faique_	Palo Negro	643918	9413630	320
			Papayo	648993	9423380	1100
	<i>Inga densiflora</i>	`Guabo de zorro_	Cruz Baja	649225	9427720	1674
	<i>Lupinus albert-smithianus</i>	`Tarwi arbustivo_	Larrayan	650629	9430467	2285
	<i>Inga feuillei</i>	`Guabo de castilla_	Papayo	649309	9424324	1180
	<i>Senna spectabilis</i>	`Vainillo_	Palo Negro	644048	9413681	327
	<i>Caesalpinia</i> sp.	`Charan amarillo_	Palo Negro	643910	9413932	300
	<i>Caesalpinia paipai</i>	`Charan negro_	Palo Negro	644176	9413714	341
POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ `Caña de Guayaquil_	Bado de Garzas	636735	9413048	193
			Palo Negro	648862	941718	394
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha curcas</i>	`Piñon_	Palo Negro	643915	9413841	317
	<i>Croton baillonianus</i>	`Mosquero_	Larrayan	650633	9430495	2286
		`Mosquero_	Maylan	651366	9431880	2337
	<i>Euphorbia laurifolia</i>	`Tinglo_ o `Lechero_	Larrayan	650629	9430504	2305
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrida</i>	`Sapote_	Palo Negro	643856	9412940	300
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea crassifolia</i>	`Bejuco_	Palo Negro	643933	9413848	323
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>	`Pasallo colorado_	Palo Negro	644151	9413761	341
			Palo Negro	644151	9413761	341
BOMBACACEAE	<i>Ceiba trischistrandra</i>	`Ceibo_	Palo Negro	643905	9413572	300

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

BOMBACACEAE	<i>Eriotheca discolor</i>	`Pasallo blanco_	Naciente Río Bigote	646940	9421135	800
NYCTAGINACEAE	<i>Pisonia macranthocarpa</i>	`Anguruc_	Palo Negro	644166	9413723	341
CACTACEAE	<i>Armatocereus oligogonus</i>	`Cardo_	Palo Negro	643906	9413916	318
NYCTAGINACEAE	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	`Papelillo_	Palo Negro	644180	9413723	342
MORACEAE	<i>Ficus tonduzii</i>	`Higueron_	Palo Negro	644178	9413713	341
ELAEOCARPACEAE	<i>Muntingia calabura</i>	`Cerezo_	Naciente Río Bigote	646699	9420171	524
BROMELIACEAE	<i>Vriesea sp.</i>	`Achupalla_	Naciente Río Bigote	646687	9420190	536
	<i>Tillandsia usneoides</i>	`Salvaje_	Naciente Río Bigote	646912	9421126	794
	<i>Opuntia ficus - indica</i>	`Tuna_	Papayo	649304	9424319	1178
SOLANACEAE	<i>Cestrum auriculatum</i>	`Sauc_ o Yerba santa_	Naciente Río Bigote	646681	9420199	544
	<i>Dunalia arborescens</i>	`Chin chin_	Papayo	648988	9423371	1102
	<i>Solanum hispidum</i>	`Tululuque_	Papayo	649003	9423425	1113
	<i>Nicotiana tabacum</i>	`Tabaco_	Cruz Baja	649047	9427588	1707
	<i>Brugmansia arborea</i>	`Floripondio_	Cruz Baja	649046	9427557	1702
	<i>Physalis peruviana</i>	`Tomatillo_ o Aguaymanto_	Cruz Baja	649053	9427566	1706
AGAVACEAE	<i>Furcraea andina</i>	`Cabuya_	Cruz Baja	649230	9427740	1673
JUGLANDACEAE	<i>Juglas neotrópica</i>	`Nogal_	Cruz Baja	649222	9427719	1674
CANNACEAE	<i>Canna indica</i>	`Achira_	Cruz Baja	649234	9427742	1673
BERBERIDACEAE	<i>Berberis paniculata</i>	`Cheche_	Cruz Baja	649048	9427567	1706
ERICACEAE	<i>Pernettya prostrata</i>	`Moridera_	Larrayan	650629	9430501	2307
ASTERACEAE	<i>Baccharis loxensis</i>	<i>`Guacum_</i>	Larrayan	650638	9430502	2286
			Choco	646876	9434154	3054
	<i>Vernonia ferruginea</i>	<i>`Aritaco_</i>	Papayo	649006	9423397	1102
MIRTACEAE	<i>Myrcianthes discolor</i>	<i>`Lanche_</i>	Maylan	651362	9431875	2336
CARICACEAE	<i>Vasconcellea pubescens</i>	<i>`Chicope_</i>	Maylan	651269	9431875	2351
ROSACEAE	<i>Rubus sp.</i>	<i>`Zarzamora_</i>	Maylan	651505	9432091	2350
CLUSSIACEAE	<i>Clussia dixonii</i>	<i>`Churgun_</i>	Choco	646944	9434161	3067
ONAGRACEAE	<i>Fuchsia ayavacensis</i>	<i>`Zarcilleja_</i>	Choco	646943	9434176	3070
PROTEACEAE	<i>Oreocallis grandiflora</i>	<i>`Cucharillo_</i>	Choco	646892	9434139	3053
ANNONACEAE	<i>Annona muricata L.</i>	<i>`Guanábana_</i>	Naciente del Río Bigote	646680	9420199	543
	<i>Annona cherimola</i>	<i>`Chirimoya_</i>	Papayo	649330	9424218	1154
LAURACEAE	<i>Persea americana</i>	<i>`Palto_</i>	Papayo	649329	9424216	1152

b) Flora exótica

Entre la flora exótica asociada al río Bigote, se encuentra formando parte de plantas ornamentales el `Laurel rosa_ (Nerium oliander) y como cercos el `Farolito_ (Hibiscus rosasinensis L.). Además tenemos las especies como el `Pino_ (Pinus radiata), `Ciprés_ (Cupressus macrocarpa) y el `Eucalipto_ (Eucaliptus globolus), que son especies que están siendo utilizadas para reforestación y son recursos que aprovecha la población como madera y leña. Se han encontrado bosques con pequeñas extensiones de reforestación con pino en el centro poblado de Choco.

Cuadro N° 2.13
Especies de flora exótica asociada al río Bigote

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
MALVACEAE	<i>Hibiscus rosasinensis</i>	`Farolito_	Cruz baja	649633	9427490	1461
APOCYNACEAE	<i>Nerium oliander</i>	`Laurel rosa_	Cruz baja	649668	9427481	1450
MIRTACEAE	<i>Eucaliptus globulus</i>	`Eucalipto_	Maylan	651408	9432049	2348
	<i>Eucaliptus angustifolius</i>	`Eucalipto_	Maylan	651410	9432050	2349
CUPRESSACEAE	<i>Cupressus macrocarpa</i>	`Cipres_	Choco	646871	9434155	3052
PINACEAE	<i>Pinus radiata</i>	`Pino_	Choco	646412	9434593	3028

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

Desde la desembocadura del río Bigote al río Piura, haciendo el recorrido aguas arriba aproximadamente hasta el centro poblado de Caravelí, encontramos zonas de cultivo y áreas intervenidas. Estas zonas se encuentran en su mayoría en la ribera del río Bigote, y podemos distinguir áreas con cultivos de mango, soya, frijol, maíz, entre los más importantes. A medida que se va subiendo aguas arriba, a partir de los 2000 msnm, la flora cultivada es en su mayoría gramíneas como el maíz y pastos para el ganado en las zonas de invernadas.

Cuadro N° 2.14
Especies de flora cultivada asociada al río Bigote

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Oryza sativa</i>	`Arroz_	Palo Negro	643250	9413750	269
<i>Gynerium sagittatum</i>	`Caña brava_	Bado de Garzas	636939	9412928	195
<i>Guadua angustifolia</i>	`Caña de Guayaquil_	Palo Negro	643298	9413778	269
<i>Zea mays</i>	`Maíz_	Palo Negro	643224	9413805	270
		Maylan	651410	9432045	2354
<i>Pennisetum purpureum</i>	`Pasto elefante_	Larrayan	650632	9430474	2280
<i>Glycine max</i>	`Soya_	Palo Negro	643252	9413683	267
<i>Phaseolus vulgaris</i>	`Frijol_	Palo Negro	643313	9413839	270
<i>Mangifera indica</i>	`Mango_	Bado de Garzas	637340	9412883	198
<i>Musa sapientum</i>	`Plátano_	Palo Negro	643257	9413771	269
<i>Coffea Canephora</i>	`Café_	Papayo	649328	9424283	1166

Fuente: Elaboración propia

A.2 Fauna asociada al río Bigote

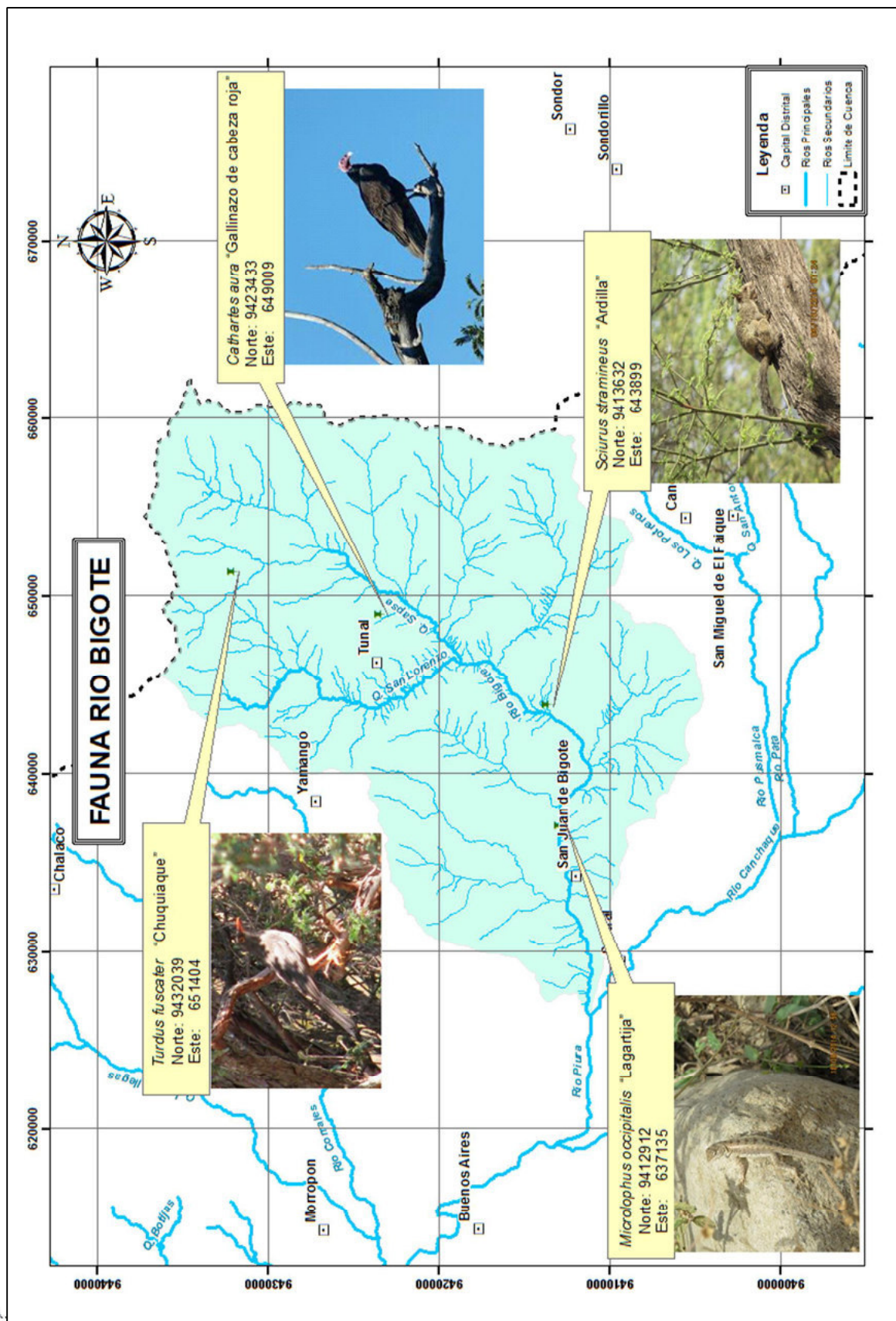
En la ribera del río Bigote, se encuentran mayormente zonas de cultivo, las cuales albergan una variedad de aves como la `zoña_o `chisco_ (Mimus longicaudatus), el `chilalo_ (Furnarius leucopus), `tortolas_ (Columbina cruziana), `luisa_ (Thraupis episcopus) entre otras. En las zonas de los algarrobales y overales, encontramos a la `ardilla_ (Sciurus stramineus), `lagartija_ (Microlophus occipitalis) y `pacaso_ (Callospistes flavipunctatus), además de observan gran cantidad de `gallinazos_ (Coragyps atratus). También se consideran animales que han sido registrados por la población, dentro de los cuales tenemos `venado gris_ y al `puma o león_ que habitan en lugares más alejados de la población. El cuadro N° 2.15 y figura N° 2.9 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Bigote.

Cuadro N° 2.15
Especies de fauna asociada al río Bigote

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	`Gallinazo de cabeza negra_	Palo negro	643916	9413842	317
		<i>Cathartes aura</i>	`Gallinazo de cabeza roja_	Papayo	648988	9423371	1102
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	`Soña_o `Chisco_	Palo negro	643962	9413831	324
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	`Chilalo_	Palo negro	643899	9413630	329
	Icteridae	<i>Icterus gracennae</i>	`Chiroca_	Palo negro	644182	9413725	342
	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	`Picaflor_	Bado de Garzas	637129	9412910	197
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	`Putilla_	Bado de Garzas	637335	9412880	198
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	`Luisa_	Bado de Garzas	637345	9412885	198
		<i>Sicalis flaveola</i>	`Puntito de oro_	Bado de Garzas	636941	9412931	195
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	`Tórtola_	Palo negro	648865	941720	394
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	`Chuquiaque_	Maylan	651404	9432039	2354
	Psittacidae	<i>Aratinga wagleri</i>	`Loro de cabeza roja_	Bado de Garzas	637333	9412879	198
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	`Chiclon_	Bado de Garzas	637340	9412883	198
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	`Ardilla_	Palo negro	643899	9413632	329
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	`Lagartija_	Bado de Garzas	637135	9412912	197
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	`Pacaso_	Bado de Garzas	637338	9412883	198

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.9
Mapa de distribución de especies de fauna representativa del río Bigote



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

B. Río Corrales

B.1 Flora asociada al río Corrales

a) Flora nativa

Entre las especies de flora que más resaltan a lo largo del río Corrales, tenemos iniciando el bosque seco asociaciones de plantas dominadas por una sola especie o conjuntos de especies como son el `algarrobo_ (*Prosopis pallida*) y el `sapote_ (*Capparis scabrida*), en la zonas montañosas encontramos el `palo santo_ (*Bursera graveolens*), `porotillo_ (*Erythrina velutina*), `faique_ (*Acacia macracantha*) y `pasallo_ (*Eriotheca discolor*). En la zona del matorral, a más de 1000 msnm encontramos al `guabo de castilla_ (*Inga feuillei*), `chin chin_ (*Dunalia arborescens*) y `sauco_ (*Cestrum auriculatum*) entre los más representativos, y terminando el recorrido a los 2500 msnm la `Gargara_ (*Pteridium aquilinum*), una especie de helecho.

Cuadro N° 2.16
Especies de flora nativa asociada al río Corrales

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	`Overo_	Maray	618479	9425988	166
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	`Algarrobo_	Maray	618528	9425972	165
			Pueblo Nuevo	623352	9426664	221
	<i>Erythrina velutina</i>	`Porotillo_	Pueblo Nuevo	623316	9426634	219
		`Porotillo_	Piscan	633083	9424935	518
	<i>Acacia macracantha</i>	`Faique_	Maray	618476	9425985	166
			Pueblo Nuevo	623453	9426886	242
	<i>Inga densiflora</i>	`Guabo de zorro_	Yamango	639313	9427566	1316
	<i>Mimosa pellita</i>	`Uña de gato_	Pueblo Nuevo	623376	9426673	227
	<i>Inga feuillei</i>	`Guabo de castilla_	Yamango	639126	9427253	1200
POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ `Caña de Guayaquil_	Maray	618446	9425910	160
	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ `Caña de Guayaquil_	Pueblo Nuevo	623349	9426733	225
	<i>Chusquea scandens</i>	`Zuro_	El lúculo	642520	9431296	2026
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha curcas</i>	`Piñon_	Pueblo Nuevo	623369	9426660	230
	<i>Croton baillonianus</i>	`Mosquero_	Coyunay - bordeando subcuenca corrales	642521	9431282	2028
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrida</i>	`Sapote_	Maray	618433	9425993	166
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea crassifolia</i>	`Bejuco_	Pueblo Nuevo	623420	9426687	224
	<i>Ipomoea carnea</i>	`Borrachera_	Pueblo Nuevo	623370	9426658	227
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>	`Pasallo colorado_	Maray	617568	9426410	213
	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	`Pasallo negro_	Piscan	633097	9424975	535
	<i>Eriotheca ruizii</i>	`Pasallo colorado_	Piscan	633193	9424951	531
CACTACEAE	<i>Browningia microsperma</i>	`Cardo_	Caja Lobos y Piedra Errada	617893	9419258	134
	<i>Armatocereus oligogonus</i>	`Cardo_	Maray	617564	9426520	206

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

MORACEAE	<i>Ficus tonduzii</i>	‘Higueron_	Piscan	633215	9424919	513
ELAEocarpaceae	<i>Muntingia calabura</i>	‘Cerezo_	Pueblo Nuevo	623476	9426727	226
		‘Cerezo_	Piscan	633197	9424928	519
BROMELIACEAE	<i>Vriesea sp.</i>	‘Achupalla_	Piscan	633200	9424963	537
	<i>Tillandsia usneoides</i>	‘Salvaje_	Piscan	633152	9424945	529
SOLANACEAE	<i>Cestrum auriculatum</i>	‘Sauc_ o ‘Yerba santa_	Yamango	639304	9427557	1302
	<i>Dunalia arborescens</i>	‘Chin chin_	Yamango	639400	9427546	1292
	<i>Solanum hispidum</i>	Tululuque_	Piscan	633097	9424975	535
	<i>Solanum sp.</i>	Tululuque_	Yamango	639395	9427546	1296
	<i>Solanum sp.</i>	Tululuque_	Coyunayu - bordeando subcuenca corrales	642515	9431281	2021
ASTERACEAE	<i>Tessaria integrifolia</i>	‘Pájaro bobo_	Pueblo Nuevo	623465	9426750	230
	<i>Vernonia patens</i>	‘Palo de agua_	Pueblo Nuevo	623419	9426755	231
	<i>Baccharis latifolia</i>	‘Chilca_	Coyunayu - bordeando subcuenca corrales	642524	9431302	2030
	<i>Vernonia ferruginea</i>	‘Aritaco_	Piscan	633082	9424899	504
		‘Aritaco_	Yamango	639321	9427555	1299
MIRTACEAE	<i>Psidium guajaba</i>	‘Guayabo_	Pueblo Nuevo	623387	9426689	227
ROSACEAE	<i>Rubus sp.</i>	‘Zarzamora_	Yamango	639387	9427358	1239
BURSERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>	‘Palo santo_	Maray	617584	9426387	213
SALICACEAE	<i>Salix chilensis</i>	‘Sauce_	Pueblo Nuevo	623452	9426802	231
AMARANTHACEAE	<i>Amaranthus quitensis</i>	‘Maleza_	Pueblo Nuevo	623412	9426697	226
APOCYNACEAE	<i>Vallesia glabra</i>	‘Cun cun_	Pueblo Nuevo	623494	9426829	231
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	‘Guayacan_	Piscan	633114	9424928	519
CLUSIACEAE	<i>Mammea americana</i>	‘Mamey_	Yamango	639430	9427419	1249
LAURACEAE	<i>Persea laevigata</i>	‘Palton_ o ‘Pumaparra_	El lúculo	642525	9431298	2028
	<i>Persea americana</i>	‘Palto_	Yamango	639404	9427408	1246
PIPERACEAE	<i>Piper elongatum</i>	‘Matico_	Yamango	639145	9427264	1201
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i>	‘Cedro_	Coyunayu - bordeando subcuenca corrales	642538	9431288	2033
ARACEAE	<i>Anthurium rubrinervium</i>	‘Ponunga_	Coyunayu - bordeando subcuenca corrales	642526	9431291	2029
HYPOLEPIDACEAE	<i>Pteridium aquilinum</i>	‘Gargara_	Coyunayu - bordeando subcuenca corrales	642518	9431306	2029
		‘Gargara_	El lúculo	643223	9434173	2572
BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i>	‘Aliso_	El lúculo	643221	9434132	2574
MELASTOMATACEAE	<i>Tibouchina laxa</i>	‘Paguero_	El lúculo	643165	9434145	2540
ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i>	‘Guanábana_	Yamango	639150	9427268	1201
	<i>Annona cherimola</i>	‘Chirimoya_	Yamango	639316	9427556	1301

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Entre la flora exótica asociada al río Corrales, se encuentra formando parte de plantas ornamentales el `Laurel rosa_ (*Nerium oliander*) que se encuentra mayormente en las casas y calles de la población, el `Eucalipto_ (*Eucaliptus globolus*) como especie para reforestación y la `granada_ (*Punica granatum*) cuyos frutos son consumidos por la población.

Cuadro N° 2.17.
Especies de flora exótica asociada al río Corrales

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
APOCYNACEAE	<i>Nerium oliander</i>	`Laurel rosa_	Yamango	639465	9427436	1260
MIRTACEAE	<i>Eucaliptus globolus</i>	`Eucalipto_	Yamango	639430	9427480	1266
	<i>Syzygium jambos</i>	`Pomarosa_	Yamango	639462	9427432	1259
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	`Higuerilla_	Pueblo Nuevo	623501	9426839	232
			Yamango	639441	9427444	1257
OSMUNDACEAS	<i>Osmunda regalis</i>	`Helecho_	Pueblo Nuevo	623407	9426736	227
PUNICACEAE	<i>Punica granatum</i>	`Granada_	Maray	618501	9425925	160

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

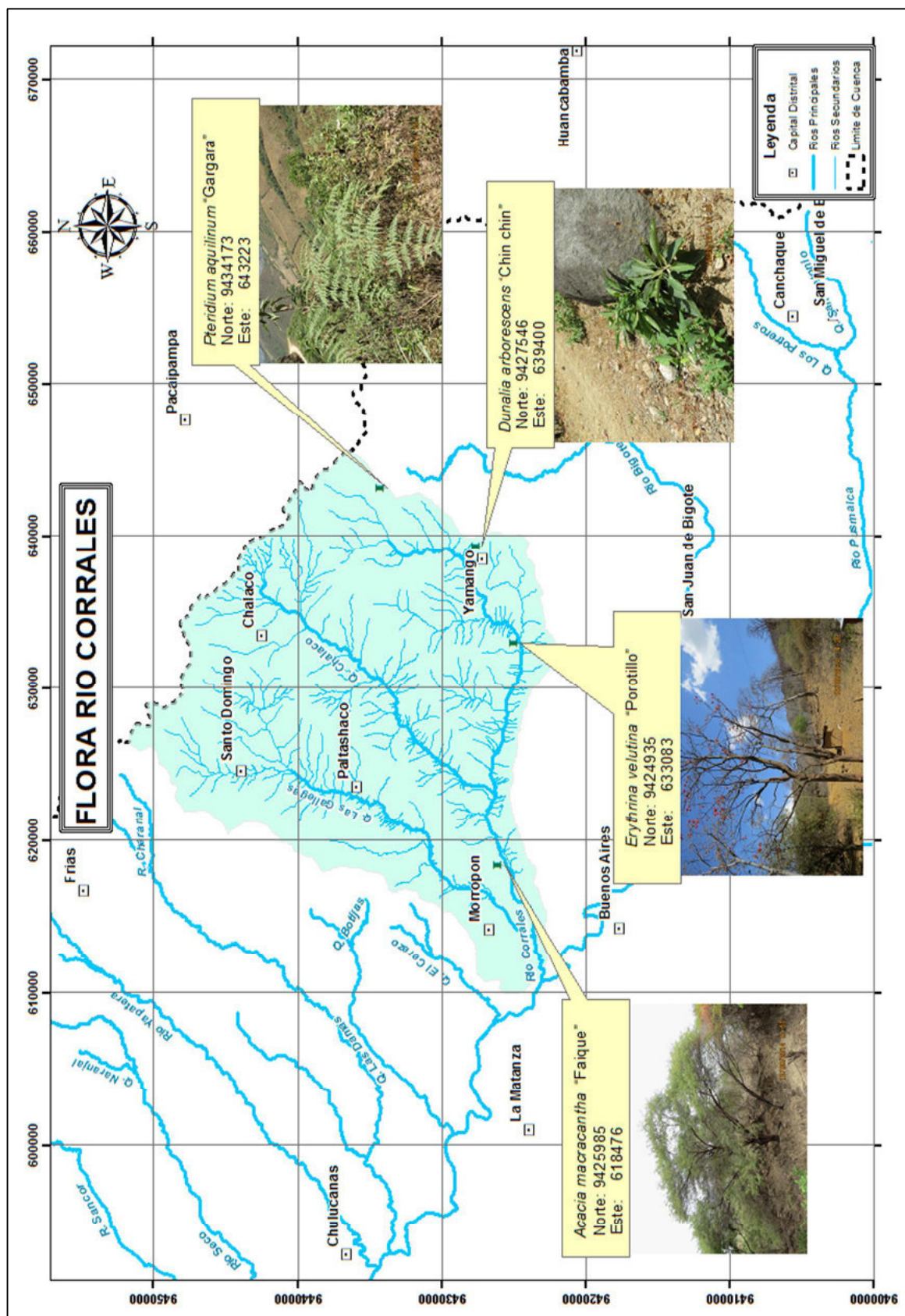
Desde la desembocadura del río Corrales al río Piura hasta el centro poblado Nuevo Progreso, encontramos una agricultura intensiva, donde se cultivan mango, arroz y maíz y frutales como plátano y cacao, entre los más representativos.

Cuadro N° 2.18
Especies de flora cultivada asociada al río Corrales

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Mangifera indica</i>	`Mango_	Maray	618505	9425930	160
<i>Oryza sativa</i>	`Arroz_	Maray	618078	9425998	158
<i>Zea mays</i>	`Maíz_	Yamango	639209	9427375	1233
<i>Pennisetum purpureum</i>	`Pasto elefante_	Yamango	639236	9427374	1230
<i>Gynerium sagittatum</i>	`Caña brava_	Pueblo Nuevo	623414	9426699	225
<i>Glycine max</i>	`Soya_	Maray	618126	9425976	158
<i>Phaseolus vulgaris</i>	`Frijol_	Yamango	639140	9427231	1191
<i>Coffea Canephora</i>	`Café_	Yamango	639145	9427219	1187
<i>Musa sapientum</i>	`Plátano_	Maray	618318	9425918	160
		Yamango	639135	9427252	1200
<i>Theobroma cacao</i>	`Cacao_	Maray	618224	9425921	159
<i>Citrus aurantium</i>	`Naranja dulce_	Yamango	639149	9427245	1195
<i>Citrus limeta</i>	`Lima_	Yamango	639159	9427269	1196

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.10
Mapa de distribución de especies de flora representativa del río Corrales



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

B.2 Fauna asociada al río Corrales

A continuación se presenta la fauna caracterizada a lo largo del recorrido del río Corrales, donde en el bosque seco encontramos especies como la 'ardilla_ (*Sciurus stramineus*), y reptiles como el 'pacaso_ (*Callospistes flavipunctatus*), y a medida que aumenta la altura, a más de 1000 msnm, encontramos aves como el 'chuquiaque_ (*Turdus fuscater*). El cuadro N° 2.19 y figura N° 2.11 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Corrales.

Cuadro N° 2.19
Especies de fauna asociada al río Corrales

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	'Gallinazo de cabeza negra_	Pueblo Nuevo	623476	9426727	226
		<i>Cathartes aura</i>	'Gallinazo de cabeza roja_	Lajos bordeando subcuenca corrales	642526	9431291	2029
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	'Soña_ o 'Chisco_	Pueblo Nuevo	623370	9426658	227
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	'Chilalo_	Maray	618224	9425921	159
	Icteridae	<i>Icterus gracennae</i>	'Chiroca_	Piscan	633193	9424951	531
	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	'Picaflor_	Maray	617568	9426410	213
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	'Putilla_	Pueblo Nuevo	623420	9426687	224
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	'Luisa_	Pueblo Nuevo	623349	9426733	225
		<i>Sicalis flaveola</i>	'Puntito de oro_	Pueblo Nuevo	623349	9426733	225
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	'Chuquiaque_	El lúculo	643221	9434132	2574
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	'Chiclon_	Maray	618078	9425998	158
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	'Ardilla_	Maray	618433	9425993	166
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	'Lagartija_	Maray	618505	9425930	160
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	'Pacaso_	Maray	617568	9426410	213

Fuente: Elaboración propia

[illegible]

Pág. 59

B.3 Relictos de Bosque de Neblina

Existen relictos de bosque de neblina en la subcuenca Corrales entre los cuales se tiene al bosque de Ñoma en la quebrada La Gallega y el bosque de Mijal en la quebrada de Chalaco, ambos lugares, presentan condiciones para mecanismos de compensación por servicios hidrológicos. Se priorizaron estas sub cuencas por la importancia en los servicios que brindan en la cuenca (8280 h de bosque en la Gallega y 1370 h en Chalaco) y la favorable dinámica institucional relacionada a la gestión de los recursos.

Los servicios ecosistémicos hídricos que ofrecen los bosque de neblina son:

- El control de la sedimentación,
- La regulación del ciclo hidrológico, y
- Calidad del agua; adicionalmente la sostenibilidad de estos bosques hacen menos vulnerables a estos espacios a las inundaciones y sequías, y así conservar la biodiversidad y aumentar la captura de carbono.

A continuación se detalla información de los bosques de Mijal y Ñoma en un estudio de Áreas Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad realizado por More, A.; P. Villegas & M. Alzamora - PROFONANPE (2014):

a. Flora y fauna del Bosque de Mijal

El bosque de Mijal es un pequeño bosque húmedo de montaña ubicado sobre la ladera occidental del cerro Mijal, está restringido a zonas empinadas donde aún se conservan algunos parches de bosque primario. En este bosque nacen las quebradas Carpinteros, Mijal y Chonta, que aportan agua al río Chalaco y forman parte de la subcuenca Corrales, afluente del río Piura. En la parte baja del bosque existen actividades agrícolas y ganaderas que han impactado el bosque, originando zonas intervenidas y matorrales húmedos.

En este sitio son abundantes los arbustos como la chilca (*Baccharis latifolia* y *B. sinuata*), la flor de huisco (*Tibouchina laxa*), la gara gara (*Pteridium aquilinum*). En la zona media son predominantes árboles como el paltón (*Persea sp.*), el salle (*Weinmannia ayavacensis*), el zarcillejo (*Axinaea oblongifolia*), el puchugero (*Ocotea cernua*), el alisillo (*Rhamnus sphaerosperma*), el aliso (*Alnus acuminata*), la cascarilla (*Cinchona officinalis*), el shimir (*Mauria heterophylla*) y *Miconia sp.* Los troncos de los árboles están cubiertos por abundantes musgos, líquenes, helechos y bromelias, destacan *Tillandsia sp.*, *Polypodium sp.* y *Anthurium sp.* En la zona alta son frecuentes las hierbas *Aira caryophyllea*, *Lobelia tenera*, *Paspalum sp.* y algunos arbustos dispersos como flor de quinde (*Fuchsia ayavacensis*), *Gaultheria reticulata*, *Satureja sp.*, *Baccharis sp.*, entre otros. También se han registrado especies poco frecuentes como *Symplocos nuda*, *Croton callicarpifolius*, y las especies endémicas como el poleo (*Clinopodium flabellifolium*), *Senecio piurensis*, *Gentianella liniflora*, *Calceolaria divaricata* y *C. linearis*.

Las aves más representativas que habitan el bosque de Mijal son la paloma torcaza o turca (*Patagioenas fasciata*), el colibrí ángel del sol de garganta púrpura (*Heliangelus viola*), la cola espina de azara (*Synallaxis azarae*), el chuquiaque o zorzal grande (*Turdus fuscater*), la tangara azul y negra (*Tangara vassorii*), el gorrión de collar rufo (*Zonotrichia capensis*), el fio fio de cresta blanca (*Elaenia albiceps*) y el trepa troncos barba blanca rayado (*Pseudocolaptes boissonneautii*). También se registran especies endémicas de la Región Tumbesina como el limpia follaje de cuello rufo (*Syndactyla ruficollis*), el hormiguero cabeza gris (*Myrmeciza griseiceps*), la batará de Chapman (*Thamnophilus zarumae*), el zorzal de dorso plumizo (*Turdus reevei*), la reinita tribandeada (*Basileuterus trifasciatus*), el pitajo de Piura (*Ochthoeca piurae*), el aguilucho de garganta blanca (*Buteo albigula*) y el aguilucho de cola fajeada (*Buteo albonotatus*).

Los mamíferos registrados están representados por el ratón montaraz de Taczanowski (*Thomasomys taczanowskii*), el murciélago frugívoro oscuro (*Sturnira erythromos*), el murciélago orejón andino (*Histiotus montanus*), la muca o cashul (*Didelphis pernigra*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), el conejo (*Sylvilagus brasiliensis*) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*). Entre las especies de anfibios registrados está la rana *Pristimantis sternothylax*. En cuanto a los reptiles se ha registrado la serpiente no venenosa *Liophis taeniurus* y la lagartija (*Macropholidus huancabambae*) especie endémica.

b. Flora y fauna del Bosque de Ñoma

El bosque se ubica en una de las laderas montañosas de la Meseta Andina al este del centro poblado de Ñoma. Localmente el área es conocida como el bosque del Batancito de Ñoma y se extiende sobre una zona muy agreste con pendientes pronunciadas, que son surcadas por pequeños cursos de agua y cataratas que en su parte baja dan origen a las quebradas Paredones, Sambuyacu y Paltón, que forman parte de la subcuenca del río la Gallega, afluente del río Piura. En la parte alta, el bosque colinda con los pajonales de la Meseta Andina. La parte baja está intervenida por actividades agrícolas y ganaderas.

La vegetación del área es típica de los bosques húmedos de montaña de la vertiente occidental. El bosque tiene árboles de hasta 40 metros de altura, destaca el paltaguiro (*Persea sp.*), el arrayán (*Myrcianthes fragrans*), el cucharillo (*Oreocallis grandiflora*), el chunque (*Vallea stipularis*), el illirque (*Axinaea oblongifolia*), el chivato (*Siparuna suaveolens*), *Saurauia bullosa* y *Abatia parviflora*. En las zonas intervenidas son comunes arbustos como: el aretes (*Fuchsia ayavacensis*), el suro (*Chusquea scandens*), *Streptosolen jamesonii*, *Aphelandra acanthifolia* y *Cacosmia rugosa*. En el bosque ripario destaca el paltón (*Persea brevipes*), el arrayán (*Myrcianthes fragrans*), el yuto (*Myrsine reynelii*), el palo de vieja (*Buddleja polycephala*), el jacinto serrano (*Weinmannia glabra*) y el puchuguero (*Ocotea cernua*).

En las partes altas, el bosque enano o de transición, da paso al pajonal de la Meseta Andina, y dominan los arbustos como el arrayán serrano (*Lomatia hirsuta*), la chilca (*Baccharis latifolia*), el guacún serrano (*Hesperomeles heterophylla*) y *Brachyotum sp.* Entre las especies endémicas se han registrado la flor de agua (*Berberis beauverdiana*), el more (*Persea corymbosa*), la ortiga (*Nasa picta*) y el yuto (*Myrsine reynelii*).

La fauna del área combina especies de ecosistemas húmedos con algunas especies de bosques secos. Las aves más representativas son la paloma torcaza o turca (*Patagioenas fasciata*), el colibrí ángel del sol de garganta púrpura (*Helianthus viola*), la cola espina de Azará (*Synallaxis azarae*), el chuquiaque o zorzal grande (*Turdus fuscater*), la tangara plateada (*Tangara viridicollis*) y el subepalo perlado (*Margarornis squamiger*). También habitan especies endémicas de la Región Tumbesina como el limpia follaje de cuello rufo (*Syndactyla ruficollis*), el hormiguero cabeza gris (*Myrmeciza griseiceps*), el batara de Chapman (*Thamnophilus zarumae*), el zorzal de dorso plumizo (*Turdus reevei*), la reinita tribandeada (*Basileuterus trifasciatus*), el pitajo de Piura (*Ochthoeca piurae*) y otras especies raras como el aguilucho de garganta blanca (*Buteo albigula*).

Los mamíferos registrados están representados por el ratón montaraz de Taczanowski (*Thomasomys taczanowskii*) los murciélagos frugívoros *Sturnira erythromos* y *S. luisi*, el murciélago orejón andino (*Histiotus montanus*), la muca o cashul (*Didelphis pernigra*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), el perro amingo (*Eira barbara*) y el puercoespín de cola corta (*Coendou rufescens*). Entre las especies de anfibios registrados está *Pristimantis sternothylax*. En cuanto a los reptiles se ha registrado la serpiente no venenosa *Liophis taeniurus* y la lagartija *Macropholidus huancabambae*, especie endémica.

C. Río Pusmalca

C.1 Flora asociada al río Pusmalca

a) Flora nativa

Entre las especies de flora que más resaltan en el recorrido del río Pusmalca, se encuentran iniciando las especies de `cardos_ (*Armatocereus oligogonus*) y `sapote_ (*Capparis scabrida*), especies que se desarrollan en el bosque seco. Otras especies nativas que abundan continuando el recorrido aguas arriba son los bosques de `pasallos_ (*Eriotheca ruizii*), `ceibo_ (*Ceiba trischistrandra*) y `faique_ (*Acacia macracantha*) además encontramos a arbustos como la `zarzamora_ (*Rubus* sp.), frutales como la `guanábana_ (*Annona muricata*), y `guaba_ (*Inga feuillei*), etc. además de árboles como el `checo_ (*Sapindus saponaria*) que forman parte de la vegetación de la selva alta.

Cuadro N° 2.20
Especies de flora nativa asociada al río Puzmalca

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	Overo_	Chanizo	642495	9400192	261
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	Algarrobo_	Chanizo	642479	9400173	261
	<i>Erythrina velutina</i>	Porotillo_	Loma Larga baja	647261	9400505	470
	<i>Acacia macracantha</i>	Faique_	Chanizo	642490	9400185	261
	<i>Acacia macracantha</i>	Faique_	Loma Larga baja	647250	9400530	470
	<i>Inga densiflora</i>	Guabo de zorro_	Canchaque	655046	9405939	1300
	<i>Inga feuillei</i>	Guabo de castilla_	Canchaque	655037	9405949	1298
	<i>Leucaena trichoides</i>	Shapra_	Puente Afiladera	651784	9402601	753
	<i>Erythrina edulis</i>	Pajul_	Canchaque	655038	9405960	1298
	<i>Mimosa pellita</i>	Uña de gato_	Entre cerro Campana y Huayanay	652532	9403603	852
	<i>Caesalpinia sp.</i>	Charan amarillo_	Loma Larga baja	647250	9400529	470
POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	Bambú_ o Caña de Guayaquil_	Puente Afiladera	651671	9402563	744
	<i>Guadua angustifolia</i>	Bambú_ Caña de Guayaquil_	Canchaque	655038	9405953	1300
	<i>Phragmites australis</i>	Carricillo_	Ribera del río - Mishahuaca	654972	9407707	1304
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha curcas</i>	Piñon_	Chanizo	642510	9400178	263
	<i>Croton baillonianus</i>	Mosquero_	Loma Larga baja	647219	9400491	464
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrida</i>	Sapote_	Chanizo	642498	9400180	260
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea crassifolia</i>	Bejuco_	Ribera del río - Mishahuaca	655020	9407716	1312
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>	Pasallo colorado_	Puente Afiladera	651789	9402478	780
			Loma Larga baja	647166	9400589	463
	<i>Ceiba trischistrandra</i>	Ceibo_	Loma Larga baja	647137	9400610	457
	<i>Eriotheca discolor</i>	Pasallo blanco_	Entre cerro Campana y Huayanay	652498	9403633	845
	<i>Ochroma lagopus</i>	Balsa_	Puente Afiladera	651646	9402544	742
	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pasallo negro_	Loma Larga baja	647173	9400521	456
CACTACEAE	<i>Armatocereus oligogonus</i>	Cardo_	Chanizo	642502	9400158	261
			Fundo San Roque	652001	9402510	771
NYCTAGINACEAE	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	Papelillo_	Loma Larga baja	647220	9400493	464
			Fundo San Roque	651975	9402540	772
MORACEAE	<i>Ficus tonduzii</i>	Higueron_	Puente Afiladera	651811	9402588	754
ELAEOCARPACEAE	<i>Muntingia calabura</i>	Cerezo_	Chanizo	642506	9400175	262
			Puente Afiladera	651807	9402524	755
BROMELIACEAE	<i>Vriesea sp.</i>	Achupalla_	Puente Afiladera	651782	9402474	780
	<i>Hylocereus polyrrhizus</i>	Pitaya_	Fundo San Roque	652011	9402527	771
	<i>Trichocereus pachanois</i>	San Pedro_	Canchaque	655044	9405956	1303
SOLANACEAE	<i>Dunalia arborescens</i>	Chin chin_	Fundo San Roque	652038	9402525	780
	<i>Physalis peruviana</i>	Tomatillo_ o Aguaymanto_	Ribera del río - Mishahuaca	654998	9407780	1317

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

AGAVACEAE	<i>Furcraea andina</i>	`Cabuya_	Ribera del río - Mishahuaca	655017	9407723	1311
CANNACEAE	<i>Canna indica</i>	`Achira_	Canchaque	655020	9405975	1304
ASTERACEAE	<i>Tessaria integrifolia</i>	`Pájaro bobo_	Puente Afiladera	651858	9402541	757
	<i>Bidens pilosa</i>	`Amor seco_	Fundo San Roque	652031	9402465	767
	<i>Vernonia patens</i>	`Palo de agua_	Canchaque	655032	9405980	1304
	<i>Vernonia ferruginea</i>	`Aritaco_	Fundo San Roque	651967	9402530	772
MIRTACEAE	<i>Eugenia myrobalana</i>	`Palo colorado_ o `Arrayan_	Fundo San Roque	652070	9402486	784
	<i>Psidium guajaba</i>	`Guayabo_	Ribera del río - Mishahuaca	654949	9407687	1305
ROSACEAE	<i>Rubus sp.</i>	`Zarzamora_	Ribera del río - Mishahuaca	655006	9407707	1305
ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i>	`Guanábana_	Fundo San Roque	652042	9402481	766
	<i>Annona cherimola</i>	`Chirimoya_	Fundo San Roque	652042	9402481	766
LAURACEAE	<i>Persea americana</i>	`Palto_	Canchaque	655040	9405994	1308
BIXACEAE	<i>Bixa orellana</i>	`Achiote_	Fundo San Roque	652039	9402477	766
	<i>Bixa sp.</i>	`Achiote caldo de pollo_	Fundo San Roque	652038	9402475	766
PIPERACEAE	<i>Piper elongatum</i>	`Matico_	Fundo San Roque	652063	9402484	783
			Canchaque	655032	9405947	1303
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex guayusa</i>	`Guayusa_	Fundo San Roque	652045	9402483	766
CLUSIACEAE	<i>Mammea americana</i>	`Mamey_	Fundo San Roque	652005	9402523	771
ARECACEAE	<i>Cocos nucifera</i>	`Coco_	Fundo San Roque	652101	9402498	785
SAPINDACEAE	<i>Sapindus saponaria</i>	`Checo_	Fundo San Roque	652093	9402493	786
			Ribera del río - Mishahuaca	654970	9407705	1305
ANARCADIACEAE	<i>Loxopterygium huasango</i>	`Hualtaco_	Loma Larga baja	647093	9400629	450
BURSERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>	`Palo santo_	Loma Larga baja	647164	9400587	463
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	`Guayacan_	Loma Larga baja	647248	9400528	470
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora ligularis</i>	`Granadilla_	Canchaque	655040	9405994	1308
STERCULACEAE	<i>Sterculia apetala</i>	`Guambo_	Ribera del río - Mishahuaca	655016	9407708	1310
ANARCADIACEAE	<i>Mauria heterophylla</i>	`Shimir_	Ribera del río - Mishahuaca	655018	9407725	1312
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i>	`Cedro_	Ribera del río - Mishahuaca	655003	9407789	1319

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Se presenta la flora exótica más representativa asociada al río Pusmalca, donde encontramos al farolito (*Hibiscus rosasinensis*), laurel rosa (*Nerium oliander*), además de especies para reforestación como el cipres (*Cupressus macrocarpa*) y el falso roble (*Grevillea robusta*), entre otros.

Cuadro N° 2.21. Especies de flora exótica asociada al río Pusmalca

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
MALVACEAE	<i>Hibiscus rosasinensis</i>	Farolito	Canchaque	655035	9405951	1299
APOCYNACEAE	<i>Nerium oliander</i>	Laurel rosa	Puente Afiladera	651723	9402584	749
MIRTACEAE	<i>Syzygium jambos</i>	Pomarosa	Canchaque	655037	9405947	1300
CUPRESSACEAE	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cipres	Puente Afiladera	651815	9402590	754
			Ribera del río - Mishahuaca	655009	9407728	1311
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	Higuerilla	Chanizo	642528	9400176	262
			Ribera del río - Mishahuaca	654964	9407697	1305
ZINGIBERACEAE	<i>Costus spicatus</i>	Caña agria	Fundo San Roque	652036	9402470	767
ANACARDIACEAE	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle hawaiana	Puente Afiladera	651766	9402476	778
PROTEACEAE	<i>Grevillea robusta</i>	Falso roble	Puente Afiladera	651720	9402581	749
			Canchaque	655041	9405946	1300
MORACEAE	<i>Ficus carica</i>	Breva	Fundo San Roque	652032	9402511	780
	<i>Artocarpus altilis</i>	Árbol del pan	Fundo San Roque	652010	9402520	771
ROSACEAE	<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	Fundo San Roque	652003	9402531	771

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

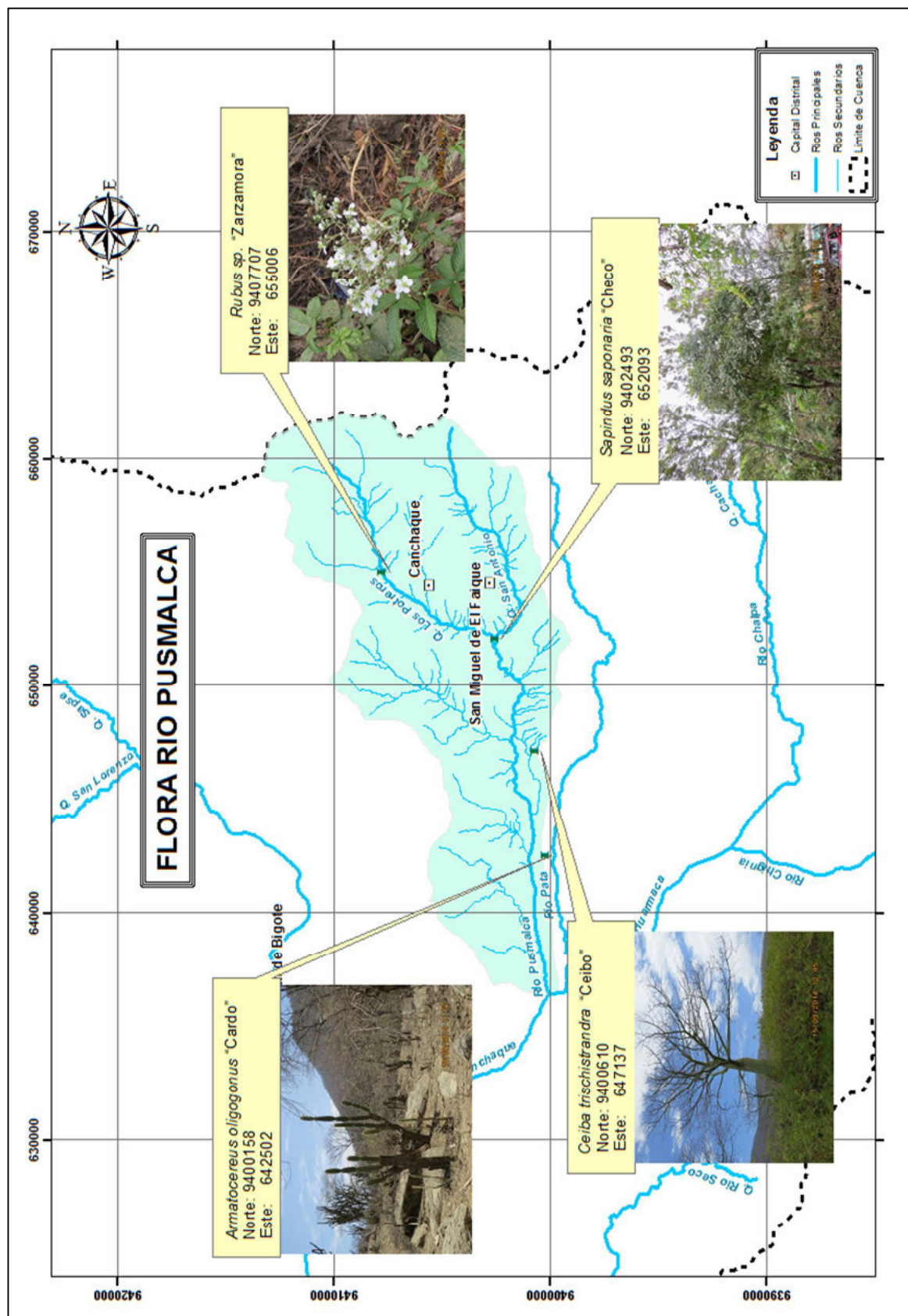
Desde la ribera del río Pusmalca hasta Canchaque, se tienen zonas de alta producción agrícola, a continuación se presentan los cultivos más representativos, donde destacan los frutales como los cítricos.

Cuadro N° 2.22. Especies de flora cultivada asociada al río Pusmalca

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto elefante	Ribera del río - Mishahuaca	654968	9407710	1306
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Chanizo	642515	9400180	263
<i>Musa sapientum</i>	Plátano	Fundo San Roque	651970	9402535	772
<i>Coffea Canephora</i>	Café	Canchaque	655035	9405951	1300
<i>Citrus aurantium</i>	Naranja dulce	Ribera del río - Mishahuaca	655020	9407782	1314
<i>Citrus limeta</i>	Lima	Fundo San Roque	652064	9402489	783
<i>Citrus jambhiri</i>	Limón rugoso	Fundo San Roque	652093	9402506	784
<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	Fundo San Roque	652068	9402492	783
<i>Prunus persica</i>	Duraznillo	Canchaque	655030	9405979	1304

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.12
Mapa de distribución de especies de flora representativa del río Pismalca



C.2 Fauna asociada al río Pusmalca

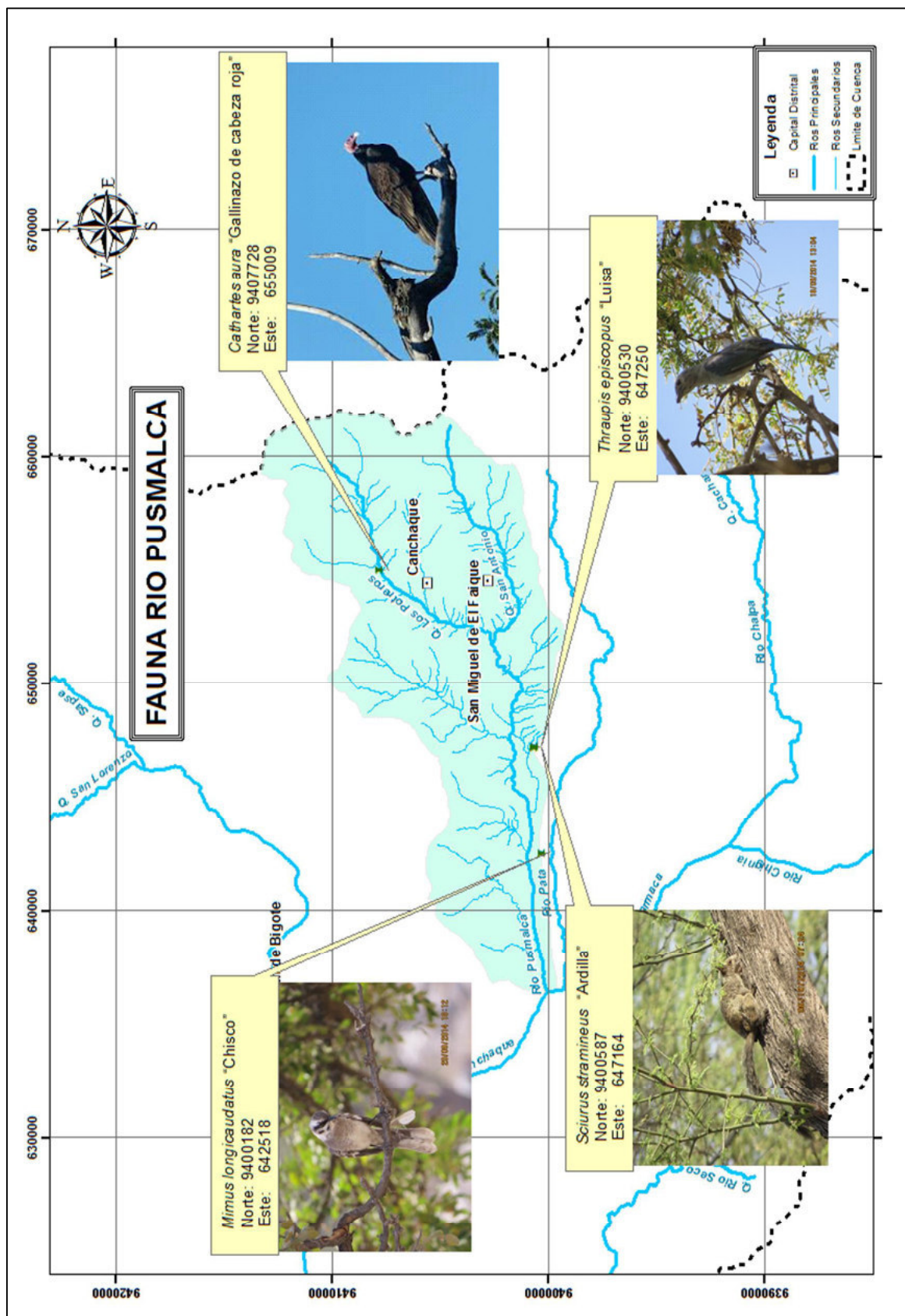
Entre las especies más representativas del río Pusmalca, encontramos aves como el `Picaflor_ (*Amazilia amazilia*), el `chisco_ (*Mimus longicaudatus*), los `loros de cabeza roja_ (*Aratinga wagleri*), el `Loro sordo_ (*Brotogeris pyrrhoterus*), mamíferos como la `ardilla_ (*Sciurus stramineus*). Además por registro de los pobladores, se evidenció la presencia de `oso hormiguero_, `culebras o macanches_, `puma o león_ partiendo de las zonas boscosas desde el puente afiladera. El cuadro N° 2.23 y figura N° 2.13 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Pusmalca.

Cuadro N° 2.23
Especies de fauna asociada al río Pusmalca

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	`Gallinazo de cabeza negra_	Chanizo	642498	9400180	260
		<i>Cathartes aura</i>	`Gallinazo de cabeza roja_	Ribera del río - Mishahuaca	655009	9407728	1311
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	`Soña_ o `Chisco_	Chanizo	642518	9400182	263
	Furnaridae	<i>Furnarius leucopus</i>	`Chilalo_	Loma Larga baja	647164	9400587	463
	Icteridae	<i>Icterus gracennae</i>	`Chiroca_	Loma Larga baja	647166	9400589	463
	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	`Picaflor_	Chanizo	642506	9400175	262
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	`Luisa_	Loma Larga baja	647250	9400530	470
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	Tórtola_	Fundo San Roque	651975	9402540	772
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	`Chuquiaque_	Canchaque	655030	9405979	1304
	Psittacidae	<i>Aratinga wagleri</i>	`Loro de cabeza roja_	Loma Larga baja	647248	9400528	470
		<i>Brotogeris pyrrhoterus</i>	`Loro sordo_	Loma Larga baja	647250	9400530	470
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	`Chiclon_	Chanizo	642502	9400158	261
	Strigidae	<i>Atene cunicularia</i>	`Lechuza_	Loma Larga baja	647093	9400629	450
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	`Ardilla_	Loma Larga baja	647164	9400587	463
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	`Lagartija_	Chanizo	642506	9400175	262
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	`Pacaso_	Chanizo	642515	9400180	263
ANFIBIA	Leptodactylidae	<i>Physalaemus sp.</i>	`Sapo marcelo_	Fundo San Roque	652068	9402492	783

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.13
Mapa de distribución de especies de fauna representativa del río Pusmalca



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

D. Río Sancer

D.1 Flora asociada al río Sancer

a) Flora nativa

Entre las especies de flora que más resaltan a lo largo del río Sancer, tenemos iniciando el bosque seco un conjunto de especies como son los `algarrobos_ (Prosopis pallida) y `sapote_ (Capparis scabrida), `overo_ (Cordia lutea) y `Faique_ (Acacia macracantha) en la zonas montañosas encontramos el `porotillo_ (Erythrina velutina), `pasallo_ (Eriotheca discolor) y `ceibos_ (Ceiba trischistrandra). En la zona del matorral, a más de 1000 msnm encontramos al `Sauco_ (Cestrum auriculatum) y al `palton_ (Persea laevigata) entre otros.

Cuadro N° 2.24
Especies de flora nativa asociada al río Sancer

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	Cordia lutea	`Overo_	Sancer	593011	9450412	125
FABACEAE	Prosopis pallida	`Algarrobo_	Hacienda Sancer	592661	9448727	111
	Erythrina velutina	`Porotillo_	La Toma	597449	9453955	247
	Acacia macracantha	`Faique_	Hacienda Sancer	592597	9448690	111
	Inga densiflora	`Guabo de zorro_	Checche	607255	9459318	1327
	Senna incarnata	`Mataperro_	Checche	607290	9459318	1320
POACEAE	Guadua angustifolia	`Bambú_o `Caña de Guayaquil_	Ceybal	601732	9457206	549
	Guadua angustifolia	`Bambú_o `Caña de Guayaquil_	Ceybal	601800	9457214	556
	Phragmites australis	`Carricillo_	Checche	607244	9459328	1323
EUPHORBIACEAE	Jatropha curcas	`Piñon_	1 km de Valientes	594184	9452051	160
CAPPARACEAE	Capparis scabrida	`Sapote_	Sancer	593013	9450415	125
BOMBACACEAE	Eriotheca ruizii	`Pasallo colorado_	Ceybal	601830	9457290	576
	Ceiba trischistrandra	`Ceibo_	Ceybal	601827	9457296	576
	Eriotheca discolor	`Pasallo blanco_	1 km de Valientes	594376	9451919	173
CACTACEAE	Armatocereus oligogonus	`Cardo_	Sancer	592999	9450434	126
	Browningia microsperma		La Toma	597439	9453958	245
NYCTAGINACEAE	Bougainvillea pachyphylla	`Papelillo_	1 km de Valientes	594393	9451965	173
MORACEAE	Ficus tonduzii	`Higueron_	Checche	607258	9459290	1329
ELAEOCARPACEAE	Muntingia calabura	`Cerezo_	Cuevas	603206	9458244	709
BROMELIACEAE	Vriesea sp.	`Achupalla_	La Toma	597454	9453958	248
			Cuevas	603411	9458130	735
SOLANACEAE	Dunalia arborescens	`Chin chin_	Checche	607256	9459288	1329
	Nicotiana tabacum	`Tabaco_	Ceybal	601748	9457183	549
	Cestrum auriculatum	`Sauco_o `Yerba santa_	Checche	607321	9459331	1317
AGAVACEAE	Furcraea andina	`Cabuya_	Cuevas	603446	9458068	734
ASTERACEAE	Vernonia patens	`Palo de agua_	Checche	607254	9459290	1329

	<i>Matricaria recutita</i>	Manzanilla_	Checche	607258	9459306	1333
	<i>Cichorium intybus</i>	Achicoria_	Checche	607345	9459326	1317
	<i>Vernonia ferruginea</i>	Aritaco_	Ceybal	601863	9457301	585
MIRTACEAE	<i>Eugenia myrobalana</i>	Palo colorado_o Arrayan_	Checche	607240	9459294	1329
	<i>Psidium guajaba</i>	Guayabo_	Vega Larga	600574	9456052	378
	<i>Myrcianthes discolor</i>	Lanche_	Checche	607249	9459293	1328
ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana_	Cuevas	603210	9458248	709
	<i>Annona cherimola</i>	Chirimoya_	Checche	607319	9459372	1312
LAURACEAE	<i>Persea laevigata</i>	Palton_o Pumaparra_	Checche	607330	9459365	1314
PIPERACEAE	<i>Piper elongatum</i>	Matico_	Checche	607256	9459301	1333
SAPINDACEAE	<i>Sapindus saponaria</i>	Checo_	Checche	607258	9459292	1328
ANARCADIACEAE	<i>Loxopterygium huasango</i>	Hualtaco_	Vega Larga	600569	9456110	380
BURSERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>	Palo santo_	Vega Larga	600565	9456108	380
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Guayacan_	Checche	607296	9459390	1314
STERCULACEAE	<i>Sterculia apetala</i>	Guambo_	Checche	607262	9459286	1329
ANARCADIACEAE	<i>Mauria heterophylla</i>	Shimir_	Checche	607251	9459286	1330
	<i>Spondias purpurea</i>	Ciruelo_	Vega Larga	600562	9456102	380
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro_	Checche	607256	9459301	1333
CUCURBITACEAE	<i>Luffa operculata</i>	Jabonillo_	Hacienda Sancor	592599	9448694	111
STYRACACEAE	<i>Styrax cordatus</i>	Piñan_	Checche	607252	9459315	1327
BERBERIDACEAE	<i>Berberis paniculata</i>	Cheche_	Checche	607263	9459303	1327
GROSSULARIACEAE	<i>Escallonia pallida</i>	Chachacomo_	Checche	607206	9459365	1337
EQUICETACEAE	<i>Equisetum arvense</i>	Cola de caballo_	Checche	607323	9459313	1320
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago major</i>	Llantén_	Checche	607325	9459315	1320

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Entre la flora exótica asociada al río Sancor encontramos al farolito_ (*Hibiscus rosasinensis*) como especies ornamentales en las casas, a la higuera_ (*Ricinus comunis*) en la ribera de los ríos. El eucalipto_ (*Eucaliptus globulus*), falso roble_ (*Grevillea robusta*) y cipres_ (*Cupressus macrocarpa*) son especies utilizadas para programas de reforestación.

Cuadro N° 2.25
Especies de flora exótica asociada al río Sancor

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
MALVACEAE	<i>Hibiscus rosasinensis</i>	Farolito_	Sancor	592966	9450406	125
FABACEAE	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo_	Paccha	586114	9445500	82
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Ramillero de novia_	La Toma	597460	9453955	248
APOCYNACEAE	<i>Nerium oliander</i>	Laurel rosa_	Cuevas	603161	9458256	709
MIRTACEAE	<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto_	Checche	607263	9459303	1327
	<i>Eucaliptus angustifolius</i>	Eucalipto_	Checche	607270	9459360	1318
CUPRESSACEAE	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cipres_	Checche	607291	9459335	1318

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	Higuerilla_	Huayabal	604980	9458536	948
			Checche	607222	9459316	1327
ROSACEAE	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nispero_	Checche	607295	9459338	1318
PROTEACEAE	<i>Grevillea robusta</i>	Falso roble_	Checche	607242	9459286	1330
PINACEAE	<i>Pinus radiata</i>	Pino_	Checche	607263	9459301	1327

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

A continuación se muestran las especies cultivadas más representativas relacionadas al río Sancor, donde encontramos frutales y gramíneas.

Cuadro N° 2.26
Especies de flora cultivada asociada al río Sancor

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto elefante_	Checche	607303	9459264	1334
<i>Mangifera indica</i>	Mango_	Hacienda Sancor	592583	9448707	113
<i>Musa sapientum</i>	Plátano_	Vega Larga	600578	9456038	377
<i>Coffea Canephora</i>	Café_	Checche	607298	9459355	1320
<i>Citrus aurantium</i>	Naranja dulce_	Checche	607327	9459326	1318
<i>Theobroma cacao</i>	Cacao_	Vega Larga	600505	9455985	368
<i>Zea mays</i>	Maíz_	1 km de Valientes	594162	9452121	152

Fuente: Elaboración propia

D.2 Fauna asociada al río Sancor

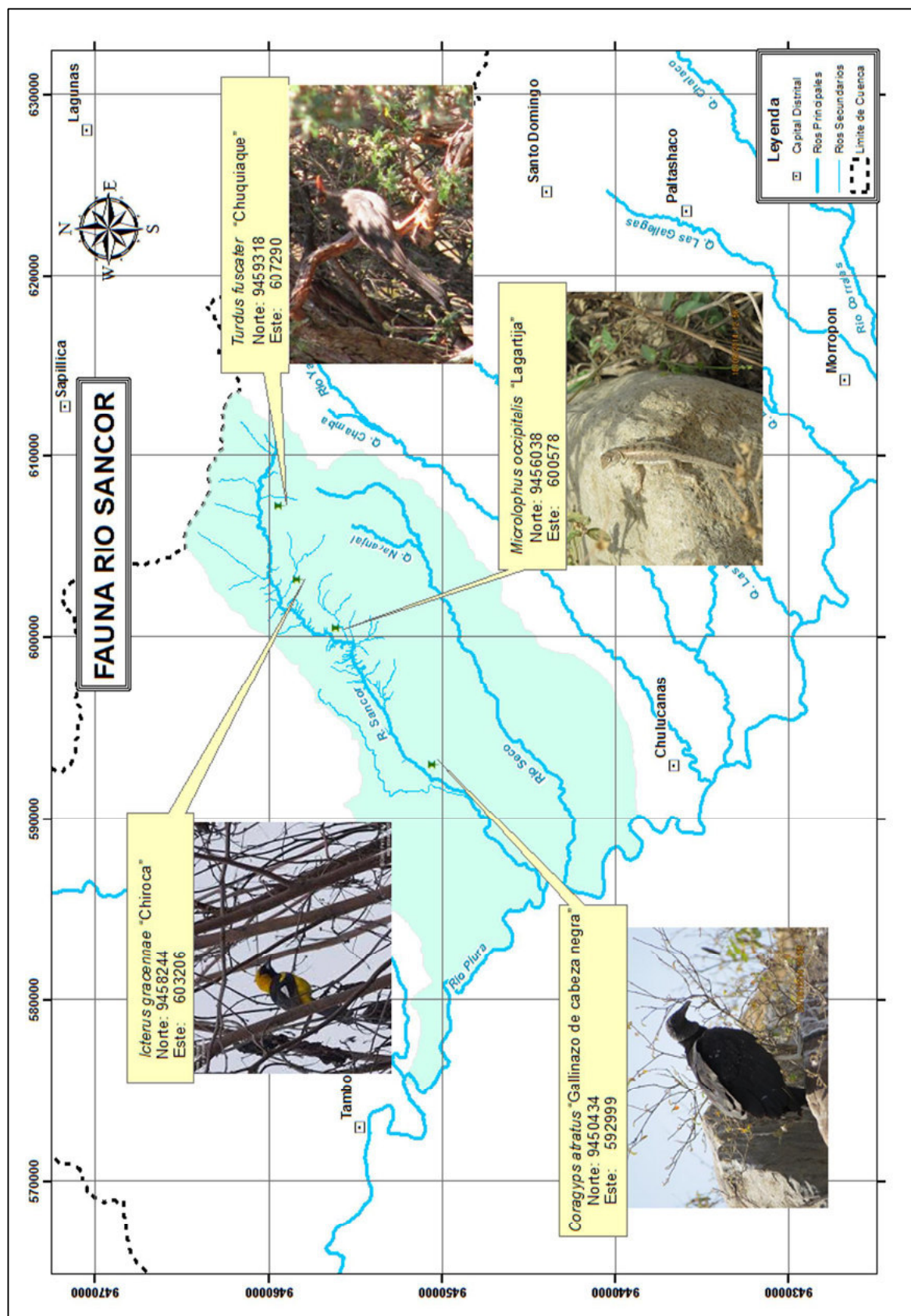
En la ribera del río Sancor encontramos especies de aves como los `gallinazos de cabeza negra_ (*Coragyps atratus*) y `Lagartija_ (*Microlophus occipitalis*), en la parte media del río, encontramos aves como la `chiroca_ (*Icterus gracennae*), y en las partes altas a más de 1000 msnm al `chuquiaque_ (*Turdus fuscater*), entre otros. El cuadro N° 2.27 y figura N° 2.15 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Sancor.

Cuadro N° 2.27
Especies de fauna asociada al río Sancor

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	`Gallinazo de cabeza negra_	Sancor	592999	9450434	126
		<i>Cathartes aura</i>	`Gallinazo de cabeza roja_	Checche	607321	9459331	1317
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	`Soña_ o `Chisco_	La Toma	597460	9453955	248
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	`Chilalo_	Vega Larga	600574	9456052	378
	Icteridae	<i>Icterus gracennae</i>	`Chiroca_	Cuevas	603206	9458244	709
	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	`Picaflor_	Sancor	593011	9450412	125
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	`Putilla_	Vega Larga	600574	9456052	378
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	`Luisa_	La Toma	597454	9453958	248
		<i>Sicalis flaveola</i>	`Puntito de oro_	Vega Larga	600578	9456038	377
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	`Tórtola_	Cuevas	603161	9458256	709
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	`Chuquiaque_	Checche	607290	9459318	1320
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	`Chiclon_	Hacienda Sancor	592597	9448690	111
	Strigidae	<i>Atene cunicularia</i>	`Lechuza_	Vega Larga	600574	9456052	378
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	`Ardilla_	La Toma	597454	9453958	248
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	`Lagartija_	Vega Larga	600578	9456038	377

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.15
Mapa de distribución de especies de fauna representativa del río Sancer



E. Río Charanal

E.1 Flora asociada al río Charanal

a) Flora nativa

Entre las especies de flora que más resaltan en el recorrido del río Charanal, en el bosque seco tenemos al `algarrobo_ (*Prosopis pallida*) y `pasallo negro_ (*Cochlospermum vitifolium*), en el matorral arbustivo abierto, a más de 1000 msnm, tenemos al `sauco_ (*Cestrum auriculatum*) y en la zona de pradera a los 3000 msnm en el Alto Poclus, encontramos al `mejico_ (*Agave americana*) como las especies más representativas.

Cuadro N° 2.28
Especies de flora nativa asociada al río Charanal

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	`Overo_	Calores	604558	9436420	155
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	`Algarrobo_	Charanal	602129	9434219	113
			Calores	604560	9436425	155
	<i>Erythrina velutina</i>	`Porotillo_	San Pedro	609611	9439208	290
	<i>Acacia macracantha</i>	`Faique_	San Pedro	609609	9439202	290
	<i>Inga densiflora</i>	`Guabo de zorro_	El Molino	618273	9449786	1580
	<i>Mimosa pellita</i>	`Uña de gato_	Charanal	602244	9434220	113
	<i>Lonchocarpus cruentus</i>	`Barbasco_	Charanal	602280	9434211	112
	<i>Cercidium praecox</i>	`Palo verde_	Talandracas	604443	9435252	141
	<i>Senna spectabilis</i>	`Vainillo_	San Pedro	609634	9439165	302
	<i>Pithecellobium excelsum</i>	`Shakiro_	San Pedro	609635	9439158	300
	<i>Caesalpinia paipai</i>	`Charan negro_	San Pedro	609620	9439150	300
	<i>Erythrina edulis</i>	`Pajul_	La cria	619511	9449086	1835
POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_o `Caña de Guayaquil_	Charanal	602283	9434215	112
	<i>Phragmites australis</i>	`Carricillo_	El Molino	618275	9449788	1580
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha curcas</i>	`Piñon_	Charanal	602206	9434280	112
			Quilpón	612150	9442306	501
	<i>Croton baillonianus</i>	`Mosquero_	El Molino	618323	9449809	1582
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrida</i>	`Sapote_	San Pedro	609613	9439226	288
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>	`Pasallo colorado_	San Pedro	609636	9439230	301
	<i>Ceiba trischistrandra</i>	`Ceibo_	San Pedro	609638	9439234	301
	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	`Pasallo negro_	San Pedro	609611	9439224	288
CACTACEAE	<i>Armatocereus oligogonus</i>	`Cardo_	Talandracas	604454	9435269	142
	<i>Browningia microsperma</i>		Calores	604576	9436443	153
NYCTAGINACEAE	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	`Papelillo_	Calores	604548	9436446	151
MORACEAE	<i>Ficus tonduzii</i>	`Higueron_	La cria	619635	9449196	1835
BROMELIACEAE	<i>Tillandsia usneoides</i>	`Salvaje_	San Pedro	609625	9439159	300
	<i>Hylocereus polyrrhizus</i>	`Pitaya_	San Pedro	609628	9439160	300

SOLANACEAE	<i>Dunalia arborescens</i>	`Chin chin_	La cria	619630	9449192	1835
	<i>Cestrum auriculatum</i>	`Saucu_o `Yerba santa_	Quilpón	612192	9442215	505
AGAVACEAE	<i>Furcraea andina</i>	`Cabuya_	El Molino	618301	9449767	1591
	<i>Agave americana</i>	`Mejico_	Alto Poclus	622557	9454747	3099
ASTERACEAE	<i>Vernonia patens</i>	`Palo de agua_	La cria	619530	9449095	1835
	<i>Matricaria recutita</i>	`Manzanilla_	La cria	619518	9449089	1835
	<i>Tessaria integrifolia</i>	`Pájaro bobo_	Charanal	602210	9434275	113
	<i>Bidens pilosa</i>	`Amor seco_	La cria	619306	9448960	1825
	<i>Vernonia ferruginea</i>	`Aritaco_	Calores	604510	9436223	140
MIRTACEAE	<i>Psidium guajaba</i>	`Guayabo_	Quilpón	612157	9442308	501
	<i>Myrcianthes discolor</i>	`Lanche_	La cria	619529	9449091	1835
ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i>	`Guanábana_	Quilpón	612270	9442128	521
	<i>Annona cherimola</i>	`Chirimoya_	La cria	619310	9448965	1825
LAURACEAE	<i>Persea laevigata</i>	<i>`Palton_o `Pumaparra_</i>	El Molino	618293	9449795	1582
			La cria	619618	9449178	1835
	<i>Ocotea cernua</i>	<i>`Puchugüero_o `Moena_</i>	La cria	619614	9449175	1835
	<i>Persea americana</i>	<i>`Palto_</i>	La cria	619345	9448942	1837
PIPERACEAE	<i>Piper elongatum</i>	<i>`Matico_</i>	Quilpón	612149	9442309	501
			La cria	619308	9448962	1825
ANARCADIACEAE	<i>Loxopterygium huasango</i>	<i>`Hualtaco_</i>	San Pedro	609615	9439224	290
BURSERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>	<i>`Palo santo_</i>	San Pedro	609651	9439182	306
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	<i>`Guayacan_</i>	Calores	604540	9436421	154
			El Molino	618306	9449770	1591
ANARCADIACEAE	<i>Mauria heterophylla</i>	<i>`Shimir_</i>	El Molino	618296	9449799	1582
	<i>Spondias purpurea</i>	<i>`Ciruelo_</i>	Charanal	602201	9434270	112
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i>	<i>`Cedro_</i>	La cria	619528	9449089	1840
GROSSULARIACEAE	<i>Escallonia pallida</i>	<i>`Chachacomo_</i>	La cria	619530	9449092	1840
EQUICETACEAE	<i>Equisetum arvense</i>	<i>`Cola de caballo_</i>	La cria	619515	9449088	1835
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago major</i>	<i>`Llantén_</i>	La cria	619518	9449088	1835
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea crassifolia</i>	<i>`Bejuco_</i>	Charanal	602189	9434245	113
	<i>Ipomoea carnea</i>	<i>`Borrachera_</i>	Charanal	602263	9434206	113
ARECACEAE	<i>Cocos nucifera</i>	<i>`Coco_</i>	Charanal	602094	9434210	113
			Calores	604550	9436197	138
APOCYNACEAE	<i>Vallesia glabra</i>	<i>`Cun cun_</i>	Calores	604540	943640	156
GANODERMATACEAE	<i>Ganoderma adspersum</i>	<i>`Hongo_o `Ganoderma_</i>	Quilpón	612189	9442215	505
BIXACEAE	<i>Bixa orellana</i>	<i>`Achiote_</i>	Quilpón	612187	9442212	505
ROSACEAE	<i>Rubus sp.</i>	<i>`Zarzamora_</i>	El Molino	618325	9449812	1582
MYRSINACEAE	<i>Geissanthus dentatus</i>	<i>`Yuto_</i>	La cria	619535	9449095	1840
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora ligularis</i>	<i>`Granadilla_</i>	La cria	619630	9449193	1835
	<i>Passiflora quadrangularis</i>	<i>`Tumbo_</i>	La cria	619348	9448948	1837
MELASTOMATACEAE	<i>Axinea oblongifolia</i>	<i>`Illirque_</i>	La cria	619535	9449095	1835
BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i>	<i>`Aliso_</i>	La cria	619586	9449142	1836
CLUSSIACEAE	<i>Clussia dixonii</i>	<i>`Churgun_</i>	La cria	619602	9449169	1834
VERBENACEAE	<i>Aloysia triphylla</i>	<i>`Cedron_</i>	La cria	619539	9449108	1837
CARICACEAE	<i>Vasconcellea papaya</i>	<i>`Papaya_</i>	Quilpón	612252	9442154	525

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

A continuación se presenta la flora exótica asociada al río Charanal, entre las cuales encontramos al 'farolito_ (*Hibiscus rosasinensis*) como cercos en las casas, y especies para reforestación en las zonas altas como el 'eucalipto_ (*Eucaliptus globulus*) y el 'pino_ (*Pinus radiata*).

Cuadro N° 2.29
Especies de flora exótica asociada al río Charanal

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
MALVACEAE	<i>Hibiscus rosasinensis</i>	'Farolito_	El Molino	618308	9449808	1580
APOCYNACEAE	<i>Nerium oliander</i>	'Laurel rosa_	El Molino	618292	9449789	1582
MIRTACEAE	<i>Eucaliptus globulus</i>	'Eucalipto_	El Molino	618305	9449805	1580
			La cria	619625	9449190	1835
			Alto Poclus	622560	9455030	3098
	<i>Eucaliptus angustifolius</i>	'Eucalipto_	La cria	619628	9449192	1835
			Alto Poclus	622560	9455033	3098
CUPRESSACEAE	<i>Cupressus macrocarpa</i>	'Cipres_	El Molino	618293	9449795	1582
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	'Higuerilla_	El Molino	618294	9449797	1582
ROSACEAE	<i>Eriobotrya japonica</i>	'Níspero_	Quilpón	612159	9442310	501
PROTEACEAE	<i>Grevillea robusta</i>	'Falso roble_	La cria	619618	9449180	1840
OSMUNDACEAS	<i>Osmunda regalis</i>	'Helecho_	El Molino	618290	9449790	1582
PINACEAE	<i>Pinus patula</i>	'Pino_	Alto Poclus	622463	9454663	3096
	<i>Pinus radiata</i>	'Pino_	Alto Poclus	622557	9455028	3098

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

Desde la desembocadura del río Charanal al río Piura, se observan áreas agrícolas donde podemos encontrar los cultivos que se describen en la siguiente tabla.

Cuadro N° 2.30
Especies de flora cultivada asociada al río Charanal

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Oryza sativa</i>	'Arroz_	Calores	604530	9436178	135
<i>Gynerium sagittatum</i>	'Caña brava_	Charanal	602075	9434262	112
<i>Mangifera indica</i>	'Mango_	Charanal	602265	9434316	113
<i>Musa sapientum</i>	'Plátano_	Charanal	602273	9434284	112
<i>Coffea Canephora</i>	'Café_	El Molino	618271	9449785	1580
<i>Theobroma cacao</i>	'Cacao_	Charanal	602195	9434332	113
<i>Zea mays</i>	'Maíz_	Charanal	602152	9434383	114
<i>Glycine max</i>	'Soya_	Charanal	602375	9434274	112
<i>Passiflora edulis</i>	'Maracuyá_	Quilpón	612255	9442158	525
<i>Citrus limon</i>	'Limón dulce_	El Molino	618305	9449805	1580

Fuente: Elaboración propia

E.2 Fauna asociada al río Charanal

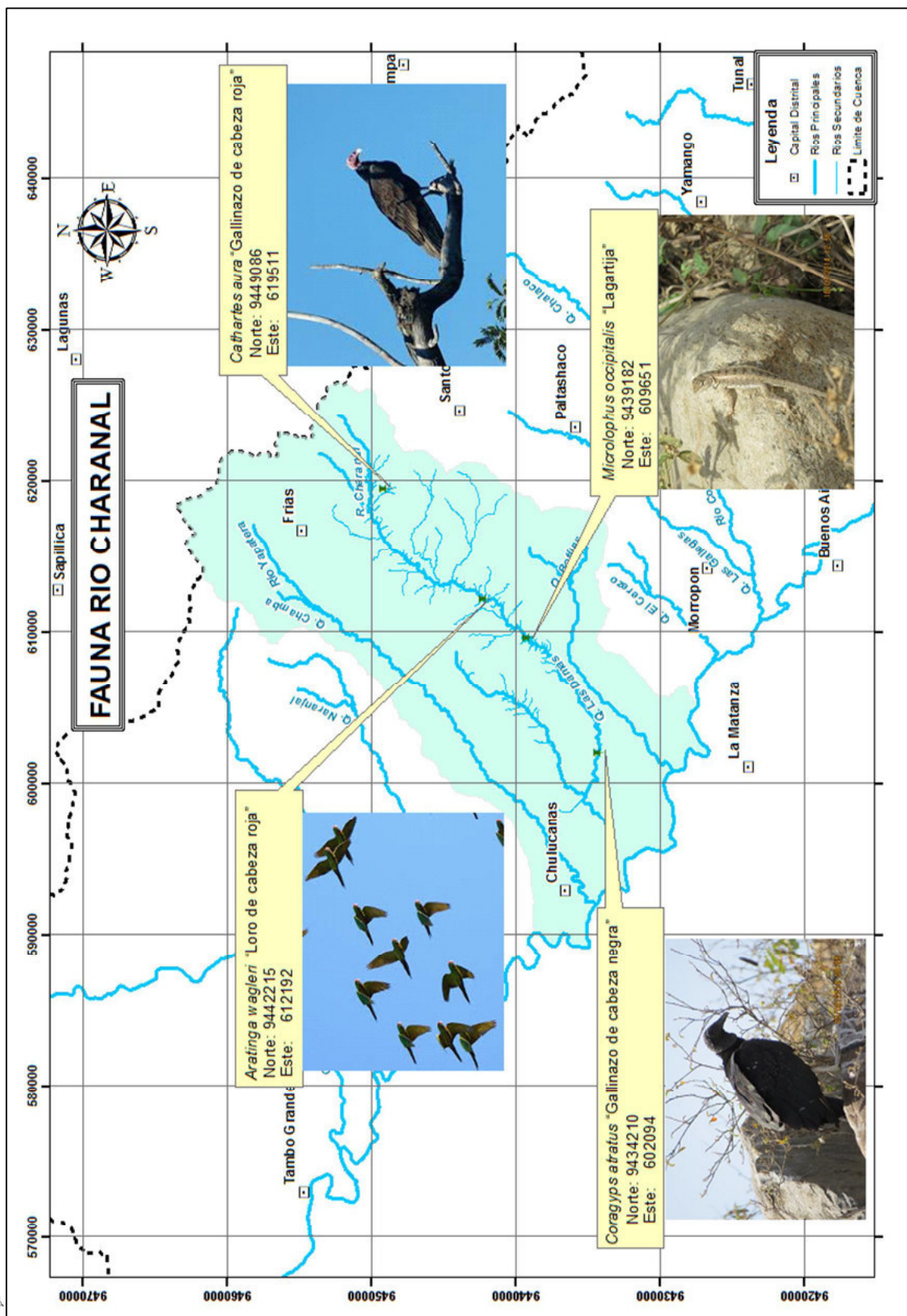
En la ribera del río Charanal encontramos especies de aves como los `gallinazos de cabeza negra_ (*Coragyps atratus*) y reptiles como la `Lagartija_ (*Microlophus occipitalis*), en la parte media del río, encontramos aves como los `loros de cabeza roja_ (*Aratinga wagleri*), y en las partes altas a más de 1000 msnm al `gallinazo de cabeza roja_ (*Cathartes aura*), además de los animales registrados por la población en las zonas altas, como son el `venado gris_, el `oso hormiguero_ y el `puma o león_. El cuadro N° 2.31 y figura N° 2.17 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Charanal.

Cuadro N° 2.31
Especies de fauna asociada al río Charanal

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	`Gallinazo de cabeza negra_	Charanal	602094	9434210	113
		<i>Cathartes aura</i>	`Gallinazo de cabeza roja_	La cúa	619511	9449086	1835
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	`Soña_ o `Chisco_	Talandracas	604443	9435252	141
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	`Chilalo_	San Pedro	609625	9439159	300
	Icteridae	<i>Icterus gracennae</i>	`Chiroca_	San Pedro	609635	9439158	300
	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	`Picaflor_	Calores	604576	9436443	153
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	`Putilla_	Charanal	602201	9434270	112
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	Tórtola_	Calores	604576	9436443	153
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	`Chuquiaque_	La cúa	619628	9449192	1835
				Alto Poclus	622557	9455028	3098
	Psittacidae	<i>Aratinga wagleri</i>	`Loro de cabeza roja_	Quilpón	612192	9442215	505
		<i>Brotogeris pyrrhoterus</i>	`Loro sordo_	Quilpón	612189	9442215	505
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	`Chiclon_	Calores	604560	9436425	155
	Strigidae	<i>Atene cunicularia</i>	`Lechuza_	San Pedro	609628	9439160	300
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	`Ardilla_	Charanal	602094	9434210	113
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	`Lagartija_	San Pedro	609651	9439182	306
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	`Pacaso_	San Pedro	609628	9439160	300
ANFIBIA	Leptodactylidae	<i>Physalaemus sp.</i>	`Sapo_	Quilpón	612192	9442215	505

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.17
Mapa de distribución de especies de fauna representativa del río Charanal



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

F. Río Yapatera

F.1 Flora asociada al río Yapatera

a) Flora nativa

Entre las especies de flora que más resaltan a lo largo del río Yapatera, tenemos en la ribera del río extensas especies de `Coco_ (Cocos nucifera) e iniciando el bosque seco el conjuntos de especies de `algarrobos_ (Prosopis pallida) y `sapote_ (Capparis scabrida). En la zona del matorral, a más de 1000 msnm encontramos a la `Cabuya_ (Furcraea andina) y el `Sauco_ (Cestrum auriculatum) entre los más representativos, y terminando el recorrido a más de 2000 msnm especies maderables como el `puchugero o moena_ (Ocotea cernua) en el bosque de Maray.

Cuadro N° 2.32
Especies de flora nativa asociada al río Yapatera

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	`Overo_	Chapica	597681	9438373	119
	<i>Symphytum officinale</i>	`Suela con suelda_	Bosque de Maray	618818	9453010	2040
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	`Algarrobo_	Chapica	597691	9438343	120
			Palo Blanco	602136	9442305	219
	<i>Erythrina velutina</i>	`Porotillo_	Platanal alto	606279	9445893	487
	<i>Acacia macracantha</i>	`Faique_	Platanal alto	606278	9445861	482
			Frías	615987	9455252	1574
	<i>Inga densiflora</i>	`Guabo de zorro_	Frías	615944	9455253	1568
	<i>Senna spectabilis</i>	`Vainillo_	Chapica	597754	9438346	121
	<i>Erythrina edulis</i>	`Pajul_	Bosque de Maray	618810	9453010	2040
POACEAE	<i>Pithecelobium multiflorum</i>	`Mariangolo_	Chapica	597787	9438388	121
	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ o `Caña de Guayaquil_	Frías	615954	9455247	1570
			Platanal alto	606312	9445884	486
	<i>Phragmites australis</i>	`Carricillo_	Chapica	597789	9438415	120
EUPHORBIACEAE	<i>Chusquea scandens</i>	`Zuro_	Bosque de Maray	618769	9453020	2030
	<i>Jatropha curcas</i>	`Piñon_	Platanal alto	606266	9445856	480
	<i>Croton callicarpaefolius</i>	`Palo blanco_	Bosque de Maray	618803	9453008	2036
			Platanal alto	606262	9445853	480
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrida</i>	`Sapote_	Chapica	597790	9438417	120
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>	`Pasallo colorado_	Platanal alto	606079	9445856	448
	<i>Ceiba trischistrandra</i>	`Ceibo_	Platanal alto	606114	9445837	459
	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	`Pasallo negro_	Platanal alto	606314	9445872	485
CACTACEAE	<i>Armatocereus oligogonus</i>	`Cardo_	Platanal alto	606016	9445842	434
	<i>Browningia microsperma</i>		Palo Blanco	602149	9442320	220
NYCTAGINACEAE	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	`Papelillo_	Platanal alto	606092	9445824	454
MORACEAE	<i>Ficus tonduzii</i>	`Higueron_	Bosque de Maray	618803	9453008	2036

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

BROMELIACEAE	<i>Tillandsia usneoides</i>	Salvaje_	Platanal alto	606267	9445852	480
SOLANACEAE	<i>Cestrum auriculatum</i>	Sauco_o Yerba santa_	Bosque de Maray	618806	9453010	2036
	<i>Solanum hispidum</i>	Tululuque_	Bosque de Maray	618789	9453022	2034
	<i>Solanum sp.</i>	Tululuque_	Bosque de Maray	618788	9453023	2034
	<i>Solanum tuberosum</i>	Yerbamora_	Bosque de Maray	618769	9453019	2030
AGAVACEAE	<i>Furcraea andina</i>	Cabuya_	Frías	615972	9455328	1568
ASTERACEAE	<i>Tessaria integrifolia</i>	Pájaro bobo_	Chapica	596238	9437823	107
	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca_	Bosque de Maray	618762	9453010	2030
	<i>Vernonia ferruginea</i>	Aritaco_	Frías	615903	9455271	1564
ANNONACEAE	<i>Annona muricata L.</i>	Guanábana_	Frías	615906	9455270	1564
	<i>Annona cherimola</i>	Chirimoya_	Frías	615900	9455269	1564
LAURACEAE	<i>Persea laevigata</i>	Palton_o Pumaparra_	Bosque de Maray	618805	9453010	2037
	<i>Ocotea cernua</i>	Puchugüero_o Moena_	Bosque de Maray	618815	9453007	2040
	<i>Persea brevipes</i>	Puchugüero_	Bosque de Maray	618773	9453020	2030
PIPERACEAE	<i>Piper elongatum</i>	Matico_	Bosque de Maray	618776	9453018	2031
ANARCADIACEAE	<i>Loxopterygium huasango</i>	Hualtaco_	Palo Blanco	602119	9442305	218
BURSERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>	Palo santo_	Palo Blanco	602134	9442303	219
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro_	Limón	611669	9453508	1049
GROSSULARIACEAE	<i>Escallonia pallida</i>	Chachacomo_	Bosque de Maray	618770	9453020	2031
EQUICETACEAE	<i>Equisetum arvense</i>	Cola de caballo_	Bosque de Maray	618774	9453015	2031
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago major</i>	Llantén_	Bosque de Maray	618775	9453016	2030
ARECACEAE	<i>Cocos nucifera</i>	Coco_	Chapica	597720	9438222	121
APOCYNACEAE	<i>Vallesia glabra</i>	Cun cun_	Chapica	597790	9438418	120
ROSACEAE	<i>Rubus sp.</i>	Zarzamora_	Bosque de Maray	618770	9453018	2030
MYRSINACEAE	<i>Geissanthus dentatus</i>	Yuto_	Bosque de Maray	618785	9453020	2034
MELASTOMATACEAE	<i>Axinea oblongifolia</i>	Illirque_	Bosque de Maray	618788	9453025	2034
CLUSSIACEAE	<i>Clussia dixonii</i>	Churgun_	Bosque de Maray	618820	9453018	2040
VERBENACEAE	<i>Lantana camara</i>	Maestranza_	Frías	615985	9455249	1574
ARACEAE	<i>Anthurium rubrinervium</i>	Ponunga_	Bosque de Maray	618818	9453012	2040
SALICACEAE	<i>Salix chilensis</i>	Sauce_	Bosque de Maray	618778	9453018	2031
LILIACEAE	<i>Aloe vera</i>	Sábila_	Bosque de Maray	618770	9453015	2030
CANNACEAE	<i>Canna indica</i>	Achira_	Frías	615983	9455245	1574
	<i>Canna sp.</i>	Achira jazmin_	Frías	615985	9455248	1574
ELAEocarpaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Cerezo_	Limón	611685	9453506	1050
STYRACACEAE	<i>Styrax cordatus</i>	Piñan_	Chapica	597748	9438352	121

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Entre la flora exótica asociada al río Yapatera, se encuentra formando parte de plantas ornamentales el Laurel rosa_ (*Nerium oliander*) que se encuentra mayormente en las casas y calles de la población, a más de 2000 msnm encontramos Eucalipto_ (*Eucaliptus globulus*) como especie para reforestación y el Kikuyo_ (*Pennisetum clandestinum*) como especie de pasto para el alimento del ganado vacuno.

Cuadro N° 2.33
Especies de flora exótica asociada al río Yapatera

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
APOCYNACEAE	<i>Nerium oliander</i>	Laurel rosa_	Platanal alto	606121	9446012	440
MIRTACEAE	<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto_	Bosque de Maray	618758	9453009	2031
CUPRESSACEAE	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cipres_	Bosque de Maray	618800	9453005	2036
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	Higuerilla_	Chapica	596232	9437871	106
PROTEACEAE	<i>Grevillea robusta</i>	Falso roble_	Frías	615908	9455276	1564
OSMUNDACEAS	<i>Osmunda regalis</i>	Helecho_	Bosque de Maray	618760	9453007	2030
POACEAE	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo_	Bosque de Maray	618774	9453015	2031

Fuente: Elaboración propia

c) Flora Cultivada

Desde la desembocadura del Río Yapatera al Río Piura hasta el centro poblado Platanal alto, encontramos una agricultura intensiva, donde se cultivan mango, arroz y maíz y frutales como plátano y cacao, entre los más representativos.

Cuadro N° 2.34
Especies de flora cultivada asociada al río Yapatera

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Oryza sativa</i>	Arroz_	Chapica	597550	9437985	114
<i>Gynerium sagittatum</i>	Caña brava_	Limón	611671	9453490	1048
<i>Mangifera indica</i>	Mango_	Chapica	597546	9437983	114
<i>Musa sapientum</i>	Plátano_	Chapica	597542	9437980	114
<i>Coffea Canephora</i>	Café_	Limón	611685	9453506	1050
<i>Theobroma cacao</i>	Cacao_	Platanal alto	606362	9445890	487
Zea mays	Maíz_	Frías	615999	9455393	1574
		Chapica	597547	9437988	114
<i>Glycine max</i>	Soya_	Chapica	597553	9437988	114

Fuente: Elaboración propia

[illegible]

Pág. 84

F.2 Fauna asociada al río Yapatera

Acontinuación se presenta la fauna caracterizada a lo largo del recorrido del río Yapatera, en donde encontramos aves como el `chilalo_ (*Furnarius leucopus*), la `putilla_ (*Pyrocephalus rubinus*), el `chiclon_ (*Crotophaga sulcirostris*) y en las zonas altas al `Gallinazo de cabeza roja_ (*Cathartes aura*). El cuadro N° 2.35 y figura N° 2.19 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Yapatera.

Cuadro N° 2.35
Especies de fauna asociada al río Yapatera

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	`Gallinazo de cabeza negra_	Palo Blanco	602134	9442303	219
		<i>Cathartes aura</i>	`Gallinazo de cabeza roja_	Frías	615983	9455245	1574
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	`Soña_ o `Chisco_	Chapica	597550	9437985	114
	Furnaridae	<i>Furnarius leucopus</i>	`Chilalo_	Chapica	597720	9438222	121
	Icteridae	<i>Icterus gracennae</i>	`Chiroca_	Platanal alto	606278	9445861	482
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	`Putilla_	Palo Blanco	602119	9442305	218
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	`Luisa_	Chapica	597787	9438388	121
		<i>Sicalis flaveola</i>	`Puntito de oro_	Chapica	597691	9438343	120
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	Tórtola_	Chapica	597542	9437980	114
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	`Chiclon_	Platanal alto	606121	9446012	440
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	`Ardilla_	Chapica	597720	9438222	121
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	`Lagartija_	Chapica	597787	9438388	121
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	`Pacaso_	Chapica	597790	9438418	120

Fuente: Elaboración propia

G. Quebrada San Francisco

G.1 Flora asociada a la quebrada San Francisco

a) Flora Nativa

Entre las especies de flora que más resaltan en el recorrido de la quebrada San Francisco, se encuentran iniciando las especies de `cardos_ (Armatocereus oligogonus), `sapote_ (Capparis scabrida) y `overo_ (Cordia lutea) especies que se desarrollan en las sabanas costeras y bosque seco, además de especies que se desarrollan en la ribera de la quebrada como `Bejuco_ (Ipomoea crassifolia), `Jacinto de agua_ (Eichhornia crassipes) y `Picantillo_ (Polygonum hydropiperoides).

Cuadro N° 2.36
Especies de flora nativa asociada a la quebrada San Francisco

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	`Overo_	Nuevo Santa Rosa	587620	9475045	222
			Casanas	584572	9453420	129
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	`Algarrobo_	Palmeras de Yaranche	586450	9467201	145
			Palmeras de Yaranche	586155	9467795	150
			Nuevo Santa Rosa	587625	9475050	222
	<i>Acacia macracantha</i>	`Faique_	Palmeras de Yaranche	586520	9467213	148
			Nuevo Santa Rosa	587524	9475089	215
			Casanas	584623	9453526	122
	<i>Inga densiflora</i>	`Guabo de zorro_	Casanas	584490	9453419	112
	<i>Cercidium praecox</i>	`Palo verde_	Nuevo Santa Rosa	587558	9475082	215
POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ o `Caña de Guayaquil_	Nuevo Santa Rosa	587559	9475085	215
			Palmeras de Yaranche	586523	9467216	148
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrida</i>	`Sapote_	Nuevo Santa Rosa	587583	9475080	215
			Casanas	584492	9453420	112
CACTACEAE	<i>Armatocereus oligogonus</i>	`Cardo_	Nuevo Santa Rosa	587530	9475088	215
	<i>Browningia microsperma</i>		Casanas	584575	9453425	129
NYCTAGINACEAE	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	`Papelillo_	Nuevo Santa Rosa	587580	9475078	215
ANARCADIACEAE	<i>Loxopterygium huasango</i>	`Hualtaco_	Nuevo Santa Rosa	587622	9475049	222
	<i>Spondias purpurea</i>	`Ciruelo_	Nuevo Santa Rosa	587525	9475080	215
BURSERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>	`Palo santo_	Nuevo Santa Rosa	587550	9475083	215
ARECACEAE	<i>Cocos nucifera</i>	`Coco_	Casanas	584224	9453344	97
ELAEOCARPACEAE	<i>Muntingia calabura</i>	`Cerezo_	Nuevo Santa Rosa	587527	9475086	215
			Casanas	584532	9453380	124
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea crassifolia</i>	`Bejuco_	Palmeras de Yaranche	586188	9467763	150

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

PONTEDERIACEAE	<i>Eichhornia crassipes</i>	‘Jacinto de agua_	Palmeras de Yaranche	586205	9467799	150
POLYGONACEAE	<i>Polygonum hydropiperoides</i>	‘Picantillo_	Palmeras de Yaranche	586190	9467768	150
TYPHACEAE	<i>Typha domingensis</i>	‘Totor_	Palmeras de Yaranche	586203	9467795	150

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Entre la flora exótica asociada a la quebrada San Francisco se encuentra formando parte de plantas ornamentales el ‘Laurel rosa_ (Nerium oliander). La ‘higuerilla_ (Ricinus comunis) y el ‘Cardosanto_ (Argemone mexicana) se encuentran bordeando la quebrada.

Cuadro N° 2.37
Especies de flora exótica asociada a la quebrada San Francisco

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
APOCYNACEAE	<i>Nerium oliander</i>	‘Laurel rosa_	Casanas	584267	9453334	96
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	‘Higuerilla_	Nuevo Santa Rosa	587526	9475092	215
PAPAVERACEAS	<i>Argemone mexicana</i>	‘Cardosanto_	Palmeras de Yaranche	586193	9467769	150

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

La mayoría del área que abarca la quebrada San Francisco, son zonas agrícolas, que aprovechan el canal de regadío proveniente de la represa San Lorenzo, entre los cultivos más representativos son mencionados en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2.38
Especies de flora cultivada asociada a la quebrada San Francisco

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Oryza sativa</i>	‘Arroz_	Casanas	584180	9453398	100
<i>Gynerium sagittatum</i>	‘Caña brava_	Nuevo Santa Rosa	587554	9475087	215
<i>Mangifera indica</i>	‘Mango_	Nuevo Santa Rosa	587122	9475714	219
		Casanas	584207	9453361	98
<i>Musa sapientum</i>	‘Plátano_	Nuevo Santa Rosa	587188	9475718	221
<i>Zea mays</i>	‘Maíz_	Nuevo Santa Rosa	587209	9475692	222
		Casanas	584209	9453363	98
<i>Glycine max</i>	‘Soya_	Casanas	584183	9453399	100
<i>Passiflora edulis</i>	‘Maracuyá_	Nuevo Santa Rosa	587185	9475716	221
<i>Citrus limon</i>	‘Limón dulce_	Nuevo Santa Rosa	587177	9475700	222

Fuente: Elaboración propia

The map displays the geographical distribution of four tree species in the Q. San Francisco area. The map is overlaid with a coordinate grid. A compass rose indicates North (N), South (S), East (E), and West (W). A legend in the top right corner defines the symbols used: a square with a dot for 'Capital Distrital', a solid blue line for 'Ros Principales', a dashed blue line for 'Ros Secundarios', and a dashed black line for 'Limite de Cuenca'. The map shows the 'Q. San Francisco' area in light blue, with several rivers: 'R. Saco', 'R. Plura', 'R. Chiriqui', 'R. Chiriqui', and 'R. Chiriqui'. Four locations are marked with green squares and labeled with their coordinates and species names:

- Cordia lutea "Overo"**: Norte: 9475045, Este: 587620. (Photograph of a large tree with dense foliage.)
- Capparis scabrida "Sapote"**: Norte: 9453420, Este: 584492. (Photograph of a tree with large, dark, glossy leaves.)
- Acacia macracantha "Faique"**: Norte: 9467213, Este: 586520. (Photograph of a tree with long, thin, drooping branches and small leaves.)
- Muntingia calabura "Cerezo"**: Norte: 9453380, Este: 584532. (Photograph of a tree with small, round, green fruits.)

Other locations marked on the map include 'Las Lomas' and 'Tambo Grande'. The map also shows the 'R. Chiriqui' and 'R. Chiriqui' rivers.

Pág. 89

G.2 Fauna asociada a la quebrada San Francisco

La fauna más representativa evidencia aves como el `Chilalo_ (Furnarius leucopus) y reptiles como la `lagartija_ (Microlophus occipitalis) en la zona de los bosques secos. En la ribera del río encontramos aves migratorias como las `garzas_ (Ardea alba) y `patos silvestres_ (Oxyura vittata). El cuadro N° 2.39 y figura N° 2.21 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna de la quebrada San Francisco.

Cuadro N° 2.39
Especies de fauna asociada a la quebrada San Francisco

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	`Gallinazo de cabeza negra_	Palmeras de Yaranche	586205	9467799	150
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	`Soña_o `Chisco_	Nuevo Santa Rosa	587580	9475078	215
	Furnaridae	<i>Furnarius leucopus</i>	`Chilalo_	Nuevo Santa Rosa	587530	9475088	215
	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	`Picaflor_	Casanas	584267	9453334	96
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	`Putilla_	Nuevo Santa Rosa	587583	9475080	215
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	`Luisa_	Nuevo Santa Rosa	587188	9475718	221
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	Tórtola_	Nuevo Santa Rosa	587209	9475692	222
	Psittacidae	<i>Aratinga wagleri</i>	`Loro de cabeza roja_	Casanas	584490	9453419	112
		<i>Brotogeris pyrrhoterus</i>	`Loro sordo_	Casanas	584572	9453420	129
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	`Chiclon_	Casanas	584464	9453312	117
	Strigidae	<i>Atene cunicularia</i>	`Lechuza_	Nuevo Santa Rosa	587625	9475050	222
	Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i>	`Garza real_	Palmeras de Yaranche	586450	9467201	145
		<i>Ardea alba</i>	`Garza_	Palmeras de Yaranche	586188	9467763	150
	Anatidae	<i>Oxyura vittata</i>	`Pato silvestre_	Palmeras de Yaranche	586155	9467795	150
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	`Ardilla_	Nuevo Santa Rosa	587188	9475718	221
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	`Lagartija_	Casanas	584490	9453419	112

Fuente: Elaboración propia

H. Río Chalpa

H.1 Flora asociada al río Chalpa

a) Flora nativa

Entre las especies de flora que más resaltan en el recorrido del río Chalpa encontramos al `cerezo_ (Muntingia calabura) en la ribera del río, en el bosque seco encontramos especies de `cardos_ (Browningia microsperma) y `algarrobos_ (Prosopis pallida) en el matorral arbustivo abierto, a más de 1000 msnm, encontramos al `pasallo_ (Eriotheca ruizii), `tululuque_ (Solanum sp.) y `achupallas_ (Vriesea sp.), estas últimas son unas especies que crecen sobre las ramas de pasallos, ceibos, porotillos, etc.

Cuadro N° 2.40
Especies de flora nativa asociada al río Chalpa

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD
				Este	Norte	m.s.n.m.
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	`Overo_	Hualcas	645450	9389516	330
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	`Algarrobo_	Hualcas	645383	9389589	330
	<i>Erythrina velutina</i>	`Porotillo_	Piedra Blanca	657123	9392252	1191
	<i>Acacia macracantha</i>	`Faique_	Hualcas	645385	9389590	330
			Piedra Blanca	657176	9392242	1170
			Chalpa	651896	9389614	577
	<i>Inga densiflora Benth</i>	`Guabo de zorro_	Piedra Blanca	657118	9392265	1190
	<i>Inga feuilleei</i>	`Guabo de castilla_	Hualanga Pampa	660726	9392965	1226
	<i>Pithecelobium multiflorum</i>	`Mariangolo_	Hualcas	645470	9389524	332
	<i>Lupinus albert-smithianus</i>	`Tarwi arbustivo_	Piedra Blanca	657091	9392343	1196
	<i>Caesalpinia spinosa</i>	`Tara_	Piedra Blanca	657125	9392249	1189
	<i>Senna spectabilis</i>	`Vainillo_	Hualanga Pampa	660442	9392794	1210
<i>Caesalpinia sp.</i>	`Charan amarillo_	Chalpa	651874	9389595	582	
POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ o `Caña de Guayaquil_	Ramón Castilla	662477	9390431	1471
	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ `Caña de Guayaquil_	Chalpa	651910	9389745	547
	<i>Phragmites australis</i>	`Carricillo_	Hualcas	645468	9389522	332
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha curcas</i>	`Piñon_	Hualcas	645388	9389592	330
	<i>Croton callicarpaefolius</i>	`Palo blanco_	Hualcas	645453	9389516	330
			Chalpa	651915	9389621	578
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrida</i>	`Sapote_	Hualcas	645390	9389590	330
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea crassifolia</i>	`Bejuco_	Hualcas	645463	9389536	332
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>	`Pasallo colorado_	Chalpa	651907	9389643	568
	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	`Pasallo negro_	Chalpa	651926	9389621	578
	<i>Eriotheca ruizii</i>	`Pasallo colorado_	Hualanga Pampa	660589	9392907	1215
	<i>Ceiba trischistrandra</i>	`Ceibo_	Hualcas	645449	9389515	330
			Piedra Blanca	657108	9392292	1192
BOMBACACEAE	<i>Ceiba trischistrandra</i>	`Ceibo_	Chalpa	651912	9389638	571
CACTACEAE	<i>Browningia microsperma</i>	`Cardo_	Chalpa	651973	9389648	576
	<i>Armatocereus oligogonus</i>	`Cardo_	Chalpa	651975	9389650	576

MORACEAE	<i>Ficus tonduzii</i>	`Higueron_	Piedra Blanca	657111	9392283	1192
ELAEocarpaceae	<i>Muntingia calabura</i>	`Cerezo_	Hualcas	645461	9389529	332
BROMELIACEAE	<i>Vriesea sp.</i>	`Achupalla_	Piedra Blanca	657089	9392346	1196
	<i>Tillandsia usneoides</i>	`Salvaje_	Hualanga Pampa	660701	9392932	1215
	<i>Trichocereus pachanoi</i>	`San Pedro_	Hualanga Pampa	660590	9392909	1215
	<i>Hylocereus polyrrhizus</i>	`Pitaya_	Hualanga Pampa	660701	9392932	1215
	<i>Opuntia ficus - indica</i>	`Tuna_	Ramón Castilla	662479	9390431	1471
SOLANACEAE	<i>Cestrum auriculatum</i>	`Saucu_o `Yerba santa_	Hualcas	645463	9389527	332
			Piedra Blanca	657172	9392238	1170
	<i>Dunalia arborescens</i>	`Chin chin_	Piedra Blanca	657179	9392240	1170
			Piedra Blanca	657110	9392295	1192
	<i>Solanum hispidum</i>	Tululuque_	Piedra Blanca	657090	9392345	1196
	<i>Solanum sp.</i>	Tululuque_	Ramón Castilla	662618	9390267	1468
	<i>Solanum sp.</i>	Tululuque_	Ramón Castilla	662522	9390349	1460
	<i>Nicotiana tabacum</i>	`Tabaco_	Chalpa	651887	9389574	589
ASTERACEAE	<i>Vernonia patens</i>	`Palo de agua_	Hualanga Pampa	660541	9392876	1217
	<i>Baccharis salicifolia</i>	`Chilca_	Hualcas	645316	9389581	290
	<i>Fulcaldea laurifolia</i>	`Cachuto_	Piedra Blanca	657114	9392339	1188
	<i>Bidens pilosa</i>	`Amor seco_	Hualanga Pampa	660671	9392939	1221
	<i>Vernonia ferruginea</i>	`Aritaco_	Chalpa	651967	9389739	552
		`Aritaco_	Piedra Blanca	657120	9392251	1191
MIRTACEAE	<i>Myrcianthes discolor</i>	`Lanche_	Ramón Castilla	662520	9390356	1460
SALICACEAE	<i>Salix chilensis</i>	`Sauce_	Ramón Castilla	662484	9390287	1447
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	`Guayacan_	Hualanga Pampa	660440	9392798	1210
			Chalpa	651940	9389624	578
CLUSSIACEAE	<i>Clussia dixonii</i>	`Churgun_	Hualanga Pampa	660470	9392824	1211
PIPERACEAE	<i>Piper elongatum</i>	`Matico_	Hualanga Pampa	660468	9392826	1211
			Ramón Castilla	662501	9390388	1460
MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i>	`Cedro_	Ramón Castilla	662518	9390353	1460
ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i>	`Guanábana_	Ramón Castilla	662482	9390435	1471
	<i>Annona cherimola</i>	`Chirimoya_	Ramón Castilla	662480	9390433	1471
STERCULIACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i>	`Huásimo_	Hualcas	645466	9389522	332
POLYGONACEAE	<i>Polygonum hydropiperoides</i>	`Picantillo_	Hualcas	645453	9389514	330
STYRACACEAE	<i>Styrax cordatus</i>	`Piñan_	Hualanga Pampa	660684	9392947	1221
CANNACEAE	<i>Canna indica</i>	`Achira_	Hualanga Pampa	660684	9392949	1221
EQUICETACEAE	<i>Equisetum arvense</i>	`Cola de caballo_	Ramón Castilla	662517	9390350	1460
ANARCADIACEAE	<i>Mauria heterophylla</i>	`Shimir_	Ramón Castilla	662521	9390354	1460
NYCTAGINACEAE	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	`Papelillo_	Chalpa	651929	9389590	591

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Entre la flora exótica se encuentra formando parte de plantas ornamentales el `Laurel rosa_ (*Nerium oliander*) que se encuentra mayormente en las casas y calles de la población, el `Eucalipto_ (*Eucaliptus globolus*) y el `falso roble_ (*Grevillea robusta*) como especie para reforestación, entre otros.

Cuadro N° 2.41
Especies de flora exótica asociada al río Chalpa

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
APOCYNACEAE	<i>Nerium oliander</i>	`Laurel rosa_	Ramón Castilla	662488	9390290	1447
MIRTACEAE	<i>Eucaliptus globolus</i>	`Eucalipto_	Hualanga Pampa	660676	9392942	1221
	<i>Syzygium jambos</i>	`Pomarosa_	Hualanga Pampa	660690	9392935	1214
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	`Higuerilla_	Piedra Blanca	657110	9392281	1192
			Hualanga Pampa	660446	9392791	1210
PAPAVERACEAS	<i>Argemone mexicana</i>	`Cardosanto_	Hualcas	645475	9389526	332
PROTEACEAE	<i>Grevillea robusta</i>	`Falso roble_	Piedra Blanca	657122	9392256	1191

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

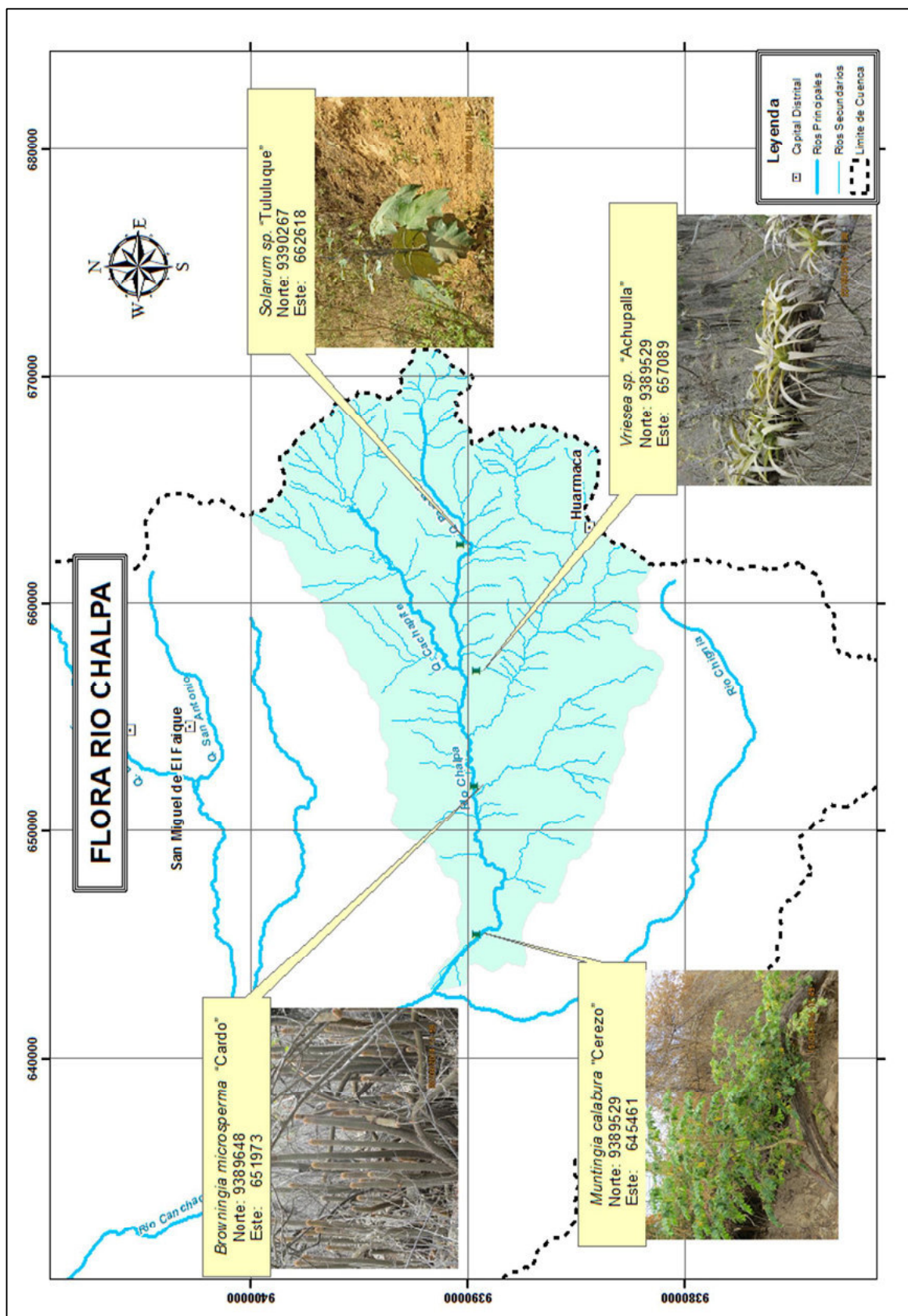
Entre las especies cultivables a lo largo del río Chalpa encontramos gramíneas como el maíz y arroz, además de frutales, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Cuadro N° 2.42
Especies de flora cultivada asociada al río Chalpa

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Mangifera indica</i> L.	`Mango_	Chalpa	651958	9389764	549
<i>Oryza sativa</i>	`Arroz_	Chalpa	651958	9389839	552
<i>Zea mays</i>	`Maíz_	Chalpa	651956	9389837	552
<i>Saccharum officinarum</i>	`Caña de azúcar_	Chalpa	651919	9389763	546
<i>Coffea Canephora</i>	`Café_	Piedra Blanca	657178	9392245	1170
		Hualanga Pampa	660724	9392964	1226
<i>Musa sapientum</i>	`Plátano_	Hualanga Pampa	660722	9392962	1226
<i>Citrus aurantium</i>	`Naranja dulce_	Hualanga Pampa	660683	9392948	1221
<i>Vasconcellea papaya</i>	`Papaya_	Hualanga Pampa	660708	9392935	1215
<i>Passiflora edulis</i>	`Maracuyá_	Hualanga Pampa	660691	9392936	1214

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.22
Mapa de distribución de especies de flora representativa del río Chalpa



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

H.2 Fauna asociada al río Chalpa

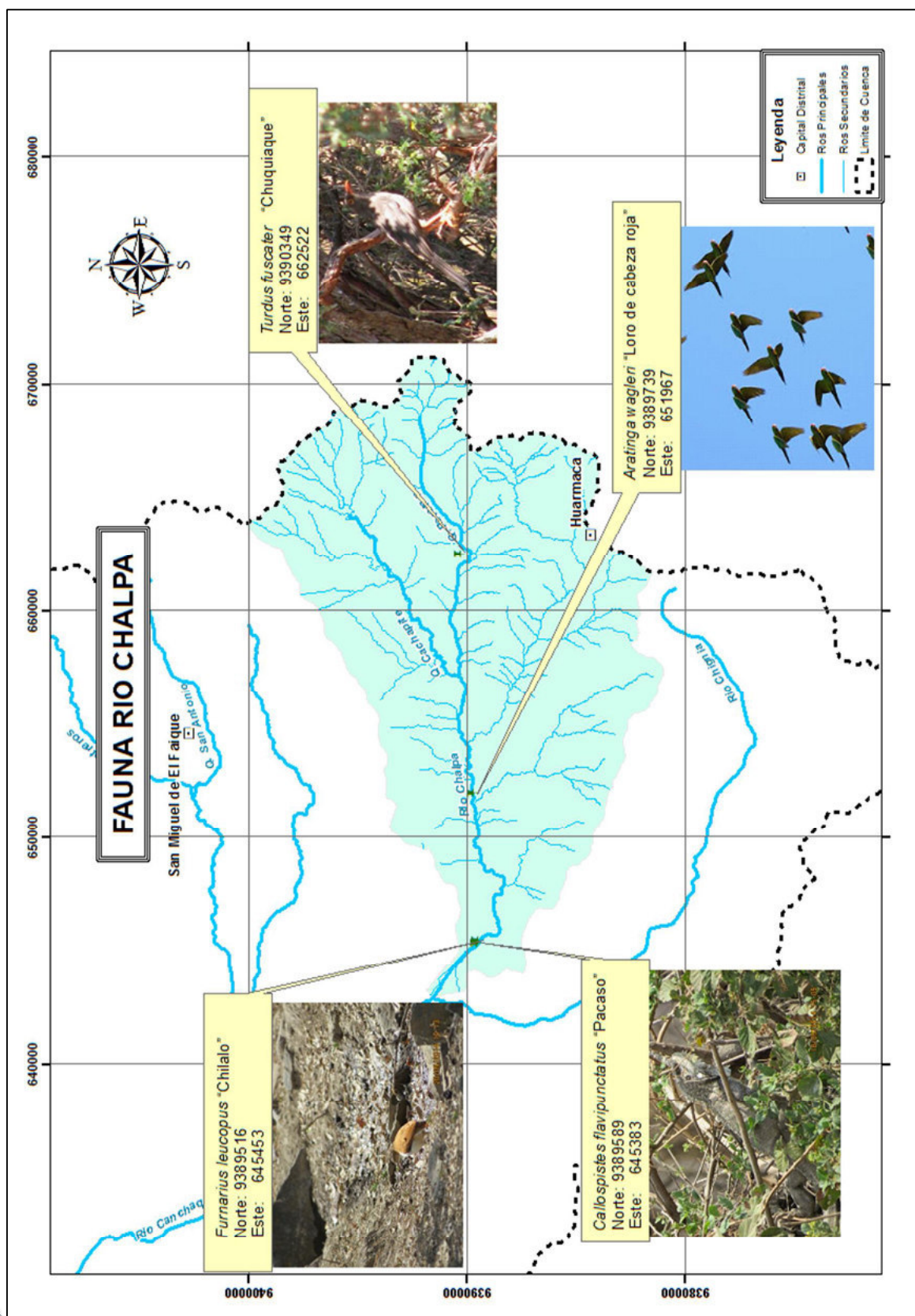
A lo largo del recorrido del río Chalpa, encontramos especies de aves como el chilalo_ (*Furnarius leucopus*), los loros de cabeza roja_ (*Aratinga wagleri*), además de especies de pacasos_ (*Callospistes flavipunctatus*) en las partes bajas de la selva temporal de hojas anchas, mientras que en las partes más altas como el matorral arbustivo abierto, encontramos al chuquiaque_ (*Turdus fuscater*), entre otros. El cuadro N° 2.43 y figura N° 2.23 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Chalpa.

Cuadro N° 2.43
Especies de fauna asociada al río Chalpa

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo de cabeza negra_	Hualcas	645463	9389536	332
		<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo de cabeza roja_	Ramón Castilla	662480	9390433	1471
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	Soña_ o Chisco_	Hualcas	645468	9389522	332
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	Chilalo_	Hualcas	645453	9389516	330
	Icteridae	<i>Icterus gracennae</i>	Chiroca_	Hualcas	645463	9389536	332
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Putilla_	Hualcas	645463	9389536	332
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	Tórtola_	Hualcas	645449	9389515	330
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Chuquiaque_	Ramón Castilla	662522	9390349	1460
	Psittacidae	<i>Aratinga wagleri</i>	Loro de cabeza roja_	Chalpa	651967	9389739	552
		<i>Brotogeris pyrrhoterus</i>	Loro sordo_	Chalpa	651887	9389574	589
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Chiclon_	Hualcas	645453	9389514	330
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	Ardilla_	Hualcas	645316	9389581	290
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	Lagartija_	Hualcas	645385	9389590	330
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	Pacaso_	Hualcas	645383	9389589	330
ANFIBIA	Leptodactylidae	<i>Physalaemus sp.</i>	Sapo_	Hualcas	645463	9389536	332

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.23
Mapa de distribución de especies de fauna representativa del río Chalpa



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

I. Río Chignia

I.1 Flora asociada al río Chignia

a) Flora nativa

Entre las especies de flora que más resaltan en el recorrido del río Chignia encontramos especies de `faique_ (*Acacia macracantha*) y `chilca_ (*Baccharis salicifolia*) en la ribera del río. Por otro lado en el bosque seco encontramos especies de `pasallos_ (*Eriotheca ruizii*), `ceibo_ (*Ceiba trischistrandra*) y `porotillo_ (*Erythrina velutina*) sobre los cuales crecen las `achupallas_ (*Vriesea* sp.) y subiendo en el recorrido, a más de 1000 msnm, encontramos especies de `matico_ (*Piper elongatum*) y árboles maderables como el `higueron_ (*Ficus tonduzii*) entre otros.

Cuadro N° 2.44
Especies de flora nativa asociada al río Chignia

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	`Overo_	Vega de Hualcas	642499	9389916	292
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	`Algarrobo_	Chignia	645636	9382179	427
	<i>Erythrina velutina</i>	`Porotillo_	Chignia	645613	9382180	425
	<i>Acacia macracantha</i>	`Faique_	Vega de Hualcas	642519	9389957	291
			Chignia	645623	9382185	426
	<i>Inga densiflora</i>	`Guabo de zorro_	Tizal	648878	9379999	739
	<i>Inga feuillei</i>	`Guabo de castilla_	La Loma	654138	9379677	1358
	<i>Pithecellobium multiflorum</i>	`Mariangolo_	Vega de Hualcas	642651	9389993	291
	<i>Caesalpinia spinosa</i>	`Tara_	La Loma	654133	9379674	1358
	<i>Senna spectabilis</i>	`Vainillo_	Chignia	645610	9382183	425
	<i>Caesalpinia</i> sp.	`Charan amarillo_	Chignia	645622	9382180	426
	<i>Pithecellobium excelsum</i>	`Shakiro_	Vega de Hualcas	642495	9389917	292
	<i>Geoffroea striata</i>	`Almendro_	Vega de Hualcas	642648	9389948	292
	<i>Leucaena trichoides</i>	`Shapra_	Vega de Hualcas	642640	9389940	292
POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ o `Caña de Guayaquil_	Vega de Hualcas	642652	9389990	291
	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ `Caña de Guayaquil_	La Loma	654140	9379682	1359
	<i>Chusquea scandens</i>	`Zuro_	La Loma	654141	9379680	1359
	<i>Phragmites australis</i>	`Carricillo_	Vega de Hualcas	642520	9389922	292
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha curcas</i>	`Piñon_	Vega de Hualcas	642506	9389953	291
	<i>Croton callicarpaefolius</i>	`Palo blanco_	Vega de Hualcas	642492	9389920	292
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrada</i>	`Sapote_	Chignia	645627	9382178	426
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea crassifolia</i>	`Bejuco_	Vega de Hualcas	642508	9389956	291
BOMBACACEAE	<i>Eriotheca ruizii</i>	`Pasallo colorado_	Chignia	645624	9382184	426
	<i>Ceiba trischistrandra</i>	`Ceibo_	Vega de Hualcas	642367	9390066	293
			Chignia	645616	9382179	425

CACTACEAE	<i>Browningia microserpa</i>	`Cardo_	Vega de Hualcas	642646	9389945	292
	<i>Armatocereus oligogonus</i>	`Cardo_	Chignia	645615	9382181	425
MORACEAE	<i>Ficus tonduzii</i>	`Higueron_	La Loma	654157	9379689	1362
ELAEOCARPACEAE	<i>Muntingia calabura</i>	`Cerezo_	Vega de Hualcas	642515	9389929	292
			Chignia	645623	9382181	426
BROMELIACEAE	<i>Vriesea sp.</i>	`Achupalla_	Chignia	645625	9382178	426
SOLANACEAE	<i>Cestrum auriculatum</i>	`Saucu_o `Yerba santa_	Vega de Hualcas	642496	9389912	292
			Tizal	648882	9380008	742
	<i>Solanum sp.</i>	`Tululuque_	La Loma	654142	9379681	1359
	<i>Brugmansia arborea</i>	`Floripondio_	La Loma	654170	9379676	1355
ASTERACEAE	<i>Baccharis salicifolia</i>	`Chilca_	Vega de Hualcas	642505	9389951	291
	<i>Vernonia ferruginea</i>	`Aritaco_	Tizal	648881	9380007	742
		`Aritaco_	La Loma	654148	9379685	1360
MIRTACEAE	<i>Psidium guajaba</i>	`Guayabo_	La Loma	654170	9379660	1353
SALICACEAE	<i>Salix chilensis</i>	`Sauce_	La Loma	654139	9379678	1358
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	`Guayacan_	Chignia	645621	9382179	426
			La Loma	654173	9379675	1355
PIPERACEAE	<i>Piper elongatum</i>	`Matico_	Tizal	648877	9379998	739
			La Loma	654155	9379685	1358
ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i>	`Guanábana_	Vega de Hualcas	642655	9389998	291
	<i>Annona cherimola</i>	`Chirimoya_	Vega de Hualcas	642650	9389995	291
POLYGONACEAE	<i>Polygonum hydropiperoides</i>	`Picantillo_	Vega de Hualcas	642516	9389926	292
EQUICETACEAE	<i>Equisetum arvense</i>	`Cola de caballo_	La Loma	654170	9379699	1364
ANARCADIACEAE	<i>Loxopterygium huasango</i>	`Hualtaco_	Vega de Hualcas	642642	9389947	292
	<i>Spondias purpurea</i>	`Ciruelo_	Vega de Hualcas	642656	9389989	291
NYCTAGINACEAE	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	`Papelillo_	Chignia	645612	9382185	425
BURSERACEAE	<i>Bursera graveolens</i>	`Palo santo_	Chignia	645628	9382180	426
			La Loma	654136	9379680	1358
SAPINDACEAE	<i>Sapindus saponaria</i>	`Checo_	La Loma	654141	9379683	1360
LAURACEAE	<i>Persea laevigata</i>	`Palton_o `Pumaparra_	La Loma	654158	9379680	1358
AGAVACEAE	<i>Furcraea andina</i>	`Cabuya_	La Loma	654157	9379681	1358
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago major</i>	`Llantén_	La Loma	654170	9379696	1362
LILIACEAE	<i>Aloe vera</i>	`Sábila_	La Loma	654172	9379695	1362
CUCURBITACEAE	<i>Luffa operculata</i>	`Jabonillo_	La Loma	654190	9379708	1365
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora ligularis</i>	`Granadilla_	La Loma	654192	9379705	1365

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Entre la flora exótica se encuentra formando parte el árbol `Nim_ (Azadiratcha indica) que se encuentra mayormente en los centros poblados, en los parques y lugares recreativos. Por otro lado, a más de 1000 msnm, el `Eucalipto_ (Eucaliptus globulus) se siembra en los programas de reforestación. Y la `granada_ (Punica granatum) junto con el `níspero_ (Eriobotrya japonica) son frutales que son consumidos por la población.

Cuadro N° 2.45
Especies de flora exótica asociada al río Chignia

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
MIRTACEAE	<i>Eucaliptus globulus</i>	`Eucalipto_	La Loma	654135	9379675	1358
PAPAVERACEAS	<i>Argemone mexicana</i>	`Cardosanto_	Vega de Hualcas	642517	9389930	292
MELIACEAE	<i>Azadiratcha indica</i>	`Nim_	Vega de Hualcas	642653	9389999	291
FABACEAE	<i>Robinia pseudoacacia</i>	`Ramillete de novia_	Chignia	645626	9382179	426
ANACARDIACEAE	<i>Schinus terebinthifolius</i>	`Molle hawaiana_	La Loma	654136	9379676	1358
ROSACEAE	<i>Eriobotrya japonica</i>	`Níspero_	La Loma	654171	9379659	1353
PUNICACEAE	<i>Punica granatum</i>	`Granada_	La Loma	654189	9379707	1365

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

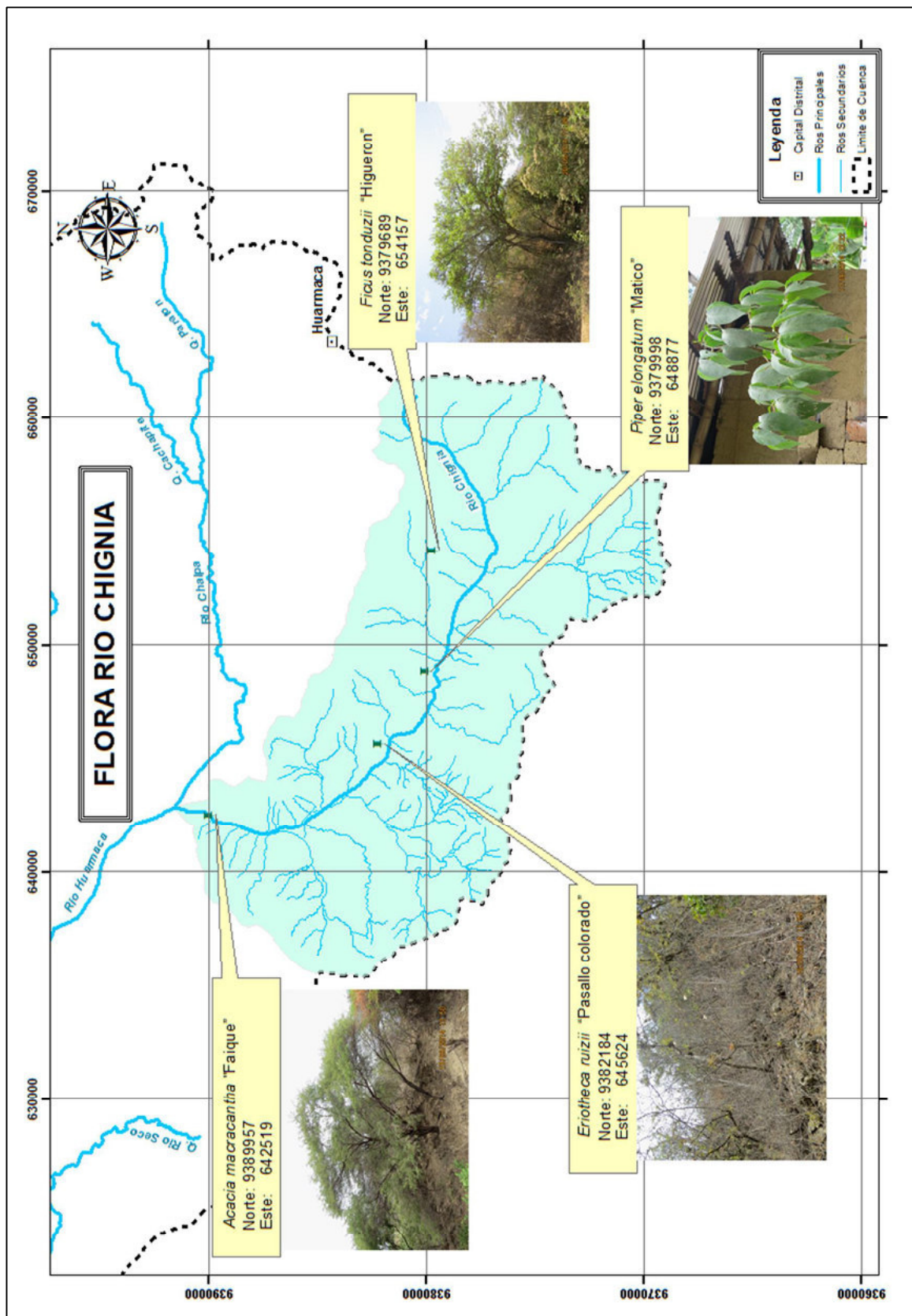
Entre las especies cultivables asociadas al río Chignia encontramos gramíneas como el maíz y arroz, además de frutales con una mayor actividad en la zona de Vega de Hualcas en la parte baja y en la parte alta desde el centro poblado de La Loma.

Cuadro N° 2.46
Especies de flora cultivada asociada al río Chignia

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Mangifera indica</i> L.	`Mango_	La Loma	654189	9379670	1357
<i>Zea mays</i>	`Maíz_	Vega de Hualcas	642561	9389869	293
<i>Oryza sativa</i>	`Arroz_	Vega de Hualcas	642566	9389870	293
<i>Coffea Canephora</i>	`Café_	La Loma	654188	9379667	1357
<i>Musa sapientum</i>	`Plátano_	La Loma	654192	9379670	1357
<i>Citrus aurantium</i>	`Naranja dulce_	La Loma	654180	9379660	1355
<i>Citrus limon</i>	`Limón dulce_	La Loma	654182	9379665	1355
<i>Vasconcellea papaya</i>	`Papaya_	La Loma	654190	9379668	1357
<i>Passiflora edulis</i>	`Maracuyá_	La Loma	654182	9379665	1355
<i>Theobroma cacao</i>	`Cacao_	La Loma	654173	9379658	1353

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.24
Mapa de distribución de especies de flora representativa del río Chignia



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

I.2 Fauna asociada al río Chignia

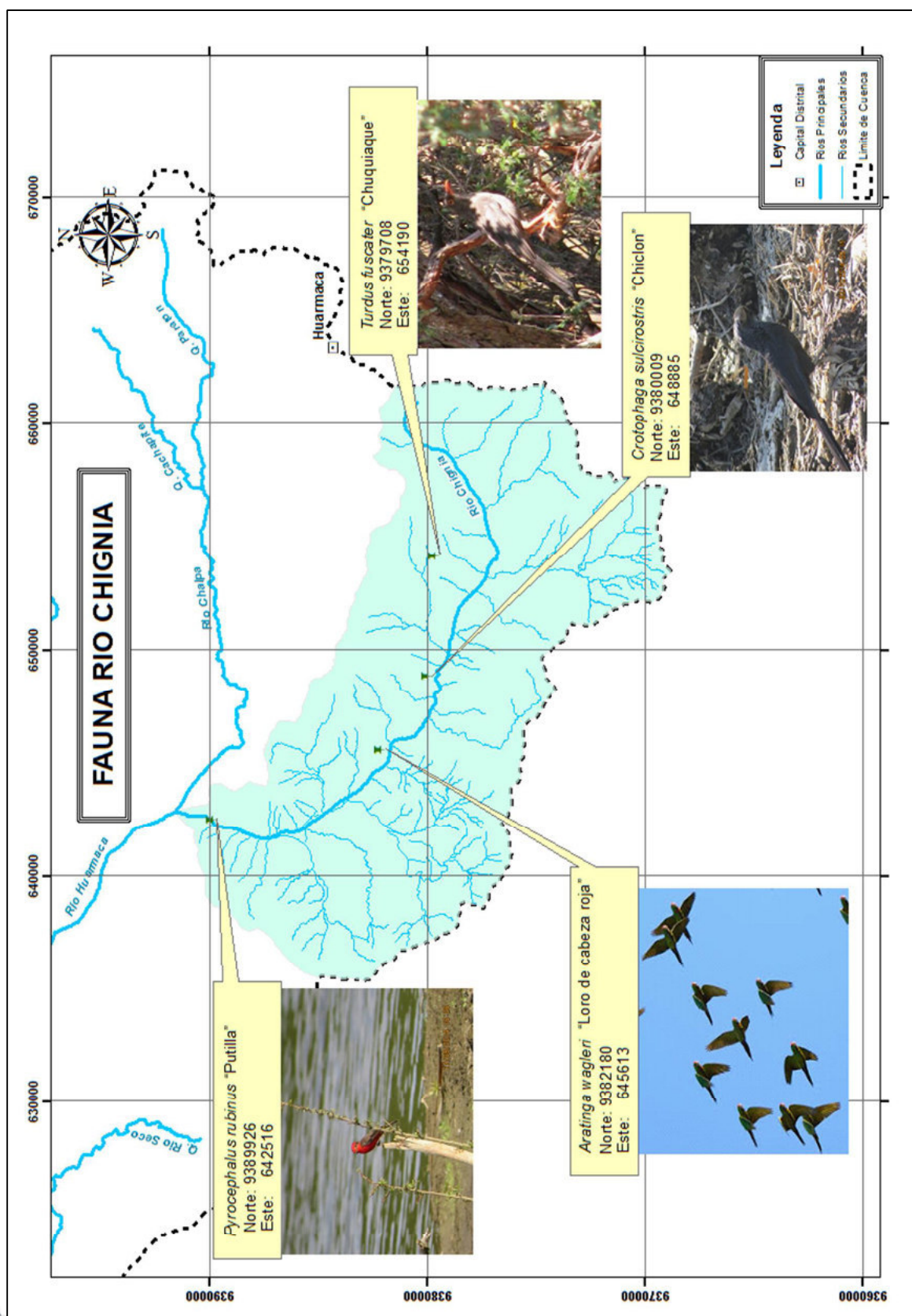
A lo largo del recorrido del río Chignia, encontramos especies de aves como la Putilla_ (*Pyrocephalus rubinus*), los loros de cabeza roja_ (*Aratinga wagleri*), que vuelan cerca a la ribera del río, además de especies de chicon_ (*Crotophaga sulcirostris*) en las partes bajas de la selva temporal de hojas anchas y presentes también en las zonas de cultivo. Mientras que en las partes más altas como el matorral arbustivo abierto, encontramos al chuquiaque_ (*Turdus fuscater*), además por registro de la población de La Loma, en las partes más alejadas existen venados_, oso hormiguero_, pavas silvestres_ y pumas_. El cuadro N° 2.47 y figura N° 2.25 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Chignia.

Cuadro N° 2.47
Especies de fauna asociada al río Chignia

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo de cabeza negra_	Vega de Hualcas	642508	9389956	291
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	Soña_ o Chisco_	Vega de Hualcas	642650	9389995	291
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	Chilalo_	Vega de Hualcas	642566	9389865	293
	Icteridae	<i>Icterus gracennae</i>	Chiroca_	Chignia	645628	9382180	426
	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Putilla_	Vega de Hualcas	642516	9389926	292
	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina_	Chignia	645626	9382179	426
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	Tórtola_	Chignia	645610	9382183	425
	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Chuquiaque_	La Loma	654190	9379708	1365
	Psittacidae	<i>Aratinga wagleri</i>	Loro de cabeza roja_	Chignia	645613	9382180	425
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Chicon_	Tizal	648885	9380009	742
	Strigidae	<i>Atene cunicularia</i>	Lechuza_	Vega de Hualcas	642519	9389957	291
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	Ardilla_	Vega de Hualcas	642566	9389870	293
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	Lagartija_	Vega de Hualcas	642653	9389999	291
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	Pacaso_	Vega de Hualcas	642656	9389989	291
ANFIBIA	Leptodactylidae	<i>Physalaemus sp.</i>	Sapo_	Vega de Hualcas	642655	9389991	291

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.25
Mapa de distribución de especies de fauna representativa del río Chignia



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

J. Ríos Canchaque y Huarmaca

J.1 Flora asociada a los ríos Canchaque y Huarmaca

a) Flora Nativa

A lo largo del recorrido de los ríos Canchaque y Huarmaca se encuentran zonas de alta productividad agrícola, a su vez, también encontramos zonas de bosque seco que bordean dichos ríos, entre las cuales podemos destacar especies de `overo_ (Cordia lutea), `sapote_ (Capparis scabrida) y `faique_ (Acacia macracantha), además en la ribera de los ríos, encontramos especies como el `carricillo_ (Phragmites australis) y el `Bejuco_ (Ipomoea crassifolia), entre otros.

Cuadro N° 2.48
Especies de flora nativa asociada a los ríos Canchaque y Huarmaca

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	Cordia lutea	`Overo_	Mamayaco	642461	9392595	269
			Serran	634615	9400683	202
			Puente salitral	628835	9408845	156
FABACEAE	Prosopis pallida	`Algarrobo_	Serran	634612	9400683	202
			Palo blanco	632422	9403705	178
			Puente salitral	628856	9408850	156
	Acacia macracantha	`Faique_	Mamayaco	642483	9392586	269
			Palo blanco	632420	9403701	178
			Puente salitral	628855	9408852	156
	Parkinsonia aculeata	`Azote de cristo_	Puente salitral	628850	9408855	156
	Caesalpinia sp.	`Charan amarillo_	Puente salitral	628858	9408849	156
	Mimosa pellita	`Uña de gato_	Puente salitral	628856	9408850	156
	Geoffroea striata	`Almendro_	Mamayaco	642482	9392585	269
			Hormopampa	639947	9394680	248
	Pithecellobium excelsum	`Shakiro_	Hormopampa	639861	9394691	246
	Leucaena trichoides	`Shapra_	Hormopampa	639949	9394683	248
POACEAE	Guadua angustifolia	`Bambú_o `Caña de Guayaquil_	Palo blanco	631793	9403849	182
			Puente salitral	628851	9408850	156
	Phragmites australis	`Carricillo_	Mamayaco	642482	9392570	269
CAPPARACEAE	Capparis scabrida	`Sapote_	Hormopampa	639894	9394708	246
			Serran	634611	9400680	202
			Puente salitral	628540	9408830	182
CACTACEAE	Armatocereus oligogonus	`Cardo_	Serran	634612	9400681	202
	Browningia microsperma		Puente salitral	628555	9408817	179
NYCTAGINACEAE	Bougainvillea pachyphylla	`Papelillo_	Serran	634515	9400645	210
ANARCADIACEAE	Loxopterygium huasango	`Hualtaco_	Mamayaco	642468	9392581	269
			Hormopampa	639948	9394681	248
ARECACEAE	Cocos nucifera	`Coco_	Serran	634518	9400648	210
ELAEOCARPACEAE	Muntingia calabura	`Cerezo_	Mamayaco	642460	9392596	269
CONVOLVULACEAE	Ipomoea crassifolia	`Bejuco_	Mamayaco	642480	9392584	269

			Palo blanco	632425	9403822	177
	<i>Ipomoea carnea</i>	‘Borrachera_	Hormopampa	639895	9394709	246
			Serran	634513	9400643	210
POLYGONACEAE	<i>Polygonum hydropiperoides</i>	‘Picantillo_	Mamayaco	642467	9392549	269
			Palo blanco	632429	9403815	177
ASTERACEAE	<i>Baccharis salicifolia</i>	‘Chilca_	Mamayaco	642468	9392550	269
	<i>Tessaria integrifolia</i>	‘Pájaro bobo_	Palo blanco	632428	9403811	177
			Puente salitral	628832	9408851	156
BOMBACACEAE	<i>Ceiba trischistrandra</i>	‘Ceibo_	Mamayaco	642457	9392552	269
			Serran	634487	9400636	213
EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha curcas</i>	‘Piñon_	Mamayaco	642467	9392583	269
	<i>Croton callicarpaefolius</i>	‘Palo blanco_	Hormopampa	639860	9394692	246
SOLANACEAE	<i>Cestrum auriculatum</i>	‘Saucu_ o ‘Yerba santa_	Mamayaco	642463	9392594	269
CLUSIACEAE	<i>Mammea americana</i>	‘Mamey_	Palo blanco	631898	9403868	180

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Entre la flora exótica asociada a los ríos Canchaque y Huarmaca, se encuentra la ‘higuerilla_ (*Ricinus comunis*) y el ‘cardosanto_ (*Argemone mexicana*) que se encuentran en las riberas de los ríos, además del ‘Nim_ (*Azadirachta indica*) que se encuentra en los centros poblados.

Cuadro N° 2.49
Especies de flora exótica asociada a los ríos Canchaque y Huarmaca

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	‘Higuerilla_	Mamayaco	642483	9392575	269
PAPAVERACEAS	<i>Argemone mexicana</i>	‘Cardosanto_	Mamayaco	642481	9392571	269
MELIACEAE	<i>Azadirachta indica</i>	‘Nim_	Hormopampa	639943	9394664	250

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

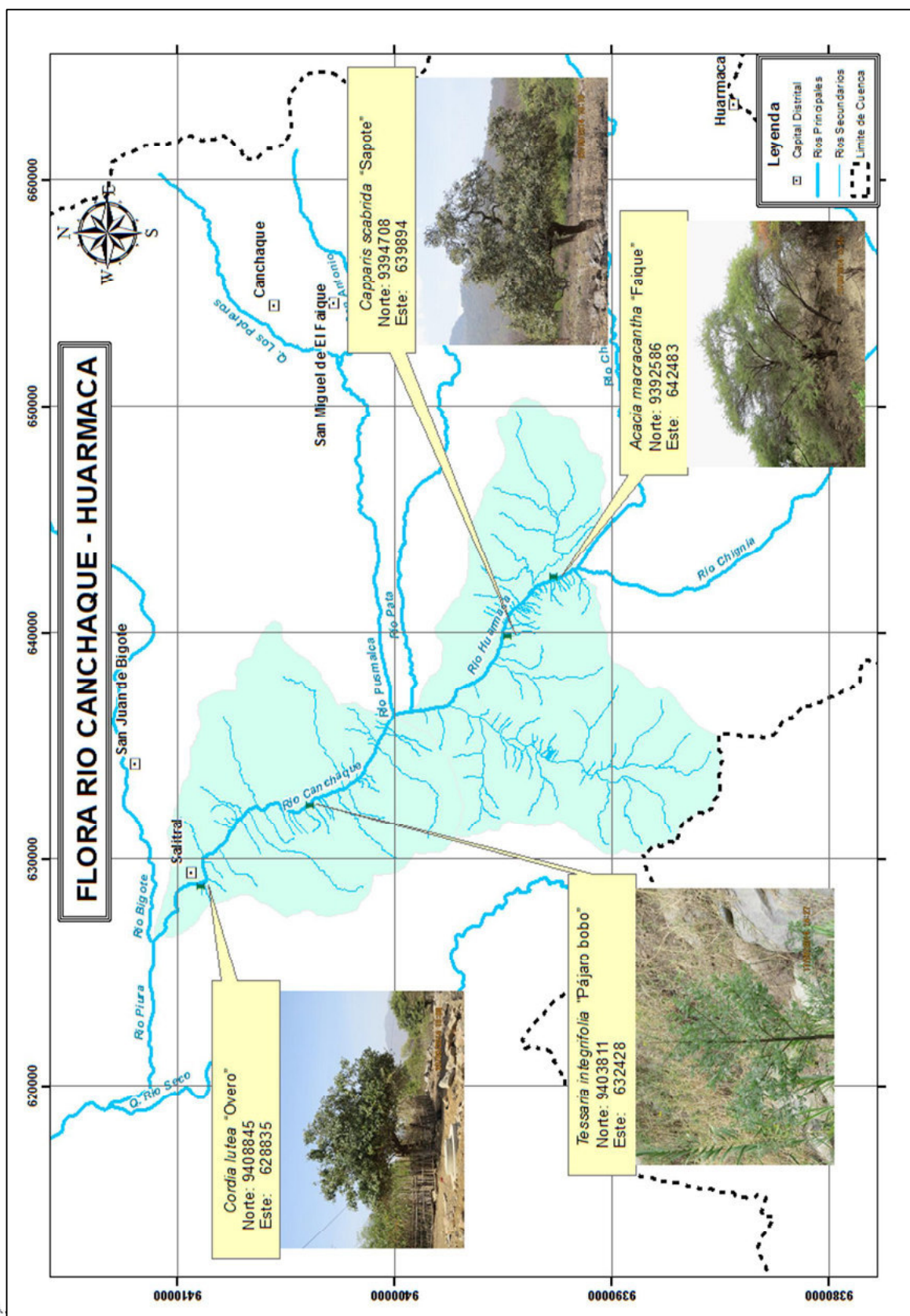
Los ríos Canchaque y Huarmaca, abarcan zonas de alta actividad agrícola, donde los cultivos son sembrados cercanos a la ribera de los ríos. Entre los mas representativos tenemos a gramíneas como el maíz, arroz, y frutales como el mango y plátano.

Cuadro N° 2.50
Especies de flora cultivada asociada a los ríos Canchaque y Huarmaca

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Oryza sativa</i>	Arroz_	Hormopampa	639779	9394674	246
		Serran	634795	9400610	199
<i>Mangifera indica</i>	Mango_	Hormopampa	639817	9394731	244
		Palo blanco	631903	9403858	180
<i>Musa sapientum</i>	Plátano_	Hormopampa	639813	9394721	244
		Serran	634789	9400566	200
<i>Zea mays</i>	Maíz_	Hormopampa	639855	9394765	243
		Puente salitral	628950	9408909	156
		Serran	634846	9400583	197
<i>Vasconcellea papaya</i>	Papaya_	Hormopampa	639856	9394768	243
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol_	Hormopampa	639863	9394768	243
<i>Theobroma cacao</i>	Cacao_	Palo blanco	631887	9403869	180

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.26
Mapa de distribución de especies de flora representativa de los ríos Canchaque y Huarmaca



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

J.2 Fauna asociada a los ríos Canchaque y Huarmaca

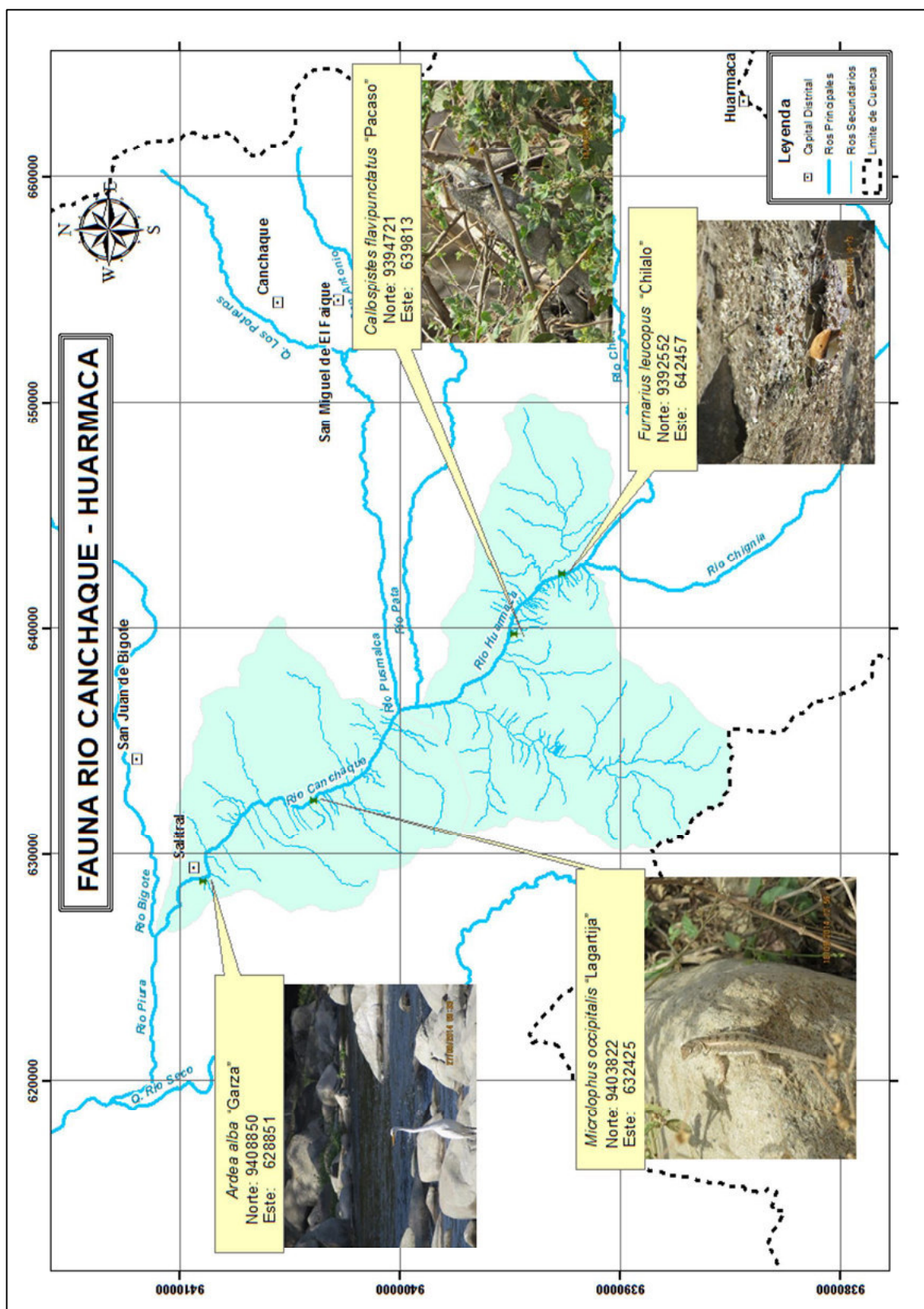
Entre la fauna más representativa tenemos a aves como el `Chilalo_ (*Furnarius leucopus*), reptiles como la `lagartija_ (*Microlophus occipitalis*) y el `pacaso_ (*Callospistes flavipunctatus*) en la zona de los bosques secos, y en las riberas de los ríos encontramos aves migratorias como las `garzas_ (*Ardea alba*). El cuadro N° 2.51 y figura N° 2.27 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna a los ríos Canchaque y Huarmaca.

Cuadro N° 2.51
Especies de fauna asociada a los ríos Canchaque y Huarmaca

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	`Gallinazo de cabeza negra_	Mamayaco	642481	9392571	269
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	`Soña_o `Chisco_	Hormopampa	639860	9394692	246
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	`Chilalo_	Mamayaco	642457	9392552	269
	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	`Picaflor_	Palo blanco	631887	9403869	180
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	`Putilla_	Puente salitral	628541	9408833	182
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	`Luisa_	Puente salitral	628856	9408850	156
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	`Tórtola_	Puente salitral	628855	9408852	156
	Psittacidae	<i>Aratinga wagleri</i>	`Loro de cabeza roja_	Hormopampa	639894	9394708	246
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	`Chiclon_	Hormopampa	639899	9394710	246
	Strigidae	<i>Atene cunicularia</i>	`Lechuza_	Mamayaco	642485	9392588	269
	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	`Garza_	Puente salitral	628851	9408850	156
	Alcedinidae	<i>Chloroceryle amazona</i>	`Martín pescador_	Hormopampa	639897	9394712	246
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	`Ardilla_	Mamayaco	642463	9392599	269
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	`Lagartija_	Palo blanco	632425	9403822	177
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	`Pacaso_	Hormopampa	639813	9394721	244

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.27
Mapa de distribución de especies de fauna representativa de los ríos Canchaque y Huarmaca



J.3 Área de conservación regional `Bosques Secos de Salitral - Huarmaca`

En la zona de Salitral, relacionado al río Huarmaca, se encuentra un área de conservación regional que se estableció según el Decreto Supremo 019-2011-MINAM y tiene una superficie de 28 811,86 ha, ubicada en los distritos de Salitral en la Provincia de Morropón y Huarmaca en la Provincia de Huancabamba.

El área muestra los denominados bosques secos de colina y de montaña, que incluyen como asociación vegetal principal al hualtaco - palo santo - ceibo - pasallo. Se han registrado poblaciones de `pava aliblanca` (Penelope albipennis), principalmente en el bosque El Garabo (Serran - Salitral) y el bosque de Frejolillo (Limón - Huarmaca). La pava aliblanca es una especie endémica del Perú con un área de distribución restringida a los bosques secos del Nor Oeste y en peligro de extinción. También existen oso de anteojos, pumas y venados. De manera general, los remanentes de bosques secos de colina y de montaña albergan especies en peligro crítico. En esta zona se han considerado especies `En peligro crítico` de acuerdo a la legislación peruana: `Hualtaco` (Loxopterygium huasango), `palo santo` (Bursera graveolens), `Sapote` (Colicodendron scabridum), `aique` (Acacia macracantha), `algarrobo` (Prosopis pallida).

Figura 6.10.3.-1.

 Zona de Conservación regional `Bosques Secos de Salitral - Huarmaca`



K. Río Piura

K.1 Flora asociada al río Piura

a) Flora nativa

El río Piura abarca principalmente zonas de alta actividad agrícola y lo bordean sabanas de árboles leñosos, entre las especies de flora más representativas tenemos al `algarrobo_ (*Prosopis pallida*), `faique_ (*Acacia macracantha*) `sapote_ (*Capparis scabrida*) y `overo_ (*Cordia lutea*) árboles que se desarrollan en las sabanas costeras, además de especies que se desarrollan en la ribera del río como el `carricillo_ (*Phragmites australis*) y `Bejuco_ (*Ipomoea crassifolia*), entre otros.

Cuadro N° 2.52
Especies de flora nativa asociada al río Piura

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
BORAGINACEAE	<i>Cordia lutea</i>	`Overo_	La Talanquera	603160	9428184	105
			Campanas	595180	9434378	96
			Puente Ñacara	591772	9434761	84
			Carretera chulucanas-Piura	561092	9431312	197
FABACEAE	<i>Prosopis pallida</i>	`Algarrobo_	Río seco	619370	9410957	139
			La Talanquera	603101	9428190	103
			Campanas	595220	9434367	96
			Puente Ñacara	591766	9434733	81
			San cristo	528520	9391555	7
			Puente Independencia	532993	9413546	21
			Carretera chulucanas-Piura	561072	9431318	196
	<i>Acacia macracantha</i>	`Faique_	Río seco	619360	9410948	138
			La Talanquera	603106	9428188	103
			Campanas	595183	9434380	96
			Puente Ñacara	591768	9434735	81
			La Toma	610831	9423027	109
			San cristo	528552	9391505	10
			Puente Independencia	532971	9413590	22
POACEAE	<i>Guadua angustifolia</i>	`Bambú_ o `Caña de Guayaquil_	Campanas	595222	9434369	96
			Puente Ñacara	591770	9434760	84
			La Toma	610833	9423029	109
	<i>Phragmites australis</i>	`Carricillo_	Puente Ñacara	591770	9434763	84
			Puente Independencia	532990	9413601	22
CAPPARACEAE	<i>Capparis scabrida</i>	`Sapote_	Puente Ñacara	591754	9434798	87
			Carretera chulucanas-Piura	561071	9431316	196
CACTACEAE	<i>Armatocereus oligogonus</i>	`Cardo_	Río seco	619384	9410935	140
	<i>Browningia microperma</i>		La Talanquera	603079	9428197	103
NYCTAGINACEAE	<i>Bougainvillea pachyphylla</i>	`Papelillo_	Puente Ñacara	591789	9434920	127
ARECACEAE	<i>Cocos nucifera</i>	`Coco_	Puente Ñacara	591775	9434759	84

			Malingas grande	580300	9449966	73
			San cristo	528550	9391506	10
ELAEOCARPACEAE	<i>Muntingia calabura</i>	`Cerezo_	Puente Ñacara	591776	9434766	84
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea crassifolia</i>	`Bejuco_	Puente Independencia	532989	9413606	22
	<i>Ipomoea carnea</i>	`Borrachera_	Río seco	619338	9410930	137
ASTERACEAE	<i>Tessaria integrifolia</i>	`Pájaro bobo_	Puente Ñacara	591751	9434799	87
			La Toma	610782	9423031	113
			Puente Independencia	532991	9413605	22
CUCURBITACEAE	<i>Luffa operculata</i>	`Jabonillo_	La Talanquera	603103	9428189	103
SALICACEAE	<i>Salix chilensis</i>	`Sauce_	Puente Ñacara	591760	9434766	84
VERBENACEAE	<i>Lantana camara</i>	`Maestranza_	La Toma	610839	9423018	109
APOCYNACEAE	<i>Vallesia glabra</i>	`Cun cun_	La Toma	610837	9423016	109
ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i>	`Guanábana_	Malingas grande	580301	9449959	73
TYPHACEAE	<i>Typha domingensis</i>	`Totoro_	San cristo	528618	9391531	7
CLUSSIACEAE	<i>Mammea americana</i>	`Mamey_	Malingas grande	580300	9449962	73

Fuente: Elaboración propia

b) Flora exótica

Entre la flora exótica asociada al río Piura se encuentra en la ribera del río la `higuerilla_ (*Ricinus comunis*) y el `Cardosanto_ (*Argemone mexicana*), además en los centros poblados se tienen árboles de `nim_ (*Azadiratcha indica*) y el `tamarindo_ (*Tamarindus indica*).

Cuadro N° 2.53
Especies de flora exótica asociada al río Piura

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
				Este	Norte	
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus comunis</i>	`Higuerilla_	San cristo	528618	9391531	7
PAPAVERACEAS	<i>Argemone mexicana</i>	`Cardosanto_	Puente Independencia	532991	9413605	22
MELIACEAE	<i>Azadiratcha indica</i>	`Nim_	Puente Ñacara	591788	9434818	89
FABACEAE	<i>Tamarindus indica</i>	`Tamarindo_	Malingas grande	580344	9449934	73

Fuente: Elaboración propia

c) Flora cultivada

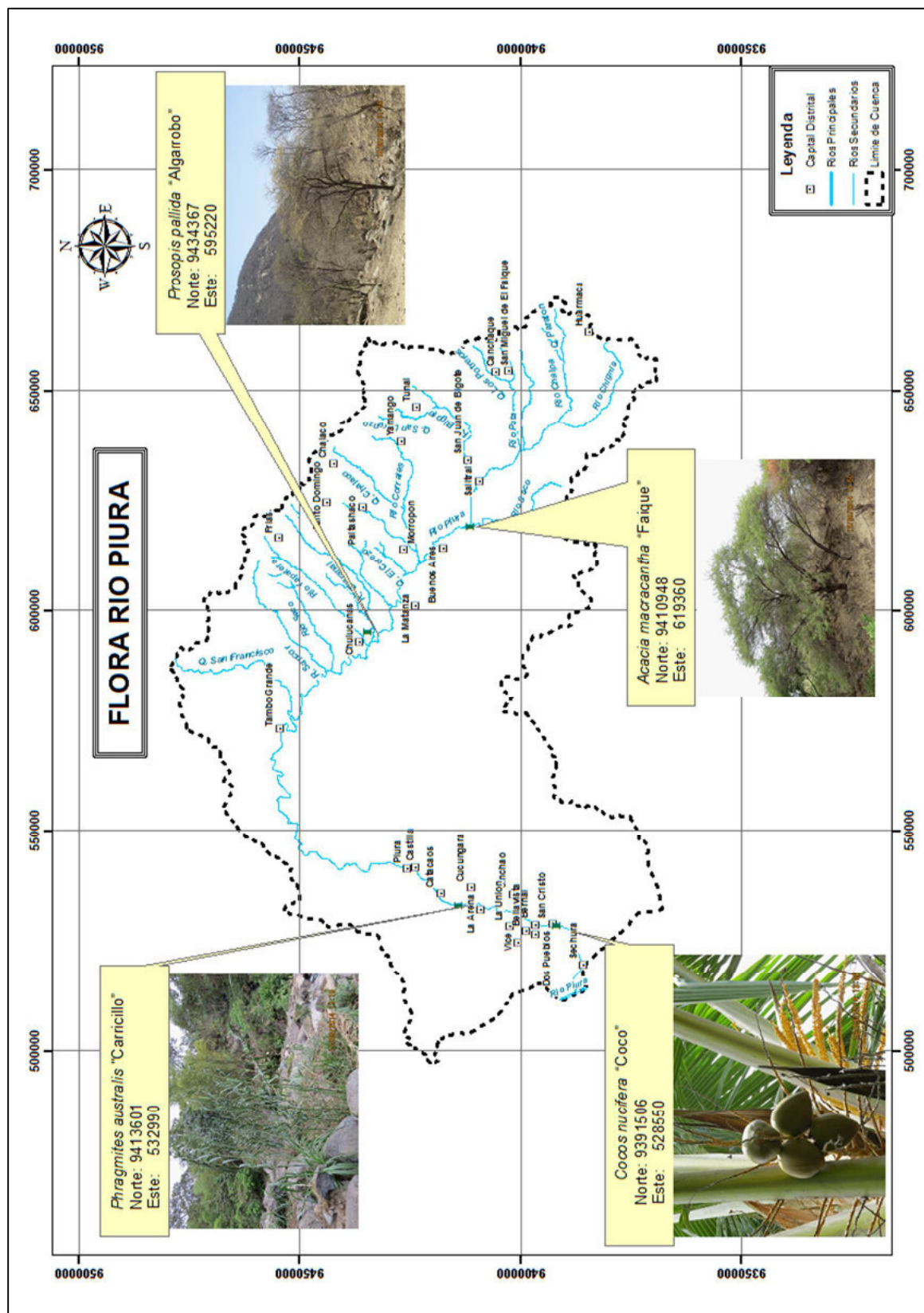
Como se mencionó líneas arriba, el río Piura alimenta zonas de productividad agrícola, y los cultivos más representativos son mencionados en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2.54
Especies de flora cultivada asociada al río Piura

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
			Este	Norte	
<i>Oryza sativa</i>	Arroz_	San cristo	528560	9391619	8
		Malingas grande	580350	9449880	71
<i>Mangifera indica</i>	Mango_	Río seco	618793	9411201	136
		La Talanquera	603141	9428114	103
		Campanas	595197	9434368	96
<i>Musa sapientum</i>	Plátano_	Río seco	618808	9411244	134
		Malingas grande	580351	9449880	71
<i>Zea mays</i>	Maíz_	Puente Ñacara	591820	9434790	87
		Malingas grande	580349	9449879	71
<i>Theobroma cacao</i>	Cacao_	Malingas grande	580302	9449960	73
<i>Passiflora edulis</i>	Maracuyá_	Malingas grande	580353	9449883	71
<i>Citrus limon</i>	Limón dulce_	Malingas grande	580305	9449958	73
<i>Citrus aurantium</i>	Naranja dulce_	Malingas grande	580306	9449965	73
<i>Gossypium herbaceum</i>	Algodón_	San cristo	528521	9391550	7

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2.28
Mapa de distribución de especies de flora representativa del río Piura



K.2 Fauna asociada al río Piura

La fauna más representativa asociada al río Piura en la zona agrícola presenta aves como la `luisa_ (*Thraupis episcopus*), la `tortola_ (*Columbina cruziana*) y la `putilla_ (*Pyrocephalus rubinus*), en la zona de los algarrobales encontramos a la `ardilla_ (*Sciurus stramineus*), `zorro costeño_ (*Pseudolopex sechurae*) y el `añaz_ (*Conephatus semistriatus*). En la ribera del río encontramos aves migratorias como la `garza real_ (*Ardea cinerea*), la `garza_ (*Ardea alba*), el `pato silvestre_ (*Oxyura vittata*) y el `cormorán neotropical_ (*Phalacrocorax brasilianus*). El cuadro N° 2.55 y figura N° 2.29 muestran los resultados del proceso de identificación de la fauna del río Piura en la parte media y baja.

Cuadro N° 2.55
Especies de fauna asociada al río Piura

CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REFERENCIA	COORDENADAS UTM		ALTITUD m.s.n.m.
					Este	Norte	
AVES	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	`Gallinazo de cabeza negra_	Río seco	618793	9411201	136
	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i>	`Soña_ o `Chisco_	Río seco	619384	9410935	140
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	`Chilalo_	La Talanquera	603079	9428197	103
	Trochilidae	<i>Amazilia amazilia</i>	`Picaflor_	La Talanquera	603103	9428189	103
	Tyranidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	`Putilla_	Campanas	595180	9434378	96
	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	`Luisa_	Malingas grande	580301	9449959	73
	Columbidae	<i>Columbina cruziana</i>	`Tortola_	Río seco	618808	9411244	134
	Psittacidae	<i>Aratinga wagleri</i>	`Loro de cabeza roja_	Malingas grande	580300	9449966	73
	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	`Chiclon_	San cristo	528563	9391617	8
	Strigidae	<i>Atene cunicularia</i>	`Lechuza_	Malingas grande	580350	9449881	71
	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	`Garza_	Puente Independencia	532975	9413593	22
		<i>Ardea cinerea</i>	`Garza real_	Puente Independencia	532971	9413590	22
		<i>Nycticorax nycticorax</i>	`Garza bruja_	Puente Independencia	532993	9413546	21
	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	`Cormorán neotropical_	Puente Independencia	532995	9413548	21
	Anatidae	<i>Oxyura vittata</i>	`Pato silvestre_	San cristo	528562	9391621	8
MAMÍFEROS	Sciuridae	<i>Sciurus stramineus</i>	`Ardilla_	La Talanquera	603106	9428188	103
	Mephitidae	<i>Conephatus semistriatus</i>	`Añaz_ o `Zorrino_	Carretera chulucanas-Piura	561071	9431316	196
	Canidae	<i>Pseudolopex sechurae</i>	`Zorro costeño_	Carretera chulucanas-Piura	561072	9431318	196
REPTÍLES	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis</i>	`Lagartija_	La Toma	610839	9423018	109
	Teiidae	<i>Callospistes flavipunctatus</i>	`Pacaso_	La Toma	610782	9423031	113

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la fauna acuática presente en el río Piura, específicamente peces, se observó actividad de pesca artesanal en el centro poblado de San Cristo en Sechura, donde a la altura del Puente 24, los pobladores locales pescan las comunmente llamadas `tilapia_ (Oreochromis sp.) y `lisa_ (Mugil cephalus) en su mayoría para consumo personal.

Foto N° 2.20

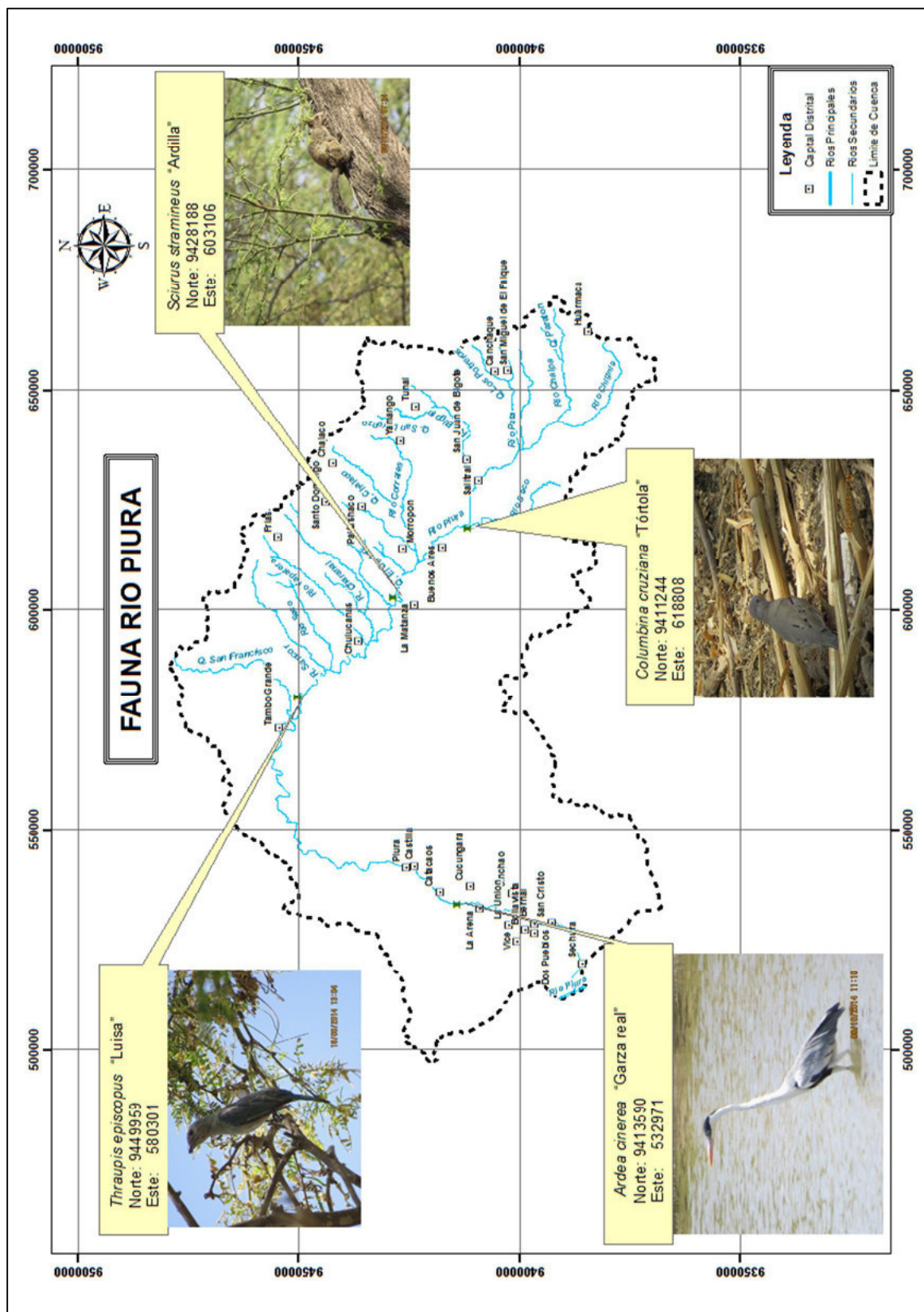
 Pesca de `tilapia_ y `lisa_ en el Puente 24 de San Cristo - Sechura



En un estudio realizado por H. Ortega et al. (2012) `Lista Anotada de los peces de aguas continentales del Perú_ - MINAM, se evidenció la presencia de especies de peces en ríos de la región Piura, dentro de los cuales tenemos a las ya mencionadas `tilapia_ (Oreochromis sp.) y `lisa_ (Mugil cephalus) además de la `mojarra_ (Aequidens rivulatus), `cascafe o chapalo_ (Brycon sp.), `blanquito o cachuela_ (Bryconamericus peruanus), `charcoca_ (Lebiasina bimaculata), `tilapia nilótica_ (Oreochromis niloticus), `triponcito o guppi_ (Poecilia reticulata), `piduche_ (Pimelodella yuncensis), `bagre o life_ (Trichomycterus punctulatum) y la especie Landonia latidens en la laguna Ñapique en Sechura.

Se debe considerar la situación crítica de la contaminación del río Piura, debido a que esta agua es usada para el consumo humano de algunas poblaciones; además también es usada para actividades agrícolas, básicamente riego de cultivos de tallo corto como hortalizas y frutales rastreros y finalmente muchas de las especies de peces del río son recolectados por los pobladores para su consumo.

Figura N° 2.29
Mapa de distribución de especies de fauna representativa del río Piura



III. RECURSOS NATURALES

3.1. CLIMATOLOGÍA

La cuenca del río Piura es una de las cuencas más cálidas de la costa peruana, a lo largo de todo el año se presenta una sensación térmica templada y la humedad no es muy elevada, encontrándose en el orden de 70.7%, la mayor parte de su superficie es seca y no presenta precipitaciones importantes, lo contrario sucede en la parte alta de la cuenca (divisoria), donde se encuentran los lugares más fríos y donde la precipitación es mucho mayor, en esta zona la variabilidad de la humedad relativa es mayor, esto debido a la marcada diferencia entre la época húmeda y la seca.

En la cuenca del río Piura, se han llegado a identificar los siguientes tipos climáticos: Clima Cálido en Chulucanas, Morropón, Miraflores y Tejedores; las temperaturas medias fluctúan entre 28 y 32°C con precipitaciones entre 163 y 410 mm/año, Clima Templado Cálido en Chusis que es la zona más cercana al mar, la temperatura se estima una fluctuación de 20.7 a 26.9°C. La precipitación anual es baja teniendo un promedio anual multianual de 63 mm. Clima Templado Frio que comprende la zona de Huarmaca; en este ámbito la temperatura media fluctúa entre 17 y 18.6°C, y la precipitación anual se encuentra por encima de los 1,000 mm/año, siendo esta la zona más húmeda de la Cuenca Piura.

Cabe mencionar que en la zona denominada como la meseta andina, sector en la margen derecha del río Piura, es donde ocurren la mayor parte de las precipitaciones en la temporada húmeda, elevando notoriamente el caudal del río Piura.

En la cuenca del río Piura se distribuye una red de estaciones climatológicas, donde la información que éstas contienen no es suficiente debido a que muchas dejaron de funcionar por diversos motivos, por tal razón presenta una baja densidad de estaciones climáticas con cortos e incompletos periodos de registro. Sin embargo es posible obtener información de fuentes alternativas, registros históricos para diferentes variables climáticas en lugares donde no existen o carecen de información. Actualmente instituciones científicas en todo el mundo generan y distribuyen información climática georeferenciada como es el caso del modelo climático de la CRU (Climatic Research Unit).

Los parámetros climatológicos como son la temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento y evapotranspiración; son los de mayor importancia para los objetivos del presente estudio, la información proporcionada por el Climatic Research Unit (CRU), para completar o corregir algunas estaciones que tienen deficiencias en la medición de los parámetros climatológicos o en el caso de que no se cuente con información en algunas zonas de la cuenca Piura.

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

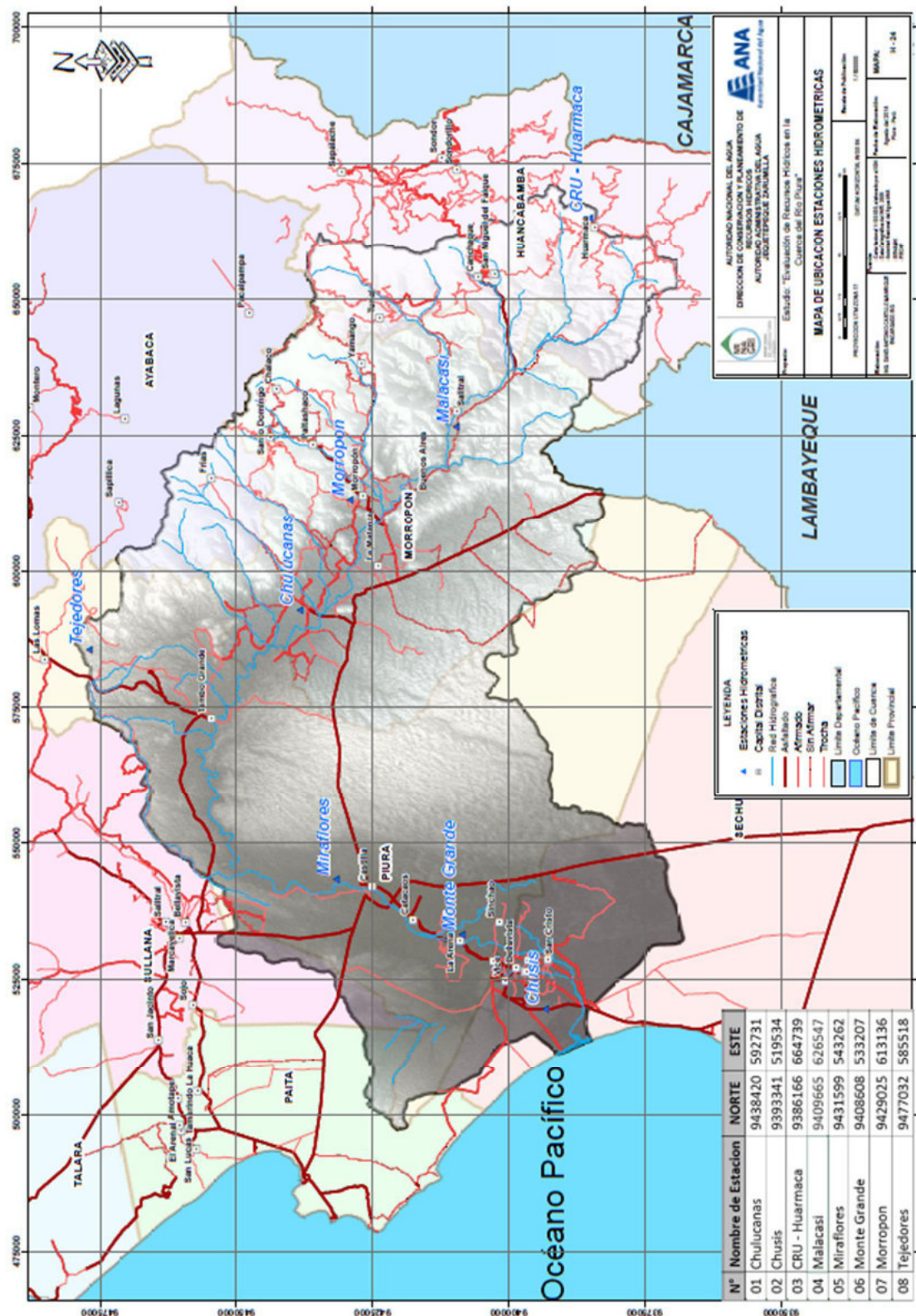
Cuadro N° 3.1
Ubicación de Estaciones Meteorológicas

Estación	Parámetros	Periodo
CHULUCANAS <i>Lat. 05°06'30,4" - Long. 80°10'10,4"</i> <i>Alt. 93.0 ms.n.m.</i>	Precipitación total mensual	1972 - 1989, 1997 - 2008
	Temperatura media mensual	1972 - 2010
	Temperatura máxima media mensual	1972 - 2010
	Temperatura mínima media mensual	1972 - 2010
	Humedad Relativa	1972 - 1976, 1997 - 2000
	Evaporación	1972 - 1990
CHUSIS <i>Lat. 05°31'39.3" - Long. 80°48'45.8"</i> <i>Alt. 13.0 ms.n.m.</i>	Precipitación total mensual	1965 - 1982, 1988 - 2008
	Temperatura media mensual	1964 - 2010
	Temperatura máxima media mensual	1964 - 2010
	Temperatura mínima media mensual	1964 - 2010
	Humedad Relativa	1966 - 1967, 1995 - 1999
	Evaporación	1964 - 2006
HUARMACA <i>Lat. 05°33'5.41" - Long. 79°30'45.9"</i> <i>Alt. 2359.0 ms.n.m.</i>	Precipitación total mensual	1964 - 2008
	Temperatura media mensual	1973 - 2010
	Temperatura máxima media mensual	1973 - 2010
	Temperatura mínima media mensual	1973 - 2010
	Humedad Relativa	1973 - 1976, 1994 - 1999
MALACASI <i>Lat. 05°20'23" - Long. 79°51'28"</i> <i>Alt. 147.0 ms.n.m.</i>	Temperatura media mensual	2002 - 2010
	Temperatura máxima media mensual	2002 - 2010
	Temperatura mínima media mensual	2002 - 2010
MIRAFLORES <i>Lat. 05°10'30.9" - Long. 80°36'59.8"</i> <i>Alt. 36.0 ms.n.m.</i>	Precipitación total mensual	1972 - 1992, 1995 - 2008
	Temperatura media mensual	1971 - 2010
	Temperatura máxima media mensual	1971 - 2010
	Temperatura mínima media mensual	1971 - 2010
	Humedad Relativa	1971 - 1976, 1995 - 2000
	Evaporación	1971 - 1988
MONTEGRANDE <i>Lat. 5°21'1.01" - Long. 80°42'1.01"</i> <i>Alt. 65.0 ms.n.m.</i>	Temperatura media mensual	1972 - 1992
	Temperatura máxima media mensual	1972 - 1992
	Temperatura mínima media mensual	1972 - 1992
	Humedad Relativa	1972 - 1976
	Evaporación	1973 - 1992
MORROPON <i>Lat. 05°11'41" - Long. 79°58'16"</i> <i>Alt. 141.0 ms.n.m.</i>	Precipitación total mensual	1964 - 2008
	Temperatura media mensual	1964 - 2010
	Temperatura máxima media mensual	1964 - 2010
	Temperatura mínima media mensual	1964 - 2010
	Humedad Relativa	1972 - 1976, 1994 - 1999
	Evaporación	1964 - 2010
SAN MIGUEL <i>Lat. 04°55'16,1" - Long. 81°03'35"</i> <i>Alt. 11.0 ms.n.m.</i>	Precipitación total mensual	
	Temperatura media mensual	1973 - 2010
	Temperatura máxima media mensual	1973 - 2010
	Temperatura mínima media mensual	1973 - 2010
	Humedad Relativa	1973 - 1976, 1994 - 1999
	Evaporación	1974 - 2003
TEJEDORES <i>Lat. 04°45'27.46" - Long. 80°14'31"</i> <i>Alt. 206.0 ms.n.m.</i>	Precipitación total mensual	1965 - 1982
	Temperatura media mensual	1959 - 1980
	Temperatura máxima media mensual	1959 - 1980
	Temperatura mínima media mensual	1959 - 1980
	Humedad Relativa	1959 - 1976
	Evaporación	1967 - 1980

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.1
Mapa de Ubicación de Estaciones Meteorológicas



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.1.1. Temperatura

A. Régimen de Temperatura Media

La cuenca media y baja del río Piura presenta una temperatura media poco variable, la temperatura media anual que se presenta en la estación Chusis es 23.4 °C y el mayor valor se observa en Malacasi con una temperatura media anual de 25.3 °C, en el alto Piura las temperaturas descienden, tal y como se observa en la estación Huarmaca la cual ha sido corregida con datos de CRU.

En el Cuadro N° 3.2 se presenta los datos de Temperatura media mensual considerando la estación Huarmaca la cual fue corregida con la información del CRU y en el grafico N° 3.1 la variación de la temperatura media mensual a nivel de toda la cuenca.

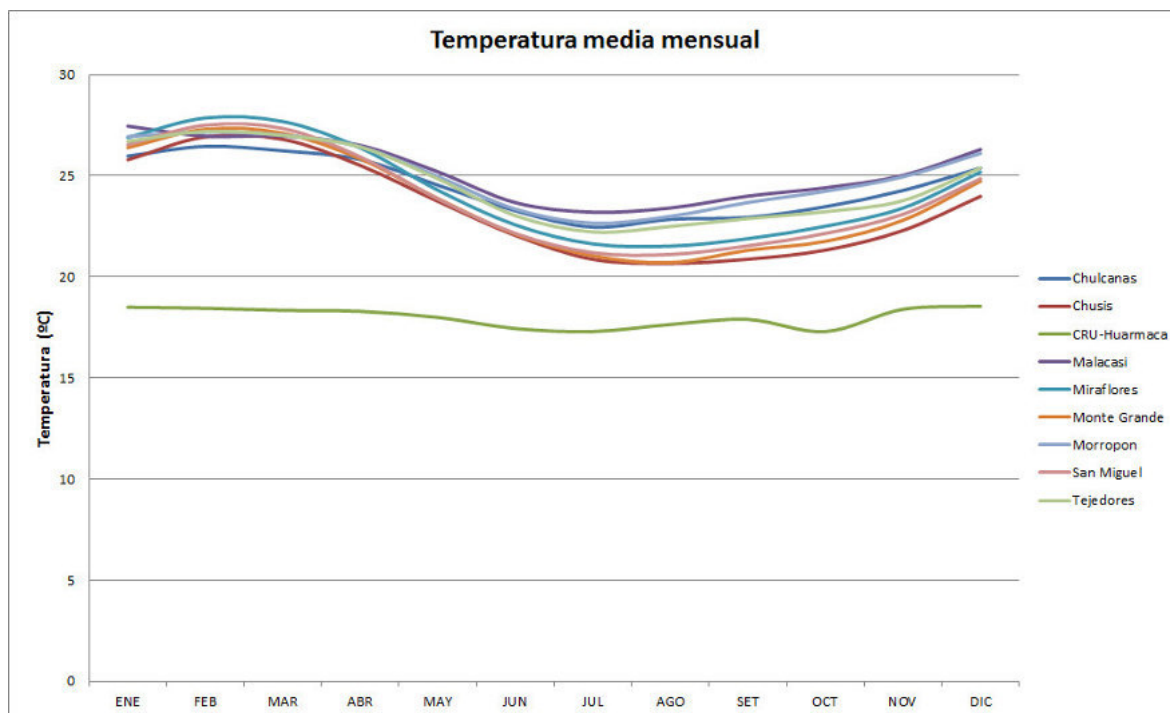
Cuadro N° 3.2
Temperatura media (°C)

Estacion	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
Chulucanas	26.0	26.5	26.2	25.8	24.5	23.3	22.5	22.9	22.9	23.5	24.3	25.4	24.5
Chusis	25.8	26.9	26.8	25.5	23.7	22.1	20.9	20.7	20.9	21.3	22.3	24.0	23.4
CRU-Huarmaca	18.5	18.5	18.4	18.3	18.0	17.5	17.3	17.7	17.9	17.3	18.4	18.6	18.0
Malacasi	27.5	27.0	27.0	26.5	25.2	23.7	23.2	23.4	24.0	24.4	25.0	26.3	25.3
Miraflores	26.9	27.9	27.7	26.4	24.3	22.6	21.6	21.5	21.9	22.5	23.4	25.2	24.3
Monte Grande	26.4	27.3	27.1	25.8	23.9	22.1	21.0	20.7	21.3	21.8	22.8	24.7	23.8
Morropón	26.9	27.2	27.0	26.4	25.0	23.4	22.7	23.0	23.7	24.2	25.0	26.1	25.0
San Miguel	26.5	27.5	27.3	25.9	23.9	22.2	21.2	21.1	21.5	22.2	23.1	24.9	23.9
Tejedores	26.7	27.2	27.0	26.4	24.9	23.0	22.2	22.5	22.9	23.2	23.8	25.4	24.6

Fuente: Elaboración propia

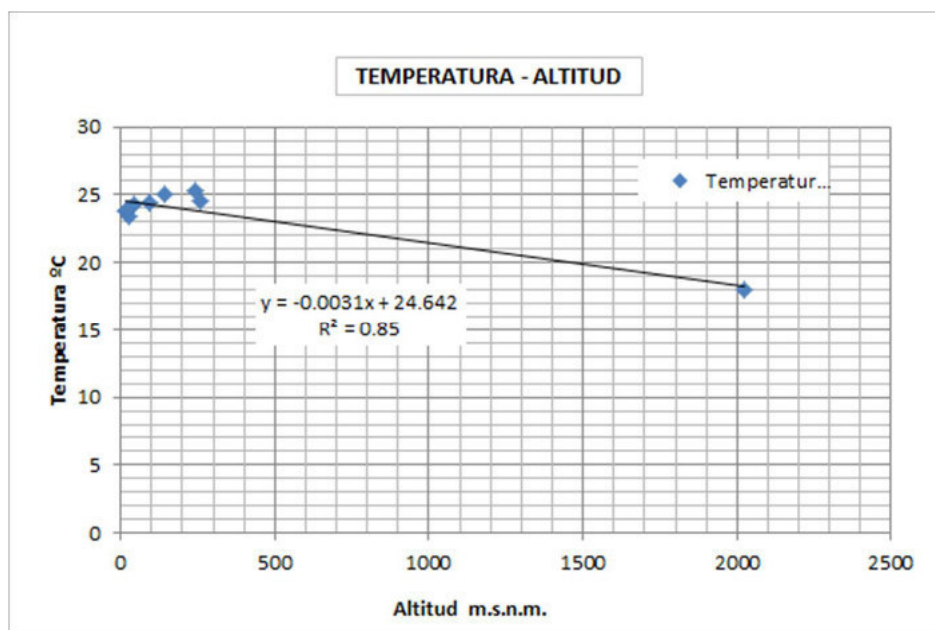
En función de los datos de temperatura media, mostrados en el cuadro N° 3.2, se elaboró el mapa de isolíneas de temperatura media anual presentada en la figura N° 3.2

Gráfico N° 3.1



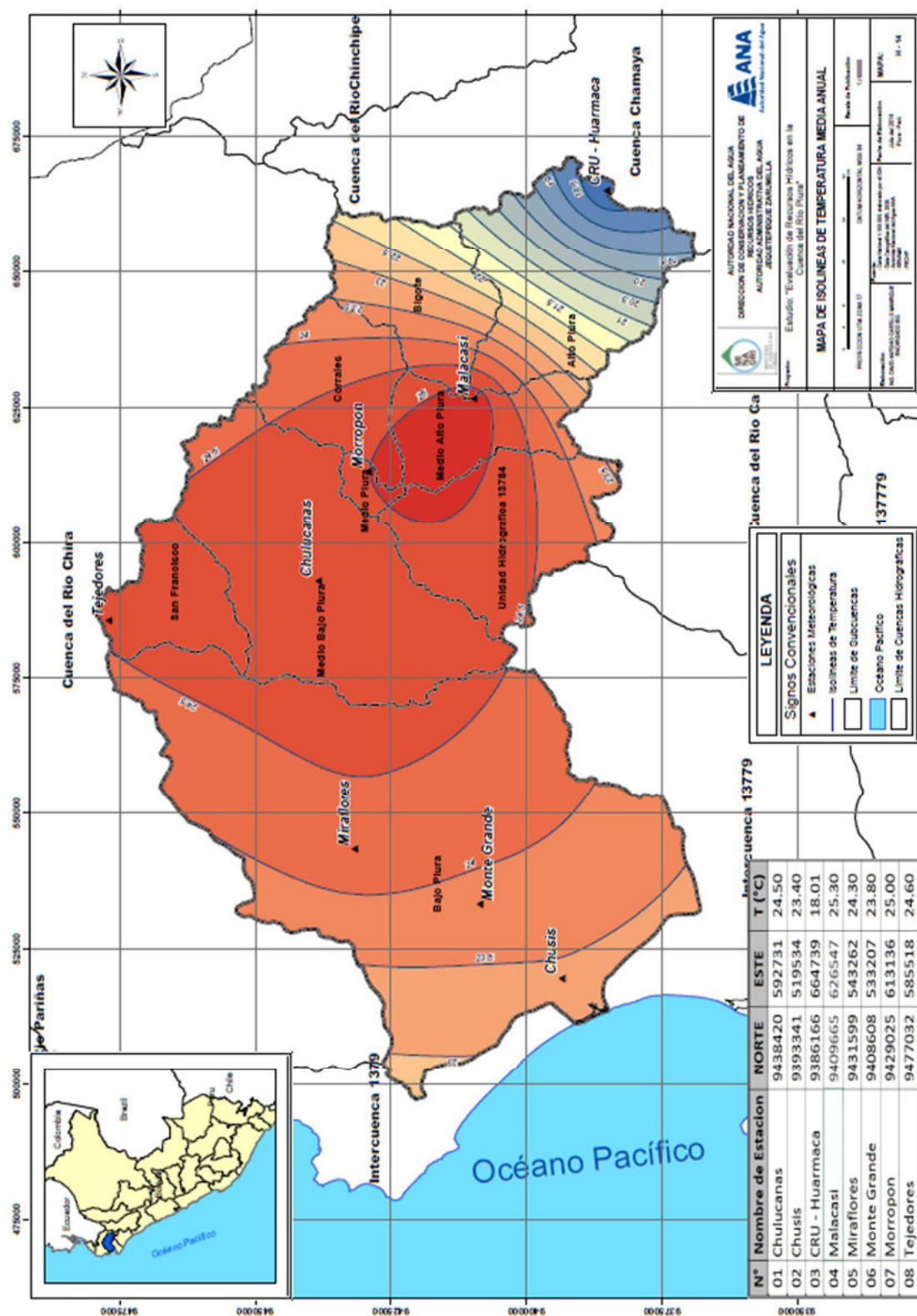
En el Gráfico N° 3.2 se presenta la variación de la temperatura en función de la altitud cuyo resultado nos muestra un gradiente de $-0.0031\text{ }^{\circ}\text{C/m}$, obteniendo así un promedio anual para toda la cuenca de $23.6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Gráfico N° 3.2




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

Figura N° 3.2
Mapa de Isolíneas de Temperatura Media Anual.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

B. Régimen de Temperatura Máxima

En la cuenca del río Piura las temperaturas máximas en casi todas las estaciones consideradas, son altas, teniendo una variación no menor a los 25.0 °C ni superior a 34.0 °C, el periodo más cálido se presenta entre los meses de noviembre a abril, los demás meses disminuye ligeramente, la temperatura máxima observada es de 34.0 °C en los meses de febrero y marzo en la estación Miraflores. La estación Huarmaca que ha sido corregida con data del CRU, presenta una temperatura máxima de 22.6°C en diciembre y enero, que representa a la zona alta de Piura.

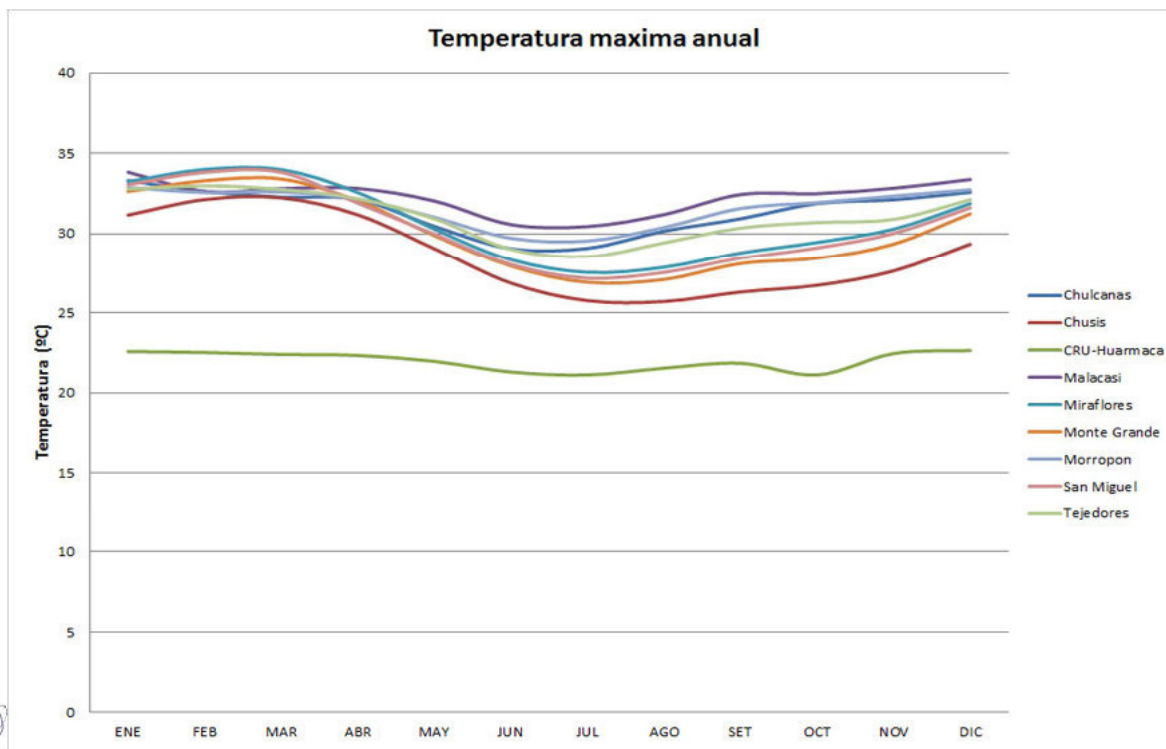
El Cuadro N° 3.3 y grafico N° 3.3 se muestra la variación de la temperatura máxima mensual en la cuenca, mientras que en la Figura 3.3 se muestra el mapa de Isolíneas de Temperatura máxima Anual.

Cuadro N° 3.3
Temperatura máxima (°C)

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
Chulucanas	33.3	32.6	32.3	32.1	30.4	29.0	29.1	30.1	30.9	31.9	32.1	32.6	31.4
Chusis	31.2	32.1	32.2	31.2	29.0	26.9	25.8	25.7	26.3	26.7	27.6	29.3	28.7
CRU-Huarmaca	22.6	22.5	22.4	22.3	22.0	21.3	21.1	21.5	21.8	21.1	22.4	22.6	22.0
Malacasi	33.8	32.6	32.8	32.8	32.0	30.6	30.4	31.2	32.4	32.5	32.8	33.4	32.3
Miraflores	33.2	34.0	34.0	32.6	30.3	28.3	27.5	27.9	28.8	29.4	30.3	31.9	30.7
Monte Grande	32.6	33.3	33.4	32.0	29.9	27.9	26.9	27.1	28.1	28.4	29.3	31.2	30.0
Morropón	32.9	32.6	32.6	32.2	31.0	29.7	29.5	30.4	31.6	31.9	32.3	32.7	31.6
San Miguel	33.1	33.8	33.8	31.9	30.0	28.0	27.2	27.5	28.4	29.1	30.0	31.6	30.4
Tejedores	32.8	33.0	32.8	32.2	30.9	29.0	28.5	29.4	30.3	30.7	30.9	32.1	31.1

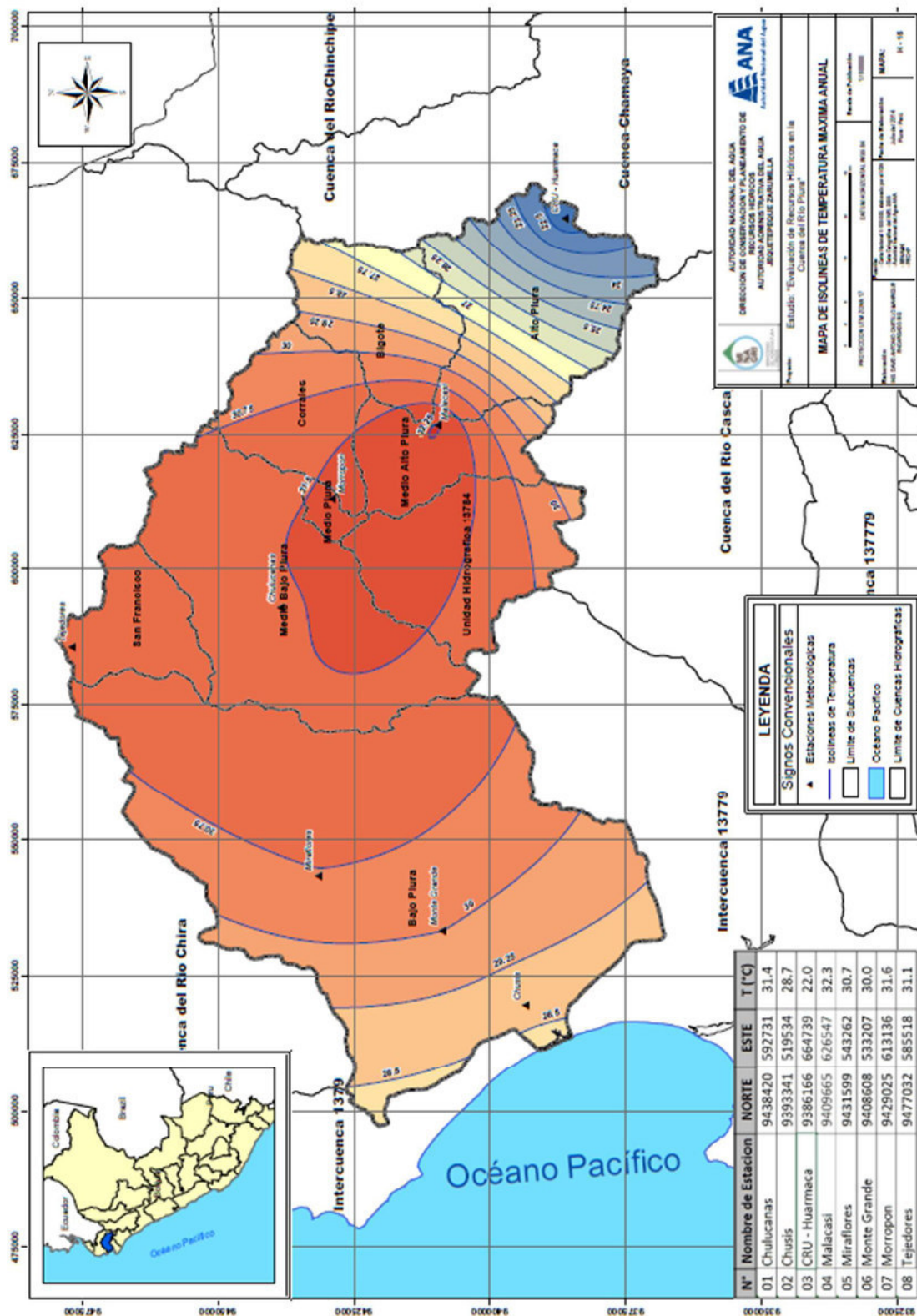
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.3



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Figura N° 3.3
Mapa de Temperatura Máxima Anual



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

C. Régimen de Temperatura Mínima

La temperatura mínima a lo largo de la cuenca del río Piura, presenta una variación estacional, observándose rangos mayores en los meses de verano (enero - marzo) y disminuyendo en los meses de invierno (junio - agosto), la temperatura mínima registrada en la parte baja de la cuenca es de 15.7°C en agosto en la estación Tejedores y la mínima registrada para la parte alta es de 14°C en julio en la estación CRU-Huarmaca, el promedio anual de temperatura mínima para toda la cuenca es de 18.3 °C.

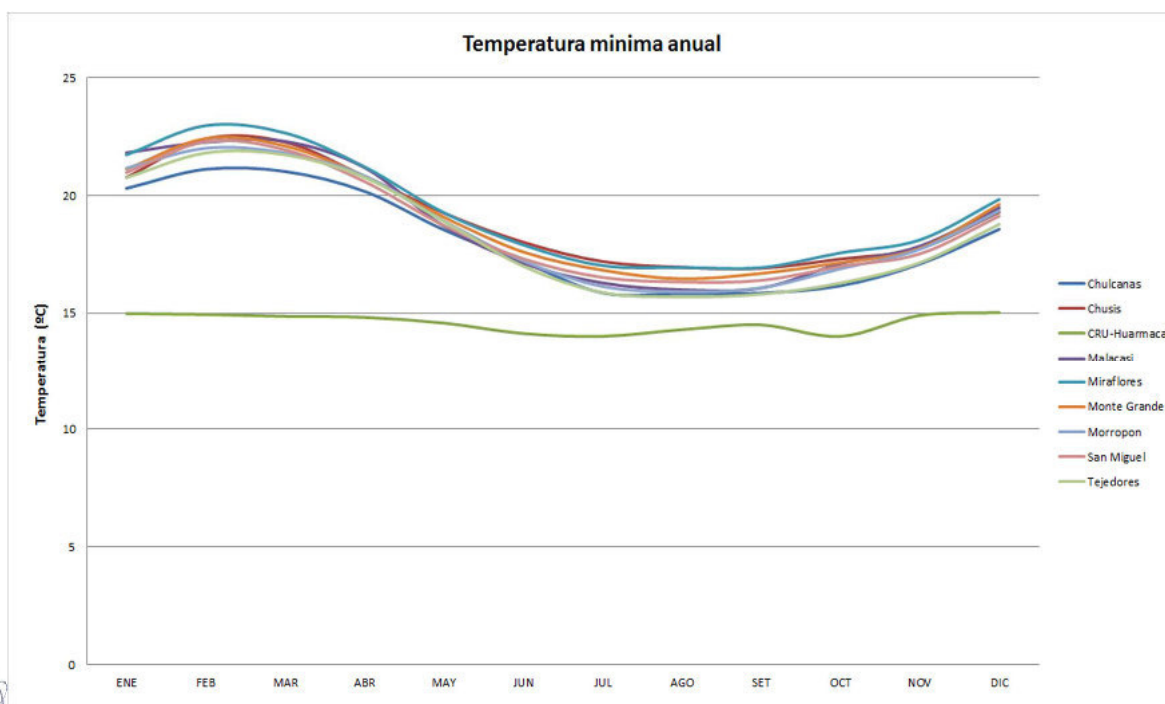
El Cuadro N° 3.4 y gráfico N° 3.4 se muestra la variación de la temperatura mínima mensual en las subcuencas, mientras que en la Figura 3.4 se muestra el mapa de Isolíneas de Temperatura mínima Anual.

Cuadro N° 3.4
Temperatura mínima (°C)

Estacion	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
Chulucanas	20.3	21.1	21.0	20.2	18.5	17.2	15.9	15.8	15.9	16.2	17.1	18.6	18.1
Chusis	20.8	22.4	22.3	20.8	19.3	18.0	17.2	16.9	16.9	17.3	17.8	19.3	19.1
CRU-Huarmaca	15.0	14.9	14.9	14.8	14.6	14.1	14.0	14.3	14.5	14.0	14.9	15.0	14.6
Malacasi	21.8	22.3	22.3	21.2	18.7	17.1	16.3	16.0	16.1	17.1	17.8	19.5	18.8
Miraflores	21.7	23.0	22.7	21.2	19.3	17.9	17.0	16.9	16.9	17.6	18.1	19.8	19.3
Monte Grande	21.1	22.4	22.1	20.8	19.1	17.6	16.8	16.5	16.7	17.1	17.8	19.6	19.0
Morropón	21.2	22.0	21.8	20.8	18.9	17.2	16.1	15.9	16.1	16.9	17.7	19.3	18.7
San Miguel	21.0	22.3	21.9	20.6	18.7	17.3	16.5	16.3	16.4	17.0	17.5	19.1	18.7
Tejedores	20.8	21.8	21.7	20.8	18.9	17.0	15.9	15.7	15.8	16.3	17.1	18.8	18.4

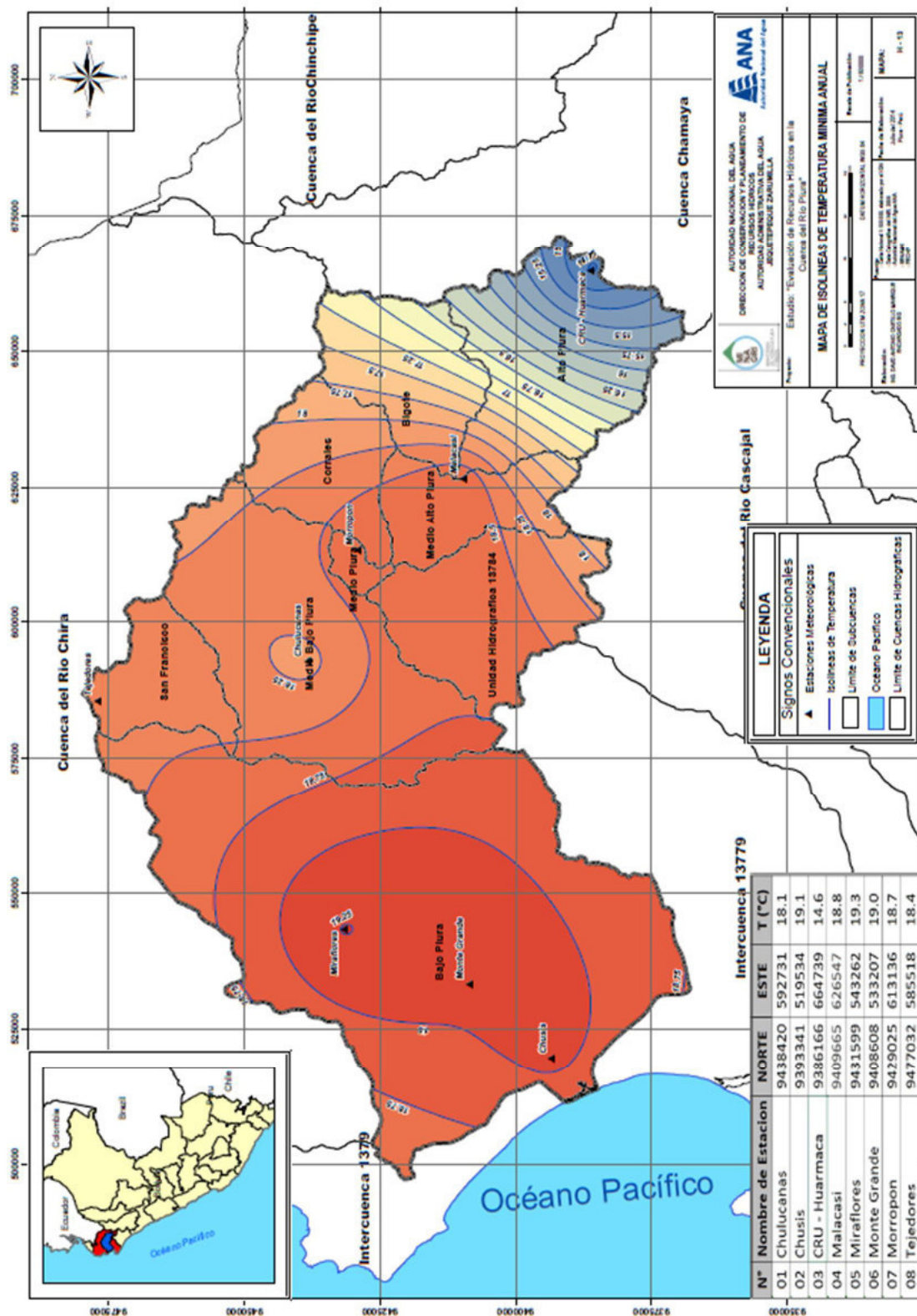
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.4



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Figura N° 3.4
Mapa de Temperatura Mínima Anual



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.1.2. Humedad Relativa

Este parámetro ha sido registrado a lo largo de la cuenca del río Piura, en 9 estaciones meteorológicas ubicadas en los principales pueblos de esta región, la estación Chusis es la más húmeda con 89.6% en el mes de agosto, y es la que presenta un régimen más homogéneo durante todo el año, menor humedad se presenta en enero con 61.8% en la estación Tejedores, el resto de estaciones presentan un similar comportamiento y ocupan la mayor superficie de la cuenca, sus valores se encuentran entre el 60% y 80% de humedad, la Humedad Relativa promedio en toda la cuenca es de 70.7%

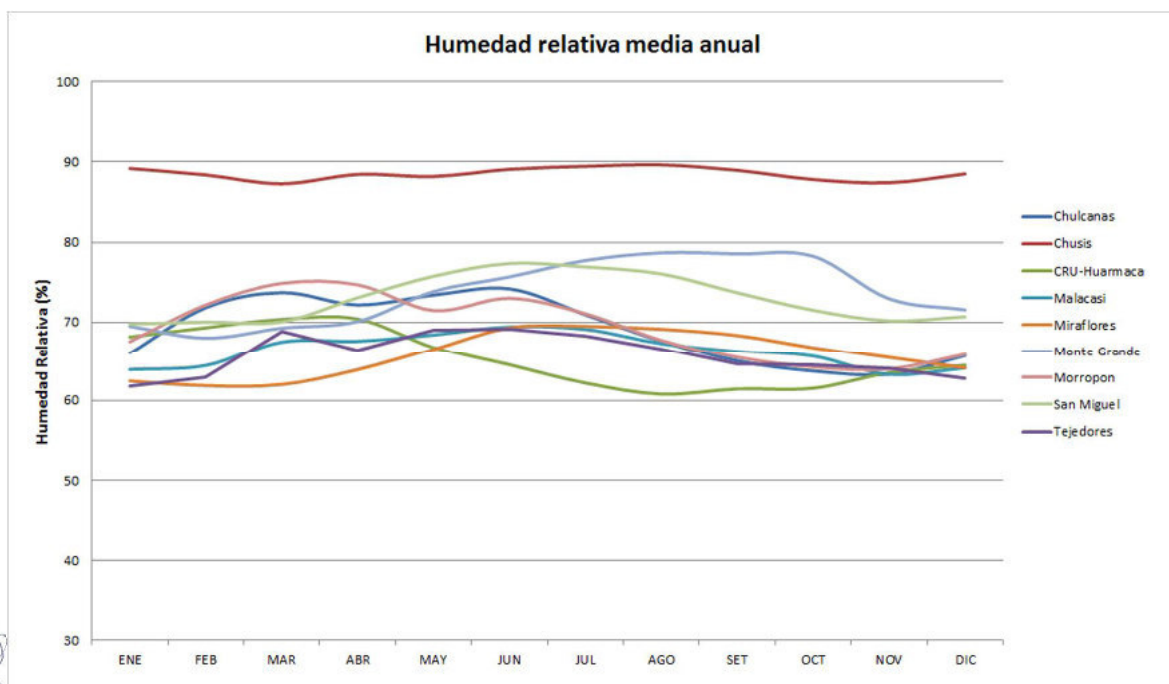
El Cuadro N° 3.5 y Gráfico N° 3.5 se muestra la variación de la humedad relativa media mensual en la cuenca, mientras que en la Figura 3.5 se muestra el mapa de Isolíneas de Humedad Relativa Anual.

Cuadro N° 3.5
Humedad Relativa (%)

Estacion	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
Chulcanas	66.1	71.8	73.7	72.2	73.4	74.2	70.9	67.6	65.0	63.7	63.3	65.7	69.0
Chusis	89.2	88.4	87.3	88.4	88.2	89.1	89.5	89.6	89.0	87.8	87.4	88.5	88.5
CRU-Huarmaca	68.2	69.3	70.4	70.4	66.8	64.5	62.2	60.8	61.5	61.6	63.5	64.5	65.3
Malacasi	63.9	64.4	67.5	67.6	68.4	69.4	69.1	67.3	66.3	65.6	63.3	64.1	66.4
Miraflores	62.5	61.9	62.0	63.9	66.6	69.3	69.5	69.1	68.3	66.8	65.4	64.1	65.8
Monte Grande	69.5	68.0	69.2	70.1	73.8	75.7	77.7	78.7	78.5	78.2	72.9	71.5	73.7
Morropón	67.6	72.2	74.9	74.7	71.5	73.0	71.1	67.7	65.4	64.2	64.0	65.8	69.3
San Miguel	69.8	70.0	70.0	73.1	75.7	77.3	76.9	76.0	73.7	71.5	70.2	70.7	72.9
Tejedores	61.8	62.9	68.9	66.5	69.0	69.1	68.2	66.6	64.7	64.4	64.1	62.7	65.7

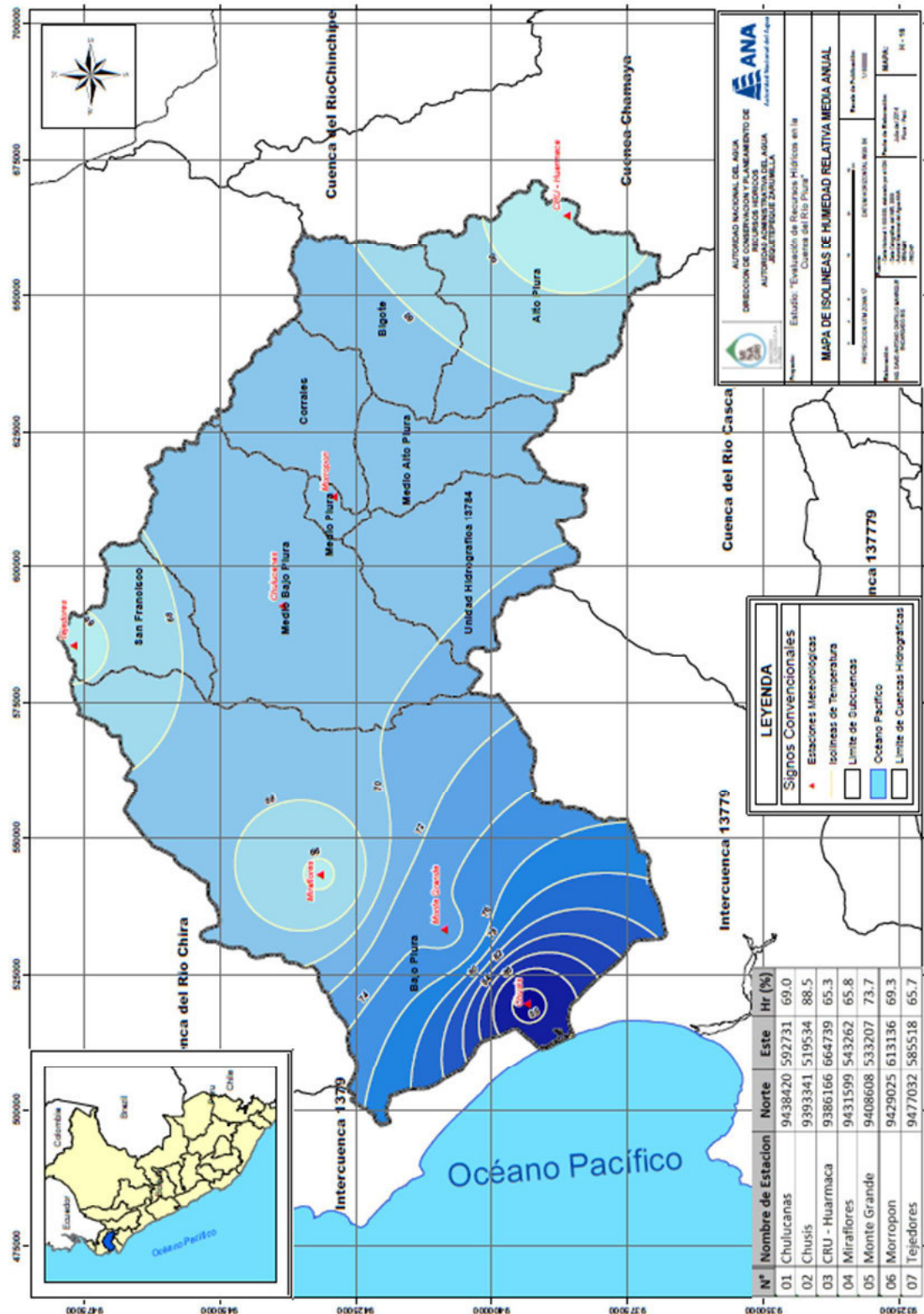
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.5



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Figura N° 3.5
Mapa de Humedad Relativa



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.1.3. Velocidad del Viento

Para la caracterización del viento en la cuenca Piura, se ha recurrido al Climatic Research Unit (CRU) para la obtención de información de la velocidad del viento en la zona de estudio, debido a que no se cuenta con información medida en las estaciones meteorológicas consideradas; de esta manera se ha podido determinar el comportamiento de los vientos en el área de la cuenca; a cada una de las estaciones virtuales del CRU se le ha designado un nombre para poder ser identificado. De acuerdo a esta información, se ha determinado que el promedio de velocidad de viento anual es de 3.3 m/s.

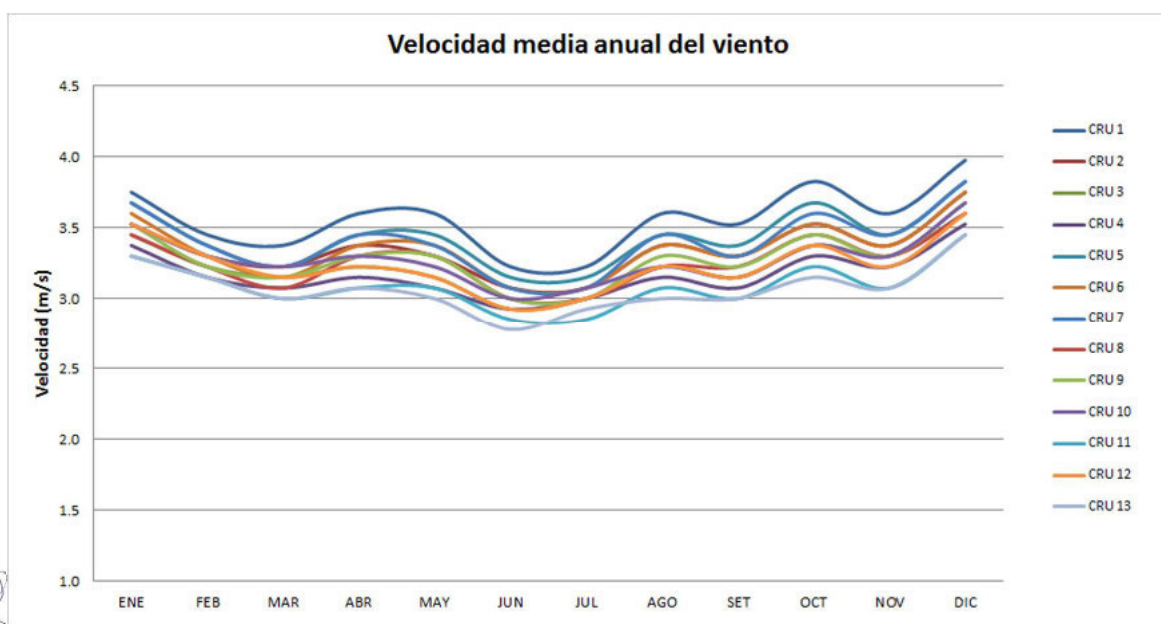
En el Cuadro N° 3.6 se presentan las velocidades medias consideradas en las estaciones virtuales del CRU, mientras que en la Figura 3.6 se muestra el mapa de Isolíneas de la Velocidad Anual:

Cuadro N° 3.6
Velocidad media anual del viento (m/s)

Est. CRU	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
CRU 1	3.8	3.5	3.4	3.6	3.6	3.2	3.2	3.6	3.5	3.8	3.6	4.0	3.6
CRU 2	3.5	3.3	3.2	3.4	3.3	3.1	3.1	3.4	3.3	3.5	3.4	3.8	3.4
CRU 3	3.5	3.2	3.2	3.2	3.2	2.9	3.0	3.2	3.2	3.4	3.3	3.6	3.2
CRU 4	3.4	3.2	3.1	3.2	3.1	2.9	3.0	3.2	3.1	3.3	3.2	3.5	3.2
CRU 5	3.7	3.4	3.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.4	3.7	3.5	3.8	3.4
CRU 6	3.6	3.3	3.2	3.4	3.4	3.1	3.1	3.4	3.3	3.5	3.4	3.8	3.4
CRU 7	3.7	3.4	3.2	3.5	3.4	3.1	3.1	3.5	3.3	3.6	3.5	3.8	3.4
CRU 8	3.5	3.2	3.1	3.3	3.3	3.0	3.0	3.2	3.2	3.5	3.3	3.6	3.3
CRU 9	3.5	3.2	3.2	3.3	3.3	3.0	3.0	3.3	3.2	3.5	3.3	3.7	3.3
CRU 10	3.5	3.3	3.2	3.3	3.2	3.0	3.1	3.2	3.2	3.4	3.3	3.7	3.3
CRU 11	3.3	3.2	3.0	3.1	3.1	2.9	2.9	3.1	3.0	3.2	3.1	3.5	3.1
CRU 12	3.5	3.3	3.2	3.2	3.2	2.9	3.0	3.2	3.2	3.4	3.2	3.6	3.2
CRU 13	3.3	3.2	3.0	3.1	3.0	2.8	2.9	3.0	3.0	3.2	3.1	3.5	3.1

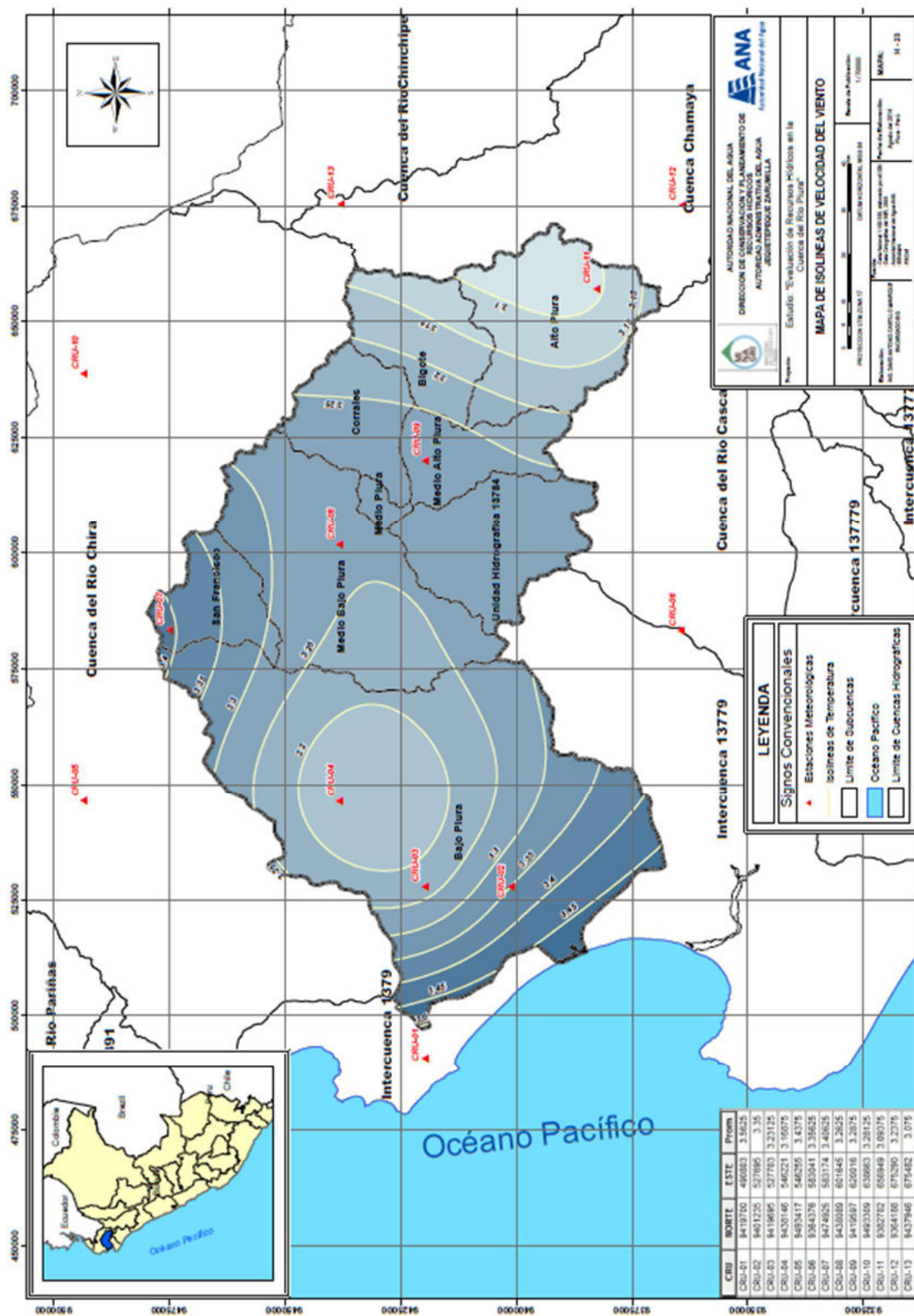
Fuente: Elaboracion propia

Gráfico N° 3.6
Variación de la velocidad media anual del viento (m/s)



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Figura N° 3.6
Mapa de Velocidad media del Viento



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.1.4. Evaporación

Los valores de evaporación en la cuenca Piura, son medidos en tanques evaporímetros Clase 'A'. Debido a la incidencia directa de la radiación solar por su ubicación geográfica, en las zonas bajas de las cuencas alcanzan aproximadamente 2 500 mm/año, en la zona media varía de 2 350 a 2 500 mm/año y en la zona alta se registra una variación promedio anual de 1 100 a 1 350 mm/año.¹

De acuerdo a la información recopilada, la evaporación total en la cuenca, para las estaciones seleccionadas se muestra en el cuadro 3.7, mientras que en la Figura 3.7 se muestra el mapa de Isolíneas de Evaporación total Anual:

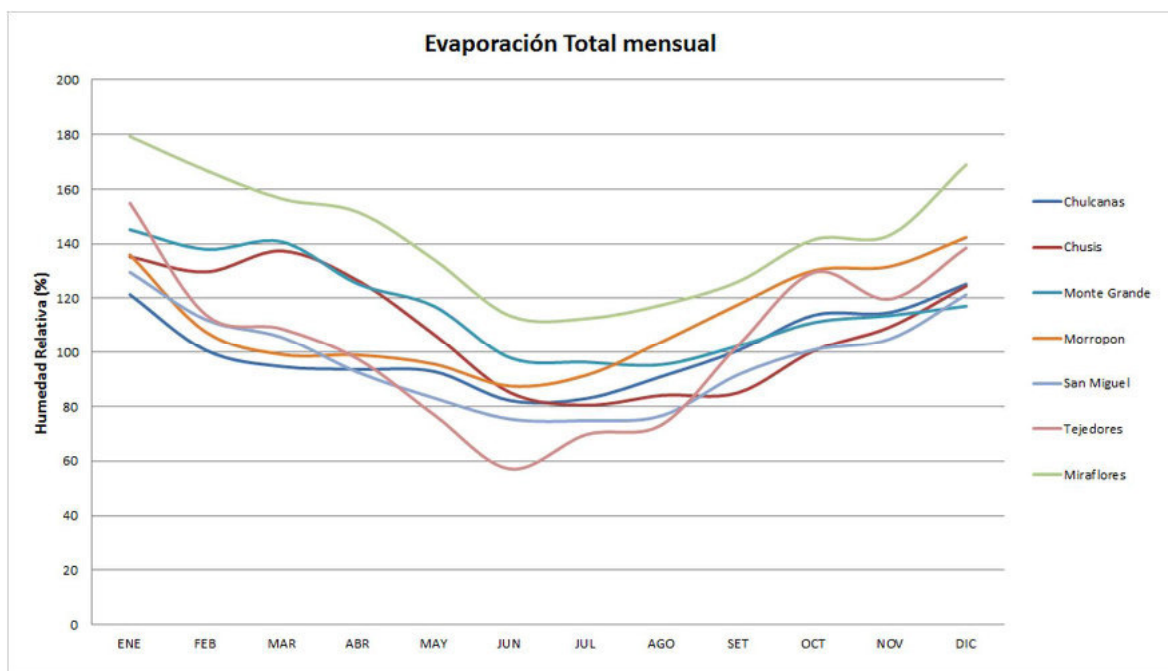
Cuadro N° 3.7
Evaporación Total (mm/mes)

Subcuenca	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total
Chulcanas	121.4	100.8	94.8	93.7	92.9	82.3	83.0	91.2	100.8	113.9	114.9	125.3	1214.9
Chusis	135.3	129.8	137.4	126.5	106.8	85.2	80.5	84.2	85.1	100.6	109.6	124.6	1305.6
Miraflores	179.3	166.9	156.5	151.6	134.3	113.6	112.6	117.7	126.2	141.6	143.3	169.0	1712.6
Monte Grande	145.2	138.0	140.8	125.4	117.2	98.0	96.4	95.5	102.5	111.2	113.7	117.2	1401.0
Morropon	136.0	107.7	99.2	99.0	95.7	87.6	91.6	104.1	117.7	130.3	131.7	142.4	1343.0
San Miguel	129.6	112.2	105.7	92.6	83.2	75.4	74.9	76.7	91.8	101.0	105.1	121.4	1169.8
Tejedores	154.9	114.0	108.8	97.5	77.1	57.2	69.7	73.5	102.7	129.6	119.8	138.5	1243.3

Fuente: Elaboración propia

La evaporación total presenta sus valores máximos entre los meses de noviembre y abril, mientras que la menor evaporación se observa en el periodo de mayo a octubre.

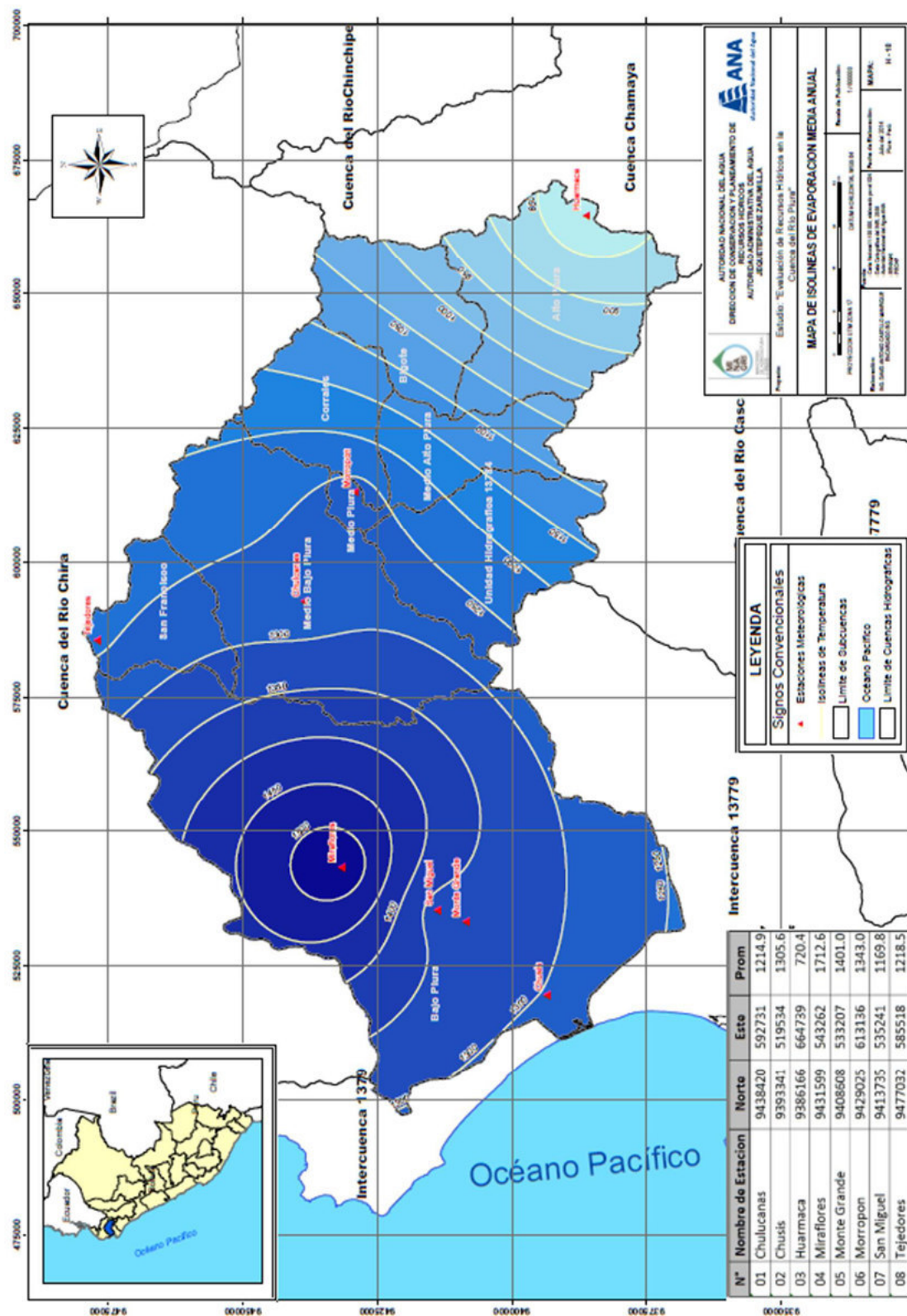
Gráfico N° 3.7



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

¹ Plan de Gestión de la Oferta de Agua en las cuencas del Proyecto Chira - Piura

Figura N° 3.7
Mapa de Evaporación Total Anual



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.1.5. Evapotranspiración Potencial

Existen diversos métodos para determinar la evapotranspiración en una determinada zona, éstos se basan tanto en principios físicos rigurosos como en la medida directa de la evaporación y en fórmulas empíricas establecidas en base a datos meteorológicos; ésta última son de uso más práctico, ya que es fácil disponer en cada cuenca, de la información necesaria, sin embargo, tienen el inconveniente de haber sido desarrolladas en condiciones climáticas normalmente diferentes a las del país, lo cual puede inducir cierto margen de error que, en el caso del nivel de este estudio, podría considerarse aceptable².

Estudios comparativos realizados han permitido concluir que las fórmulas que toman en cuenta los factores climáticos más importantes (temperatura, humedad, viento, luz solar y elevación entre otros) son las más convenientes y las que ofrecen un mayor grado de correlación. En muchos casos la elección de la fórmula está limitado a la disponibilidad de la información climatológica, como es el caso de la cuenca del río Piura, puesto que las estaciones climatológicas disponibles en la cuenca no disponen de algunos parámetros tales como velocidad del viento y horas de sol, por lo que, se ha seleccionado el método propuesto por George Hargreaves, ya que se dispone de registros de temperatura y humedad relativa.

Entonces la evapotranspiración potencial en el ámbito de la cuenca del río Piura ha sido calculada por el método de Hargreaves ya que se dispone de información climatológica en la cuenca.

El método presenta la siguiente formula:

$$ETP = MF \cdot TMF \cdot CH \cdot CE \cdot E$$

$$MF = 0.166 \cdot 100 \cdot \left(\frac{E}{E_0} \right)^{0.75}, \text{ para } HR > 64\%, \text{ y } CH = 1 \text{ para } HR < 64\%$$

$$CE = 1.0 - 0.04 \cdot \frac{E}{2000}$$

Donde:

- ETP = Evapotranspiración Potencial (mm/mes)
- MF = Factor de energía solar en mm/mes
- TMF = Temperatura media mensual en grados Fahrenheit
- CH = Corrección por humedad relativa (HR), si HR>65%.
- CE = Factor de corrección por altitud
- E = Altitud sobre el nivel del mar

Se ha estimado la ETp, empleando la metodología de Hargreaves; para lo cual se han utilizado los datos Temperatura Media Mensual y Humedad Relativa de cada estación.

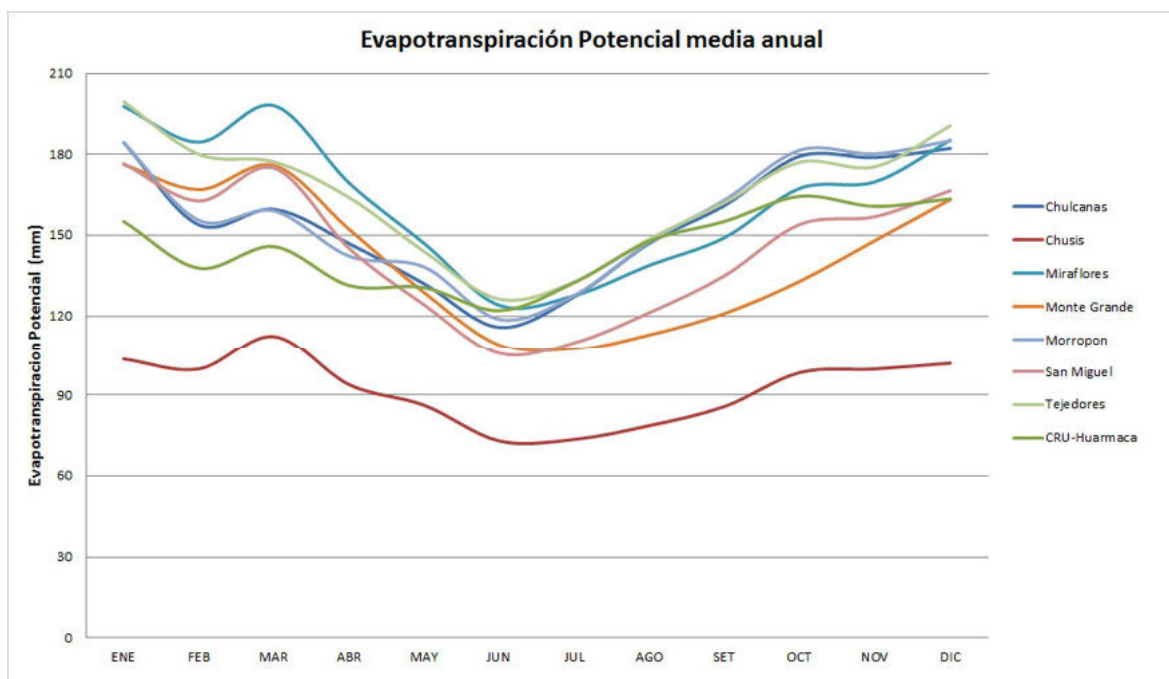
En el Cuadro N° 3.8 se muestra el resumen de los cálculos de la Evapotranspiración Potencial mensual para cada estación, y en el Gráfico N° 3.8 se muestra la variación de la Evapotranspiración Potencial mensual para la cuenca del río Piura, mientras que en la Figura 3.8 se muestra el mapa de Isolíneas de Evapotranspiración Potencial media Anual.

Cuadro N° 3.8
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

Subcuenca	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Media
Chulcanas	184.4	153.9	159.7	146.9	132.0	115.8	127.3	147.2	161.1	179.4	178.8	182.2	155.7
Chusis	103.5	99.7	112.3	93.9	86.2	72.9	73.5	78.7	85.8	98.4	99.7	101.8	92.2
CRU-Huarmaca	155.1	137.8	145.8	131.4	130.6	122.0	132.6	147.9	155.2	164.5	160.7	163.5	145.6
Miraflores	197.8	184.5	198.0	169.4	147.0	124.0	127.6	138.9	149.2	167.4	169.8	185.2	163.2
Monte Grande	176.3	166.9	175.9	152.2	128.7	109.1	107.4	113.0	121.0	133.0	148.1	163.3	141.2
Morropón	184.4	155.6	159.0	142.3	138.2	118.7	127.8	147.6	163.1	181.6	180.2	185.1	157.0
San Miguel	176.5	162.7	174.9	145.2	124.2	105.6	110.0	121.3	135.1	154.1	156.9	166.6	144.4
Tejedores	199.5	180.0	177.3	164.0	144.0	126.3	132.7	148.7	162.2	177.1	175.4	190.6	164.8

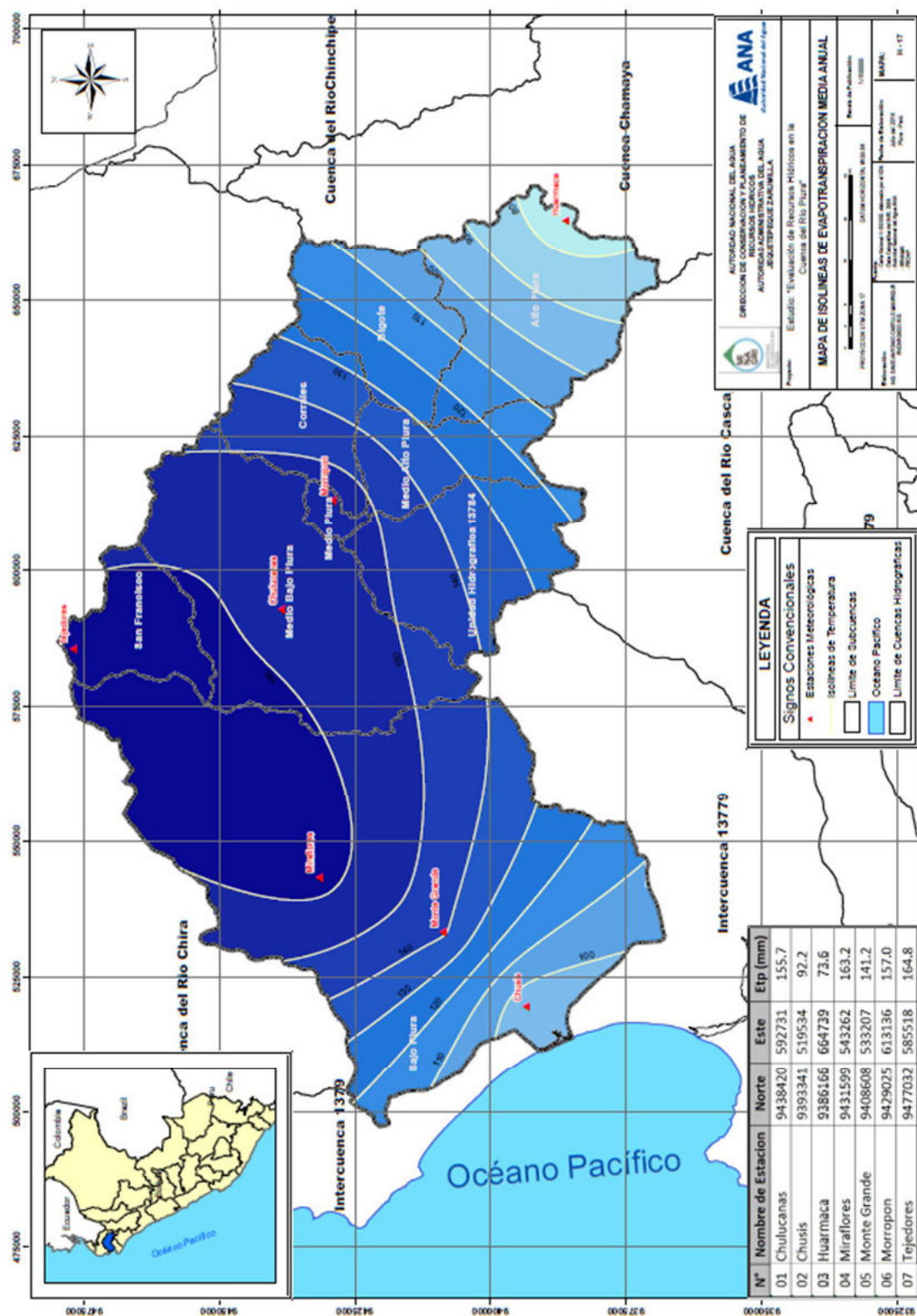
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.8



Del gráfico mostrado se puede deducir que la mayoría de las estaciones analizadas muestran un comportamiento similar en el transcurso del año, los valores de mayor evapotranspiración se encuentran entre los meses de octubre a abril, descendiendo entre mayo y setiembre, la estación Chusis presenta los valores más bajos con respecto a las demás estaciones, esto se da por encontrarse próximo al mar donde la Humedad Relativa es alta.

Figura N° 3.8
Mapa de Evapotranspiración Potencial



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.1.6. Clasificación Climática

Para caracterizar el clima de la cuenca Piura se utilizó la metodología de Thornthwaite el cual considera como datos de entrada la precipitación, la evapotranspiración y el almacenamiento de la humedad en el suelo. La metodología contempla realizar el balance climático, en donde se identifica los periodos de exceso y déficit, con el cual es posible la caracterización climática.

La nomenclatura de la caracterización Climática de Thornthwaite está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, se refieren al Índice de humedad_ y al Índice de Evapotranspiración_ de la zona, respectivamente. La letra tercera y cuarta, minúsculas, corresponden a la Variación estacional de la humedad_ y el ultimo termino se refiere a la Concentración térmica en verano_ respectivamente.

i. Determinación del Índice de Humedad según Thornthwaite.

Es necesario realizar previamente un balance climático con la intervención de: Precipitaciones medias mensuales (P) y Evapotranspiraciones potenciales medias mensuales (ETP), para obtener Déficits (D) y Excesos (E) mensuales de agua. El Índice de humedad de Thornthwaite se determina por la expresión:

$$I_H = \frac{P}{ETP} \times 0.6 \times I_E$$

Siendo:

I_E = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión:

$$I_E = \frac{P - ETP}{ETP} \times 100$$

I_D = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma:

$$I_D = \frac{ETP - P}{ETP} \times 100$$

Las provincias de humedad, están determinados por los valores del índice hídrico y se designan con las letras mayúsculas sin acentuar; en el Cuadro N° 3.9 se aprecia la clasificación climática según el Índice Hídrico.

Cuadro N° 3.9
Clasificación Climática según Thornthwaite

PROVINCIAS DE HUMEDAD		
Clasificación según Índice Hídrico		
TIPO	Índice de Pluvial	CLIMA
A	> a 100	Super húmedo
B4	80 a 100	Muy húmedo
B3	60 a 80	Húmedo
B2	40 a 60	Moderadamente húmedo
B1	20 a 40	Ligeramente húmedo
C2	0 a 20	Semi-húmedo
C1	(-20) a 0	Semi-seco
D	(-40 a -20)	Seco
E	(-60 a -40)	Arido

ii. Determinación de la Eficiencia Térmica.

Según Thornthwaite, la evapotranspiración potencial (ETP) es un índice de eficacia térmica. La suma de las evapotranspiraciones potenciales medias mensuales sirve de índice de la eficacia térmica del clima considerado.

Los límites entre los tipos térmicos se designan con letras mayúsculas acentuadas; en el Cuadro N° 3.10 se indica la clasificación térmica según la evapotranspiración.

Cuadro N° 3.10
Clasificación Térmica según la Evapotranspiración Potencial

PROVINCIAS TERMICAS		
Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial		
TIPO	Eto (cm)	CLIMA
A'	> a 114.0	Cálido
B'4	99.7 a 114.0	Semicálido
B'3	85.5 a 99.7	Templado cálido
B'2	71.2 a 85.5	Templado frío
B'1	57.0 a 71.2	Semi frío
C'2	42.7 a 57.0	Frío moderado
C'1	28.5 a 42.7	Frío acentuado
D'	14.2 a 28.5	De tundra
E'	< a 14.2	Helado

iii. Determinación de la Variación Estacional de la Humedad.

Interesa determinar si en los climas húmedos existen periodos secos y viceversa, si en los climas secos existe periodo húmedo.

Los sub-tipos de humedad se designan por letras minúsculas sin acentuar y su significado; se presenta en el Cuadro N° 3.11

Cuadro N° 3.11
Clasificación por Sub-tipos de Humedad

SubClasificación de Humedad según Índice de Exceso e Índice de Déficit		
SUB-TIPO	Índice de Exceso (%)	CLIMA SECO (por exceso de agua)
w'2	> 20	Exceso grande en invierno
s'2	> 20	Exceso grande en verano
w'	10 a 20	Exceso moderado en invierno
s'	10 a 20	Exceso moderado en verano
d	0 a 10	Poco o ningún exceso
SUB-TIPO	Índice de Déficit (%)	CLIMA HUMEDO (por falta de agua)
w2	> 33.3	Déficit grande en invierno
s2	> 33.3	Déficit grande en verano
w	16.7 a 33.3	Déficit moderado en invierno
s	16.7 a 33.3	Déficit moderado en verano
r	0 a 16.7	Déficit pequeño o ninguno

iv. Determinación de la concentración térmica en verano.

Está determinada por la suma de la ETP durante los meses de verano, en relación con la ETP anual, y expresada en %.

$$\frac{\sum_{i=1}^n ETP_i}{ETP_{\text{anual}}} * 100$$

Estos tipos climáticos se subdividen en sub-tipos teniendo en cuenta el régimen térmico anual, según el porcentaje de concentración de calor anual, dentro del período estival o de verano.

Estos sub-tipos se especifican por medio de letras minúsculas acentuadas y su significado se muestra en el Cuadro N° 3.12.

Cuadro N° 3.12
Clasificación por Sub-tipos según Régimen Térmico

SubClasificación de Provincias Térmicas	
SUB-TIPO	Concentración Estival (Base % Eto del Verano)
d'	> 88.0
c'1	76.3 a 88.0
c'2	68.0 a 76.3
b'1	61.6 a 68.0
b'2	56.3 a 61.6
b'3	51.9 a 56.3
b'4	48.0 a 51.9
a'	< a 48.0



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Siguiendo la metodología descrita, se ha realizado el balance climático para el área de la cuenca en las estaciones seleccionadas con disponibilidad de información, dichos balances se presentan en los gráficos siguientes:

Gráfico N° 3.9

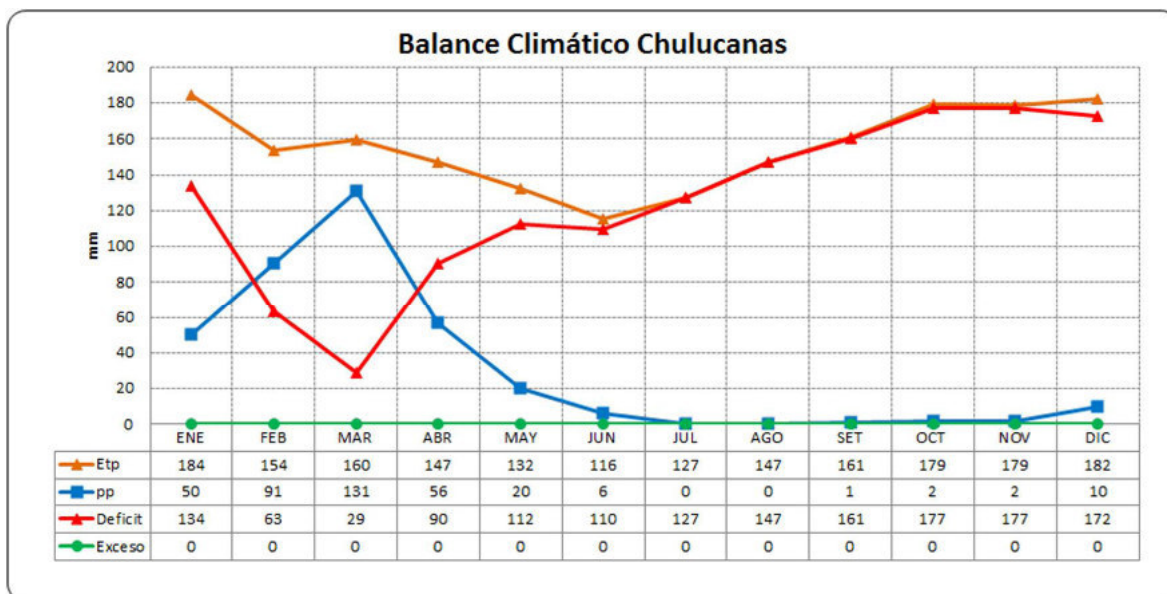
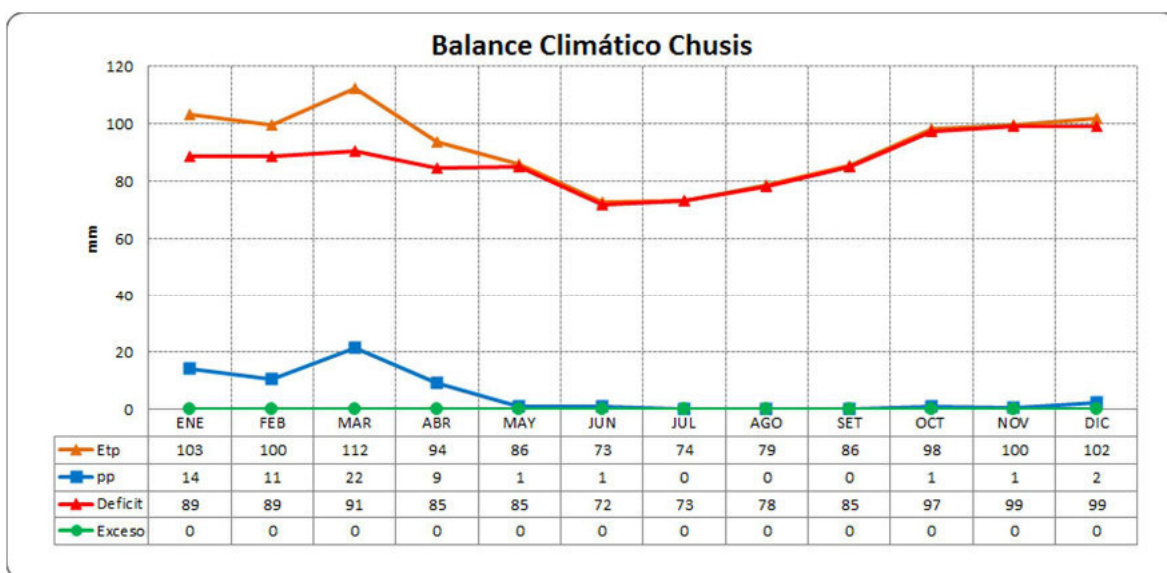


Gráfico N° 3.10




Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Gráfico N° 3.11

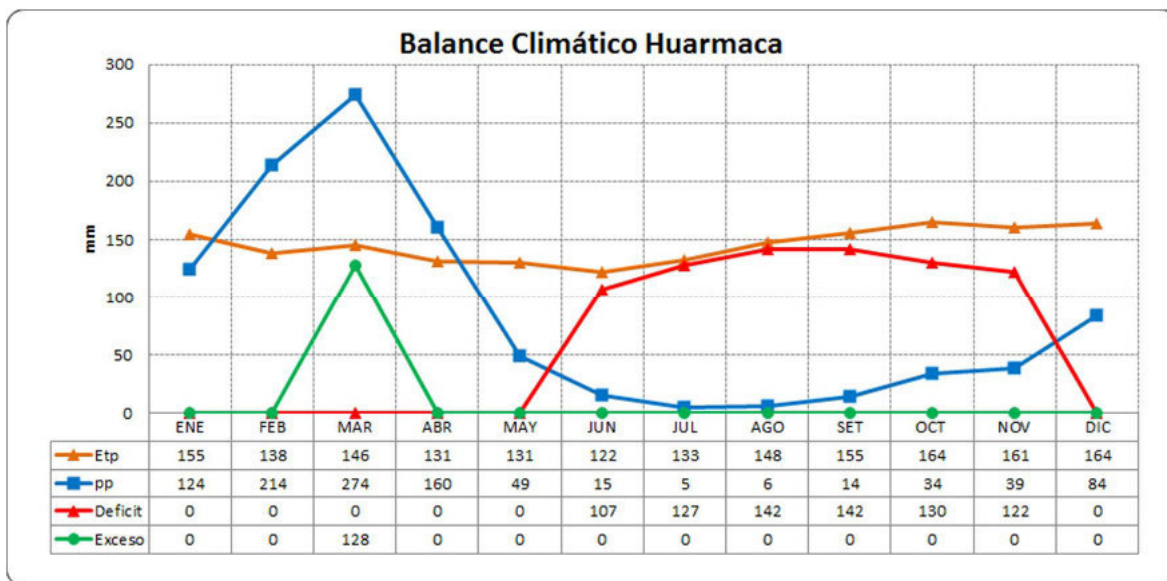


Gráfico N° 3.12

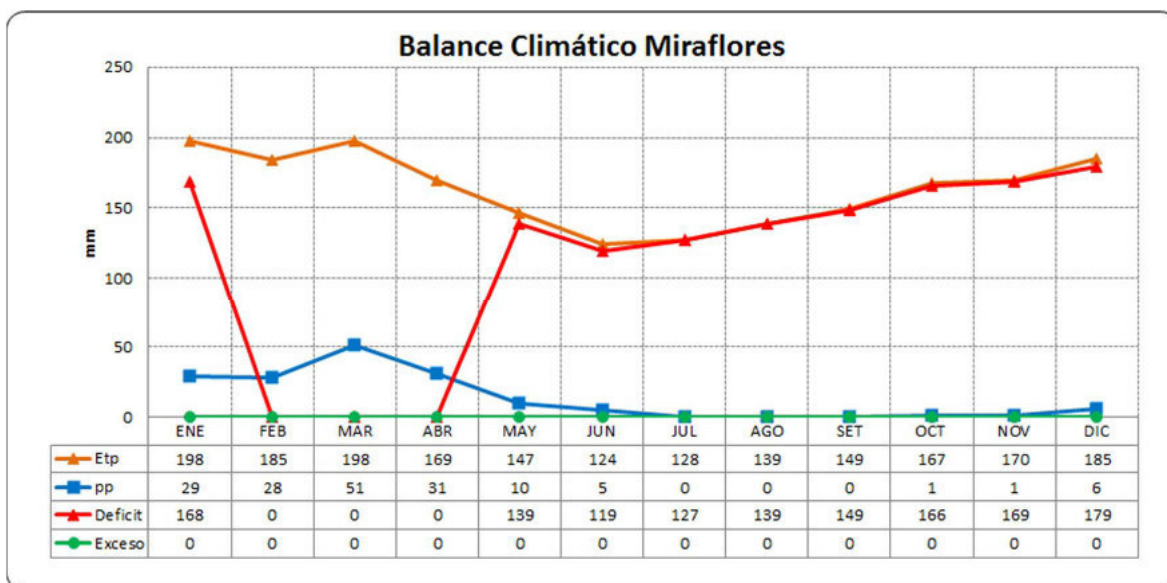


Gráfico N° 3.13

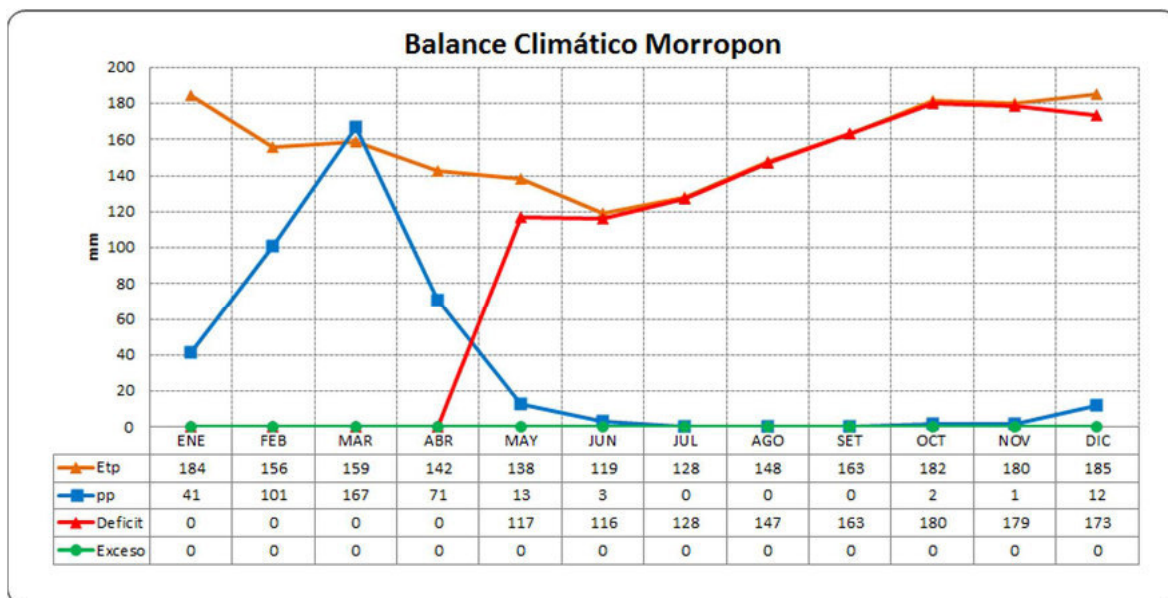
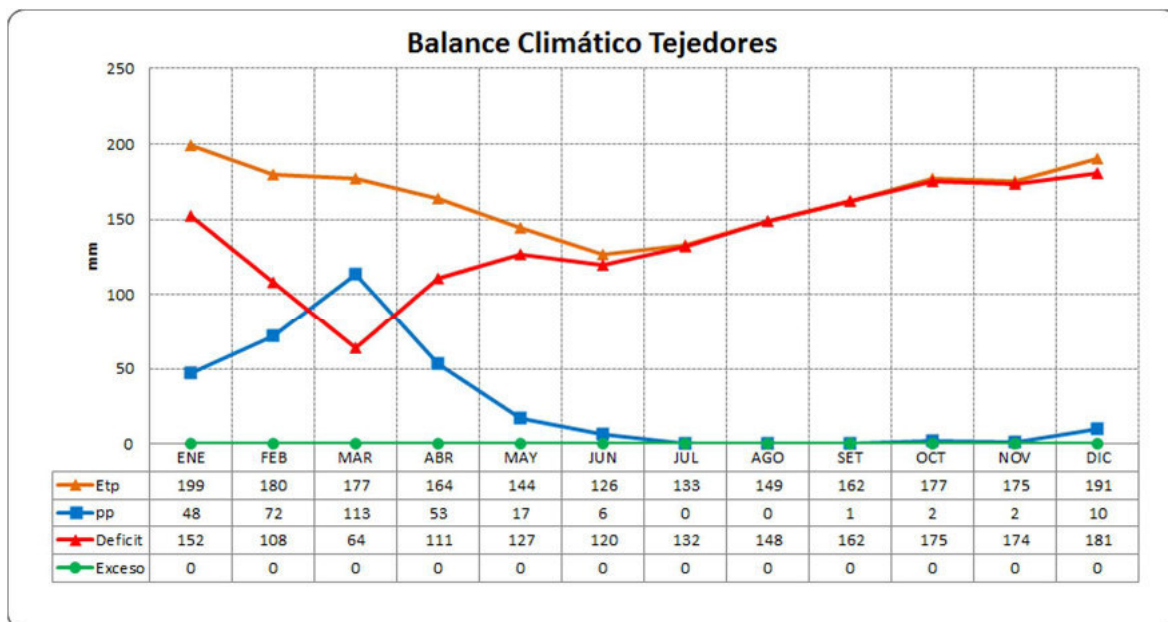


Gráfico N° 3.14



clasificación del clima de acuerdo a la ubicación de las estaciones climatológicas distribuidas en la cuenca. El resumen de los resultados se muestra en el Cuadro N° 3.13.

Cuadro N° 3.13
Clasificación Climática en el área de estudio

Estación	CLIMA		Altitud (msnm)
	Índice Eto	Índice Hídrico	
Chulucanas	Cálido	Arido	93.0
Chusis	Templado cálido	Arido	13.0
Huarmaca	Templado frío	Ligeramente húmedo	2359.0
Miraflores	Cálido	Arido	36.0
Morropon	Cálido	Seco	141.0
Tejedores	Cálido	Arido	206.0

Fuente: Elaboración propia

El clima de la cuenca en estudio, en general, presenta un clima cálido, sin embargo también se cuenta con áreas, en menor porcentaje, donde se observa un clima más frío, característico de la sierra; la zona de Huarmaca, por ejemplo, se caracteriza por ser uno de los lugares más lluviosos de la cuenca, por su cercanía a la divisoria de aguas, y es donde se presentan las mayores precipitaciones de la cuenca, dando origen al río Piura.

3.2. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA PLUVIOMETRÍA

3.2.1. Estaciones pluviométricas

La información pluviométrica ha sido obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI), en el ámbito de la cuenca de río Piura se tiene implementado un conjunto de estaciones pluviométricas distribuidas en la parte media y alta de la cuenca. Los registros pluviométricos utilizados serán tratados estadísticamente, completados y extendidos, para obtener información uniforme a emplearse en el análisis hidrológico para generar descargas.

Se identificarán 12 estaciones pluviométricas (ver Figura N° 3.9) ubicadas dentro de la cuenca, con información histórica de precipitación que van desde 1964 hasta el 2009 con numerosos periodos vacíos. Para el análisis de doble masa se agruparan según los años de coincidencia y su ubicación en la cuenca tratando en lo posible de que las estaciones sean homogéneas ya que varias estaciones presentan datos históricos con numerosos periodos vacíos. La mayoría de estaciones son operadas por el Senamhi y se encuentran distribuidos de manera irregular dentro de la cuenca, presentando un alto porcentaje de área sin cobertura.

En el Cuadro N° 3.14 se presenta la relación de estaciones pluviométricas que se encuentran en la cuenca del río Piura:

Cuadro N° 3.14
Ubicación de Estaciones Pluviométricas

NUM	NOMBRE	DPTO	PROVINCIA	DISTRITO	NORTE	ESTE	ALTITUD
01	BARRIOS	PIURA	MORROPON	SAN JUAN DE BIGOTE	9415199	644174	301
02	CANCHAQUE	PIURA	HUANCABAMBA	CANCHAQUE	9405666	654815	1256
03	CHALACO	PIURA	MORROPON	SANTO DOMINGO	9442932	633945	2289
04	CHIGNIA	PIURA	HUANCABAMBA	HUARMACA	9382738	644436	400
05	CHULUCANAS	PIURA	MORROPON	CHULUCANAS	9434804	591603	93
06	CHUSIS	PIURA	SECHURA	VICE	9393341	519534	13
07	FRIAS	PIURA	AYABACA	FRIAS	9454463	617171	1747
08	HUARMACA	PIURA	HUANCABAMBA	HUARMACA	9384694	663954	2244
09	MIRAFLORES	PIURA	PIURA	CASTILLA	9427950	542489	36
10	MORROPON	PIURA	MORROPON	MORROPON	9425731	614022	141
11	TEJEDORES	PIURA	PIURA	TAMBOGRANDE	9474081	584066	206
12	VIRREY	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	OLMOS	9388250	612727	214

Fuente: Elaboración propia

Para un mejor análisis de Doble Masa se ha dividido en dos grupos de estaciones que comprenden la parte baja y la parte alta de la cuenca Piura.

En el Grupo I se encuentran las estaciones de Tejedores, Chulucanas, Miraflores, Chusis y Virrey, mientras que en el Grupo II se presentan las estaciones de Barrios, Canchaque, Chalaco, Chignia, Huarmaca, Morropón y Frias.

3.2.2. Diagnóstico de la Red de Estaciones Pluviométricas

Se ha efectuado el diagnóstico de la red de estaciones meteorológicas dentro del ámbito de estudio y que ha consistido en la visita e inspección en campo de las siguientes estaciones meteorológicas:

- Barrios
- Canchaque
- Chalaco
- Chignia
- Chulucanas
- Chusis
- Frías
- Huarmaca
- Miraflores
- Morropón
- Tejedores y
- Virrey.

Para un mejor entendimiento de las características de las estaciones ubicadas en la cuenca del río Piura, se han realizado fichas de evaluación de estaciones para realizar el mencionado diagnóstico.

En los cuadros siguientes se presentan las características de las estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis y tratamiento de la Pluviometría.

Cuadro N° 3.15

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		MIRAFLORES		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	PIURA	CASTILLA
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05°10'30.93"	80°36'59.80"	36 m.s.n.m
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9427950	542489	36 m.s.n.m
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 2004 A LA FECHA		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		105112		
TIPO		MAP		
DIMENSIONES		15mx20m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.1 Estación Miraflores





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

Cuadro N° 3.16

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		MORROPON		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	MORROPON
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05º 11~41 _	79º 58~16"	141 m.s.n.m
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9425731	0614022	141 m.s.n.m
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 1963 A LA FECHA		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		105106		
TIPO		CLIMATOLOGICA ORDINARIA		
DIMENSIONES		10mx10m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.2 Estación Morropón





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

Cuadro N° 3.17

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		TEJEDORES		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		04°45'27.46"	80°14'31.01"	206 m.s.n.m
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9474081	584066	206 m.s.n.m
CONDICION		INOPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		OPERO HASTA 1982		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		NO PRECISA		
TIPO		MAP		
DIMENSIONES		NO EXISTE ESTACION		
ESTADO DE CONSERVACION		MALO		

Foto N° 3.3 Estación Tejedores





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

Cuadro N° 3.18

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		CHULUCANAS		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	CHULUCANAS
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05º 06~30,4_	80º 10~10,4_	93 m.s.n.m
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9434804	591603	93 m.s.n.m
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 1972 A LA FECHA		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		105070		
TIPO		CLIMATOLOGICA ORDINARIA		
DIMENSIONES		8mx10m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.4 Estación Chulucanas





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

Cuadro N° 3.19

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		CHUSIS		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	SECHURA	SECHURA
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05°31'39.3_	80°48'45.8_	13 m.s.n.m
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9393341	519534	13 m.s.n.m
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 1963 A LA FECHA		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		105120		
TIPO		CLIMATOLOGICA ORDINARIA		
DIMENSIONES		8mx15m		
ESTADO DE CONSERVACION		REGULAR (CERCO OXIDADO)		

Foto N° 3.5 Estación Chusis





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

Cuadro N° 3.20

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		HUARMACA		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	HUARMACA	HUARMACA
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05°33'5.41"	79°30'45.96"	2359 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9384694	663954	2244 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		105064		
TIPO		CLIMATOLOGICA ORDINARIA		
DIMENSIONES		8mx10m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.6 Estación Huarmaca



Cuadro N° 3.21

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		BARRIOS		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		BIGOTE		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	SAN JUAN DE BIGOTES
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
	UTM	5°17'21.70"	79°41'56.23"	301 msnm
		Norte	Este	Altitud
		9415199	644174	301 msnm
CONDICION		INOPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 1970 A 1983		
ENTIDAD RESPONSABLE		NO PRECISA		
CODIGO DE LA ESTACION		NO PRECISA		
TIPO		NO PRECISA		
DIMENSIONES		NO PRECISA		
ESTADO DE CONSERVACION		MALO / NO EXISTE ESTACION		

Foto N° 3.7 Estación Barrios



Cuadro N° 3.22

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		CANCHAQUE		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		CHALACO		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	HUANCABAMBA	CANCHAQUE
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		5°22'31.32"	79°36'9.90"	1256 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9405666	0654815	1256 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		NO PRECISA		
ENTIDAD RESPONSABLE		NO PRECISA		
CODIGO DE LA ESTACION		NO PRECISA		
TIPO		PLUVIOMETRICA		
DIMENSIONES		NO PRECISA		
ESTADO DE CONSERVACION		REGULAR - MALO		

Foto N° 3.8 Estación Canchaque



Cuadro N° 3.23

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		VIRREY		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		QUEBRADA EL VIRREY		
CUENCA DEL RIO		CASCAJAL		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	OLMOS
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05°32'1.13"	79°58'56.25"	214 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9388250	612727	214 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 1964 A LA FECHA		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI/SIAT		
CODIGO DE LA ESTACION		105013		
TIPO		PLUVIOMETRICA		
DIMENSIONES		3mx3m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.9 Estación Virrey



Cuadro N° 3.24

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		FRIAS		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		CHARANAL		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	FRIAS
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		4°56'4.85"	79°56'35.45"	1747 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9454463	617171	1747 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
ENTIDAD RESPONSABLE		NO PRECISA		
CODIGO DE LA ESTACION		NO PRECISA		
TIPO		PLUVIOMETRICA		
DIMENSIONES		4mx4m		
ESTADO DE CONSERVACION		REGULAR - BUENO		

Foto N° 3.10 Estación frías



Cuadro N° 3.25

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		CHALACO		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		CHALACO		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	CHULUCANAS
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05° 2'19.38"	79°47'30.19"	2289msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9442932	0633945	2289 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 1963 A LA FECHA		
ENTIDAD RESPONSABLE		SENAMHI		
CODIGO DE LA ESTACION		105016		
TIPO		CLIMATOLOGICA ORDINARIA		
DIMENSIONES		10mx15m		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.11 Estación Chalaco



3.2.3. Información Histórica disponible

La información disponible de la precipitación es a escala mensual, por consiguiente, en el presente capítulo se realiza un análisis de la precipitación total mensual, el periodo de análisis es desde el año 1964 hasta el 2009, se ha descartado algunas estaciones en la cuenca que tenían corto periodo de registro y por tanto nos llevaría a resultados poco adecuados.

En el Cuadro N° 3.26 se presenta el periodo de registros pluviométricos de las estaciones que se encuentran en la cuenca Piura, y que corresponden a las estaciones de Barrios, Chalaco, Chignia, Chulucanas, Chusis, Huarmaca, Morropón, Tejedores, Canchaque, Miraflores, Frias y Virrey. Los registros pluviométricos utilizados serán tratados estadísticamente, completados y extendidos, para obtener información uniforme a emplearse en el análisis hidrológico y generar descargas en las subcuencas.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.26
Estaciones Pluviométricas - Información Histórica

ESTACIÓN PLUVIOMETRICA	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	AÑOS	CUENCA
BARRIOS											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	20	PIURA	
CHALACO	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	47	PIURA	
CHIGNIA											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																		21	PIURA
CHULUCANAS											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	33	PIURA
CHUSIS		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	45	PIURA
FRIAS		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	46	CHIRA	
HUARMACA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	47	CHAMAYA	
MORROPON	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	47	PIURA	
TEJEDORES	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																													19	PIURA	
VIRREY		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	46	PIURA	
CANCHAQUE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																32	PIURA		
MIRAFLORES										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	38	PIURA

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

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

En los Gráficos N° 3.15 al 3.26, se presentan los hidrogramas históricos para el periodo 1964 - 2009, de precipitación total mensual de las estaciones utilizadas en el análisis de la pluviometría de la cuenca Piura.

Gráfico N° 3.15

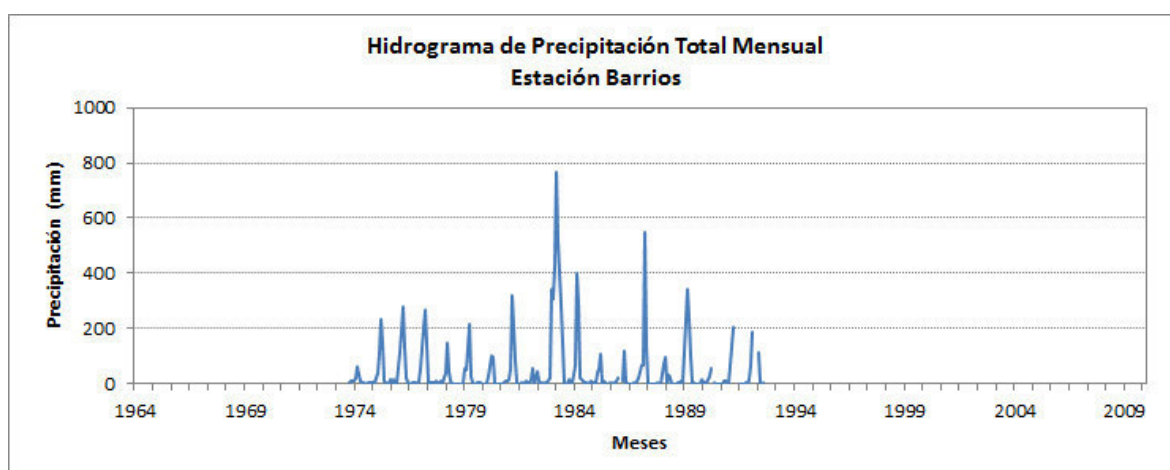


Gráfico N° 3.16

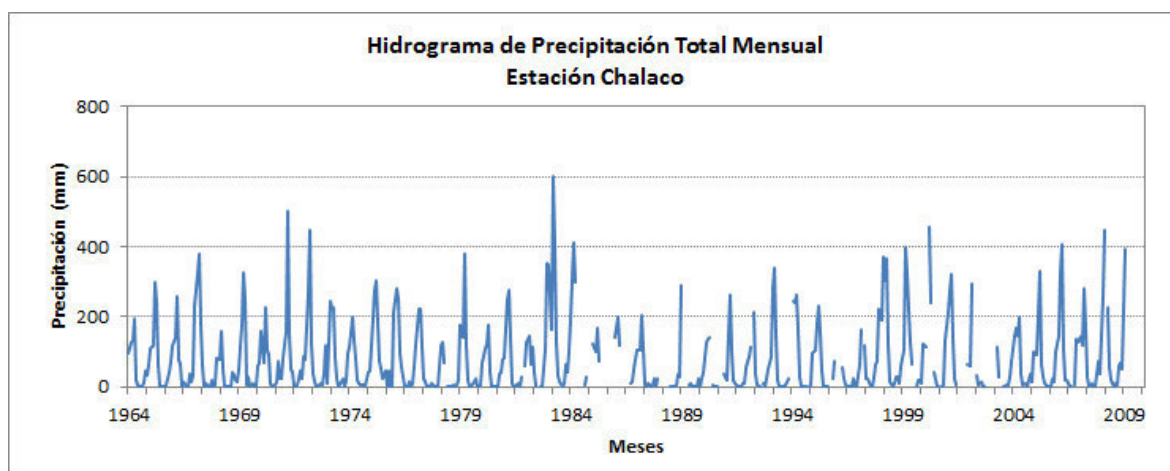


Gráfico N° 3.17

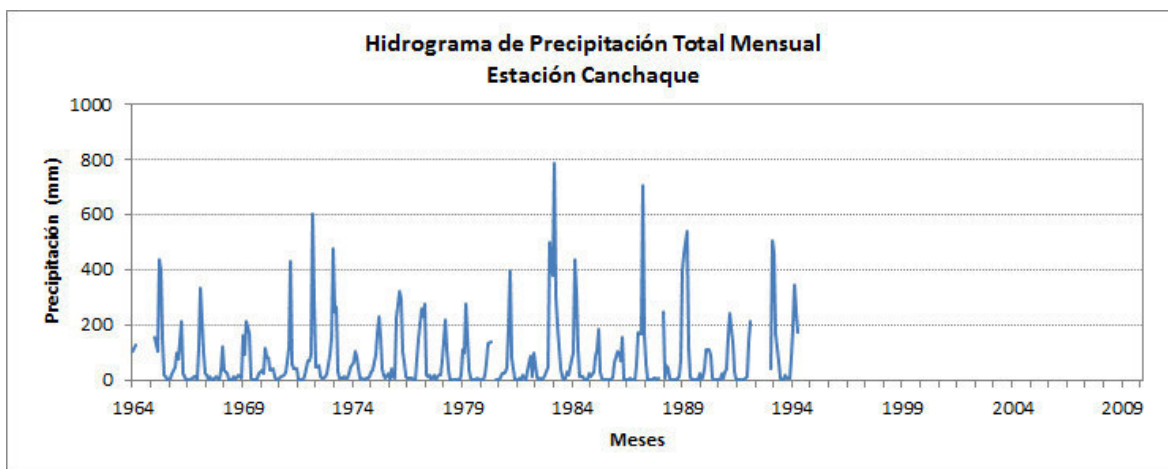


Gráfico N° 3.18

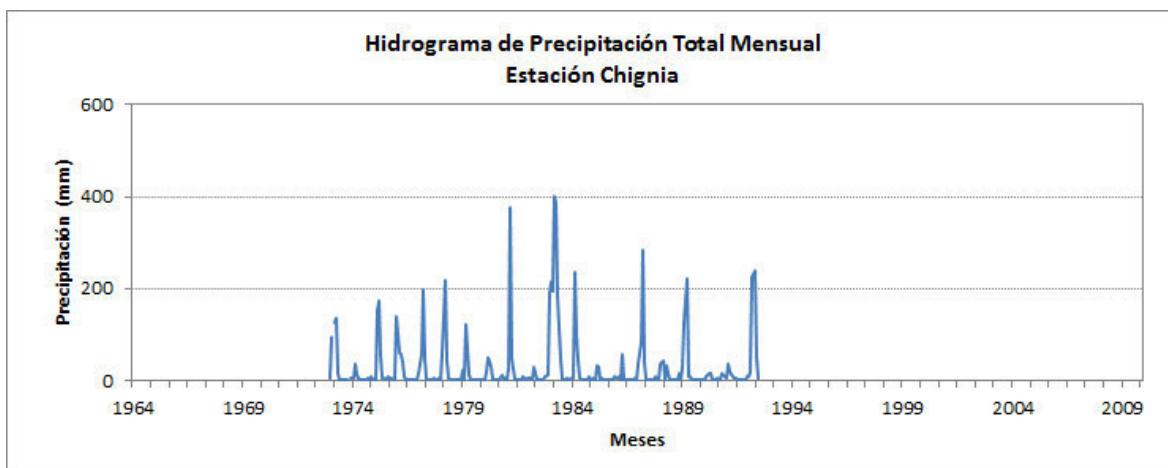
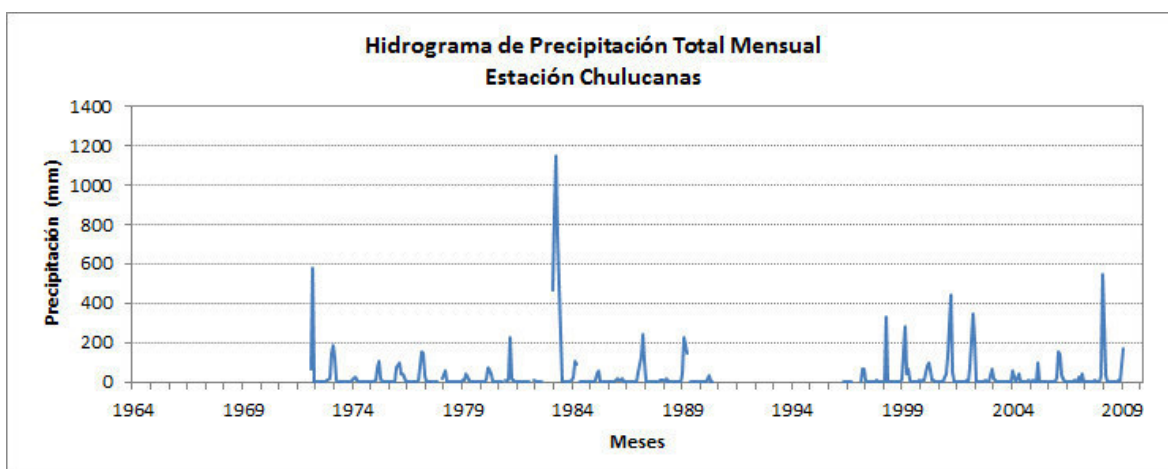


Gráfico N° 3.19




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

Gráfico N° 3.20

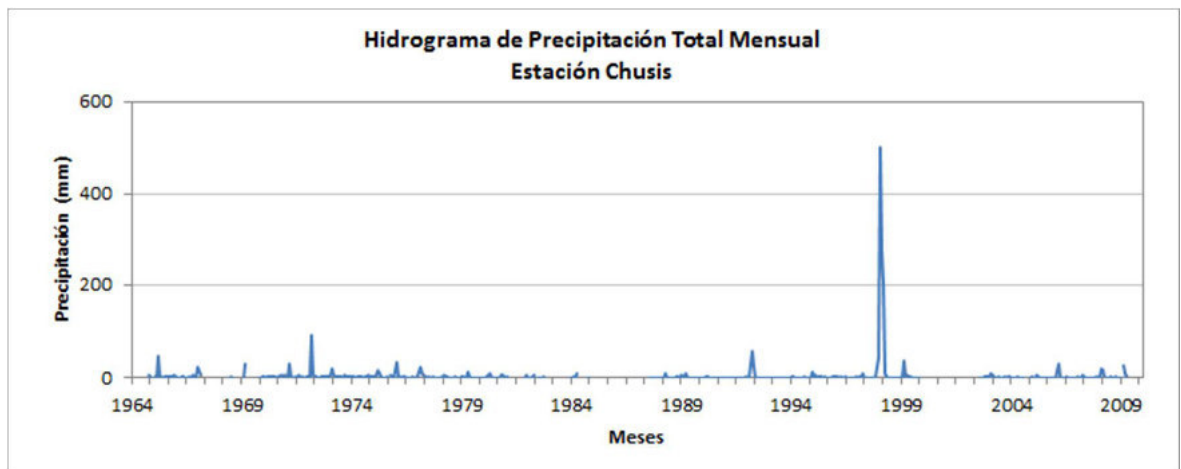


Gráfico N° 3.21

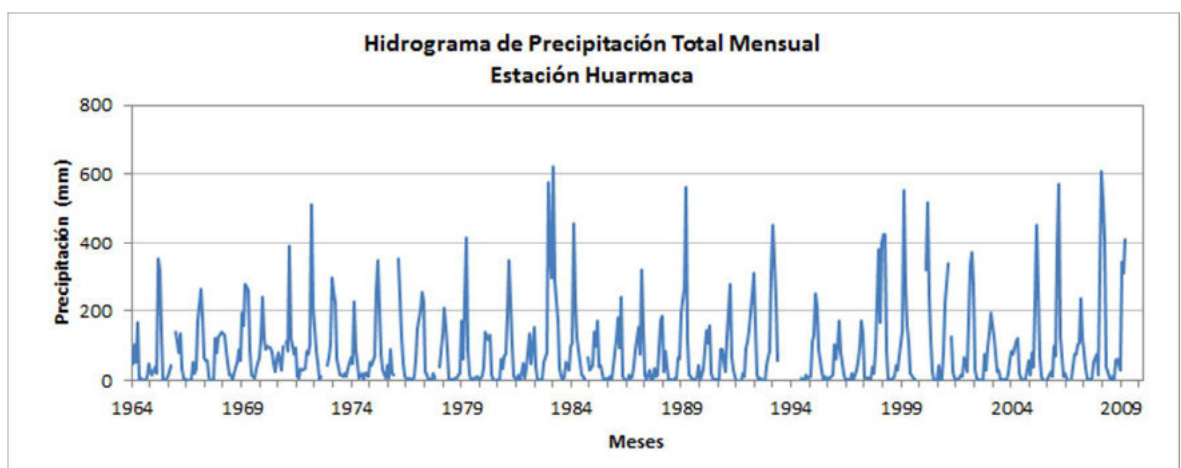
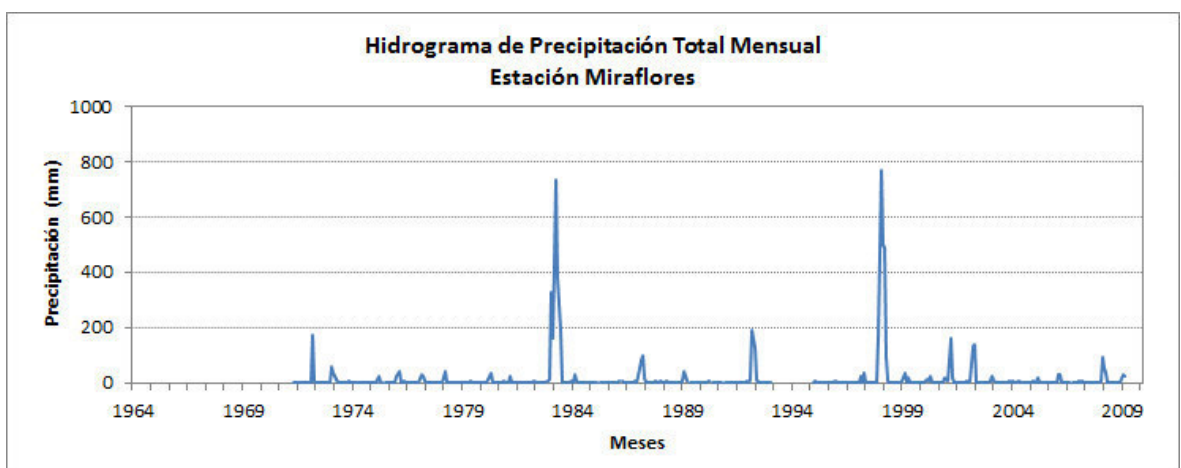


Gráfico N° 3.22




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

Gráfico N° 3.23

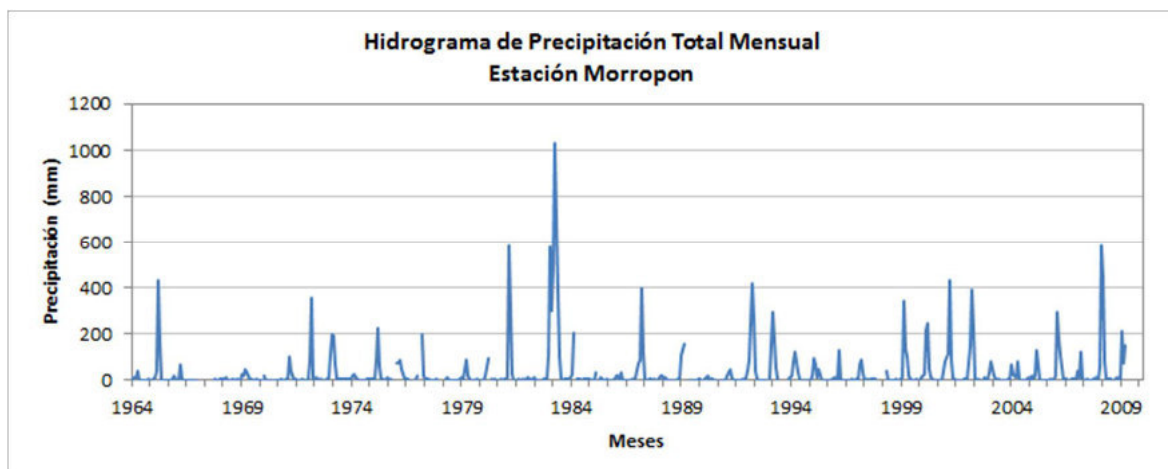


Gráfico N° 3.24

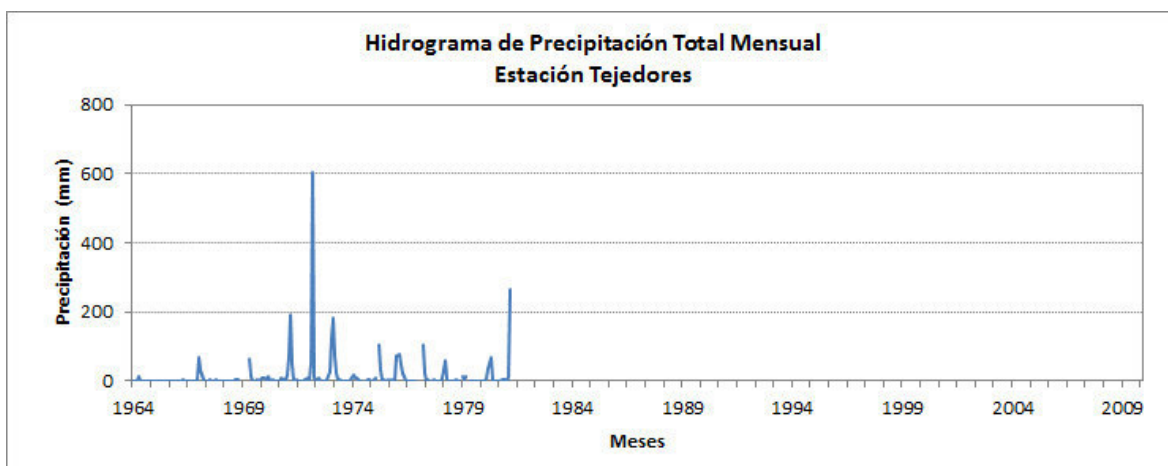
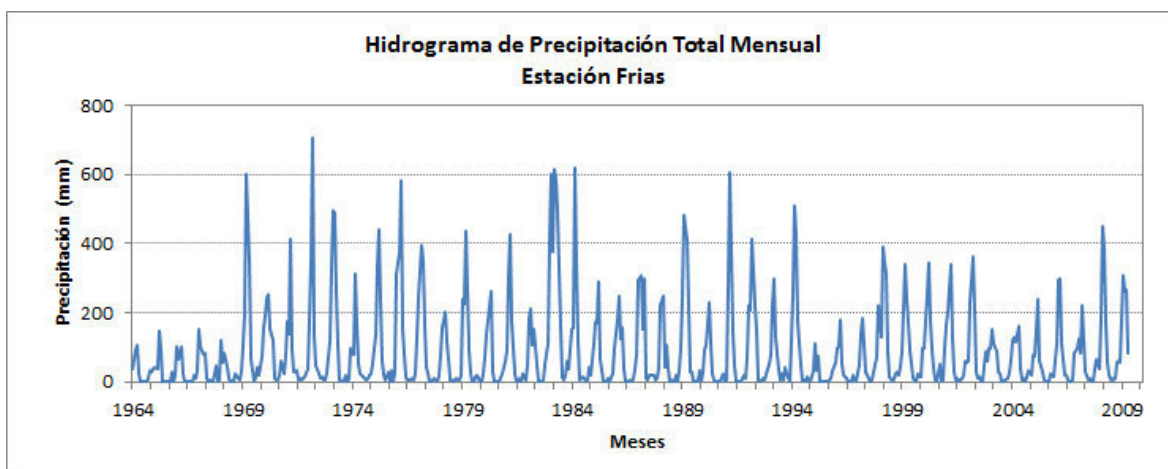
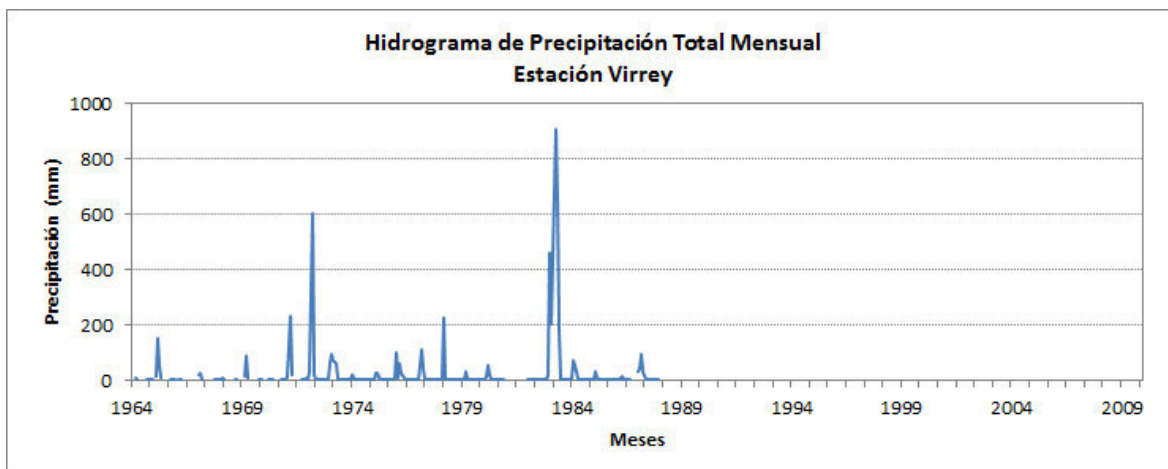


Gráfico N° 3.25




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

Gráfico N° 3.26



En la Figura N° 3.9, se presenta la ubicación de las estaciones pluviométricas utilizadas, dentro del área de la cuenca del río Piura.

3.2.4. Análisis de Consistencia

Los valores 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.

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 Gráfico

Consiste en analizar visualmente 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 de registro. Este análisis sirve para tener una primera aproximación de la bondad de la información y separar los periodos dudosos para su 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.

El primer grupo de estaciones se presentan en los gráficos siguientes:

Gráfico N° 3.27
Estación Tejedores

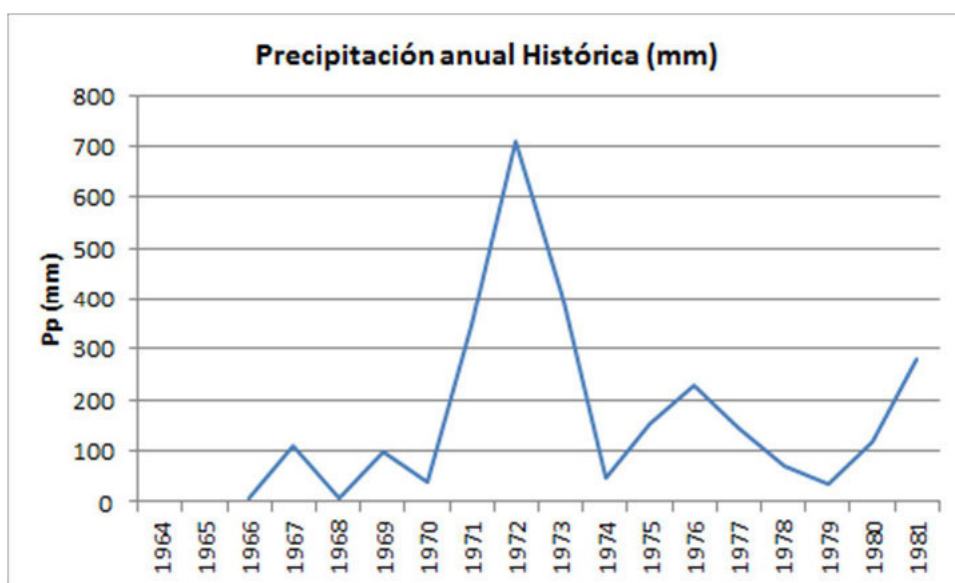


Gráfico N° 3.28
 Estación Chulucanas

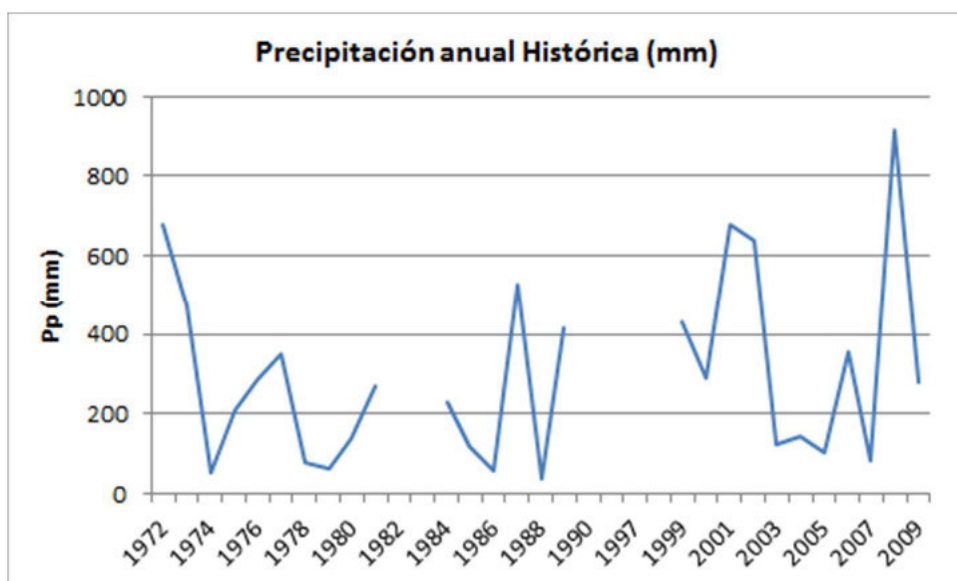


Gráfico N° 3.29
 Estación Miraflores

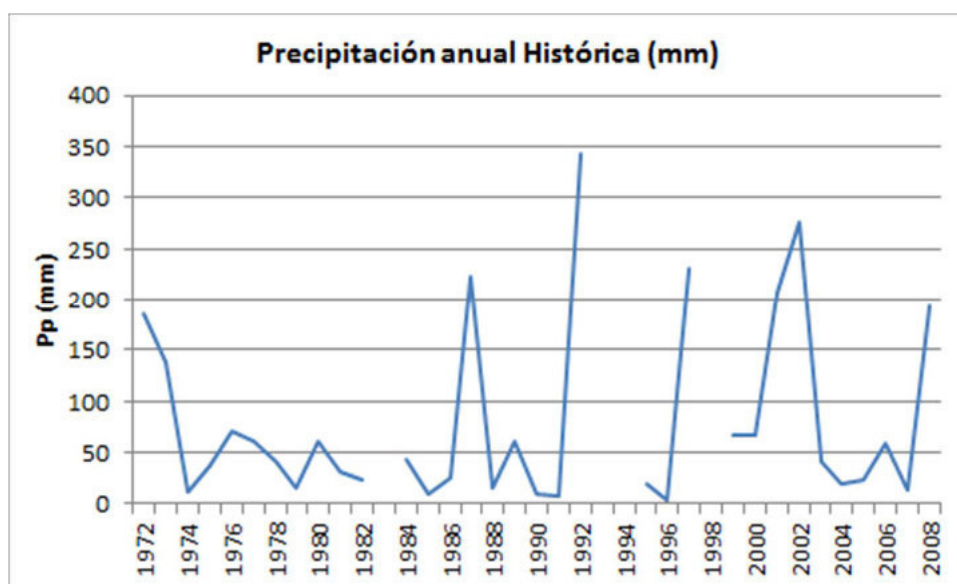


Gráfico N° 3.30
 Estación Chusis

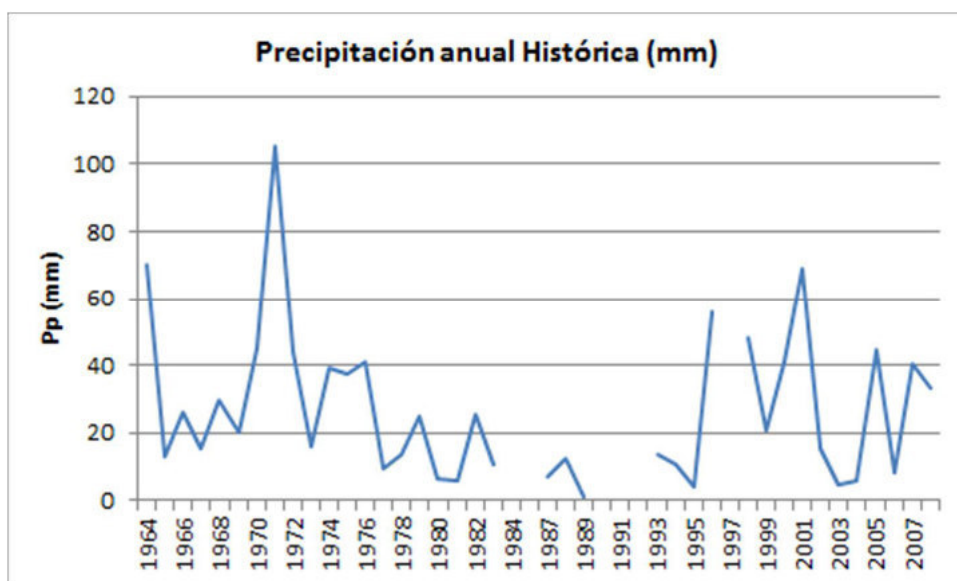
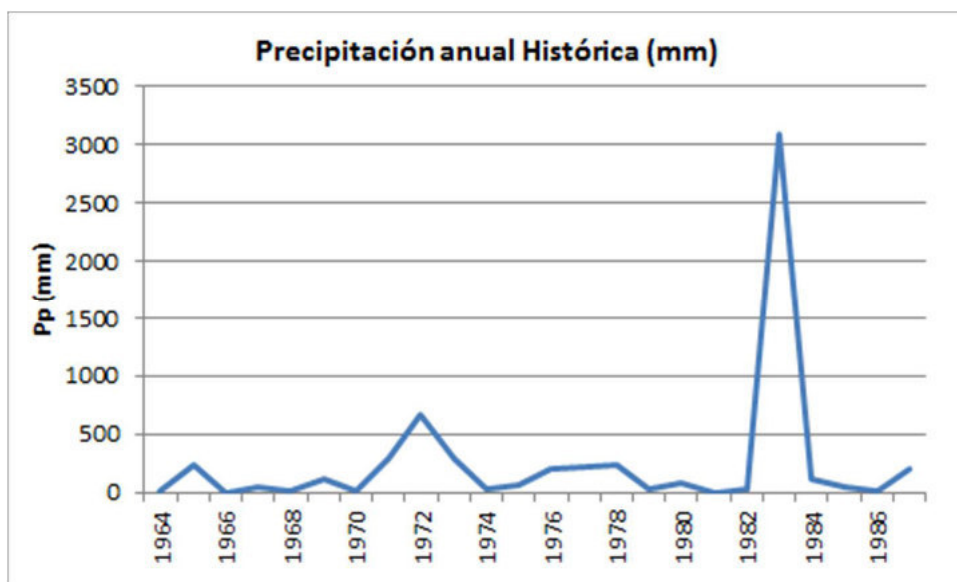


Gráfico N° 3.31
 Estación Virrey



El segundo grupo de estaciones consideradas de la cuenca media hacia el Alto Piura se presentan en los gráficos siguientes:

Gráfico N° 3.32

 Estación Huarmaca

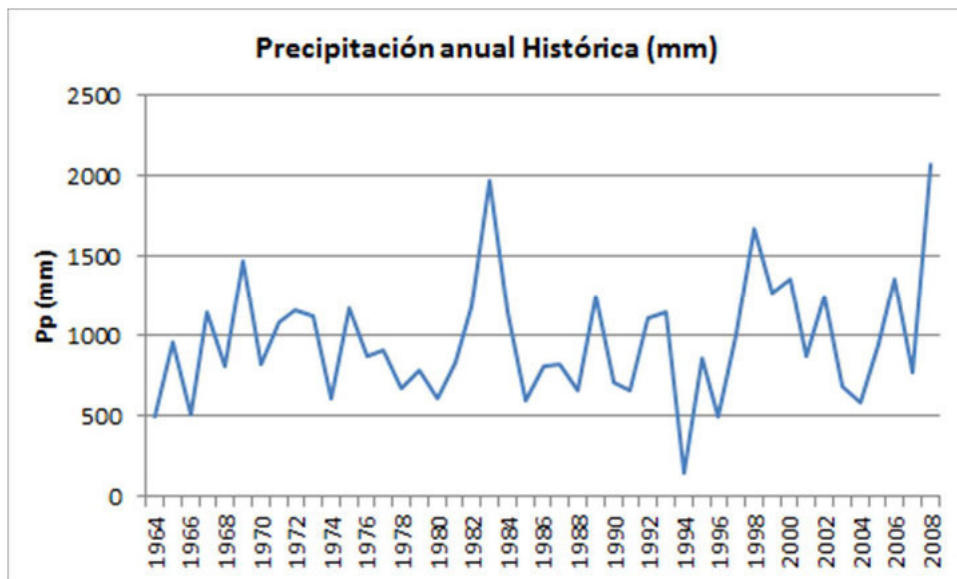
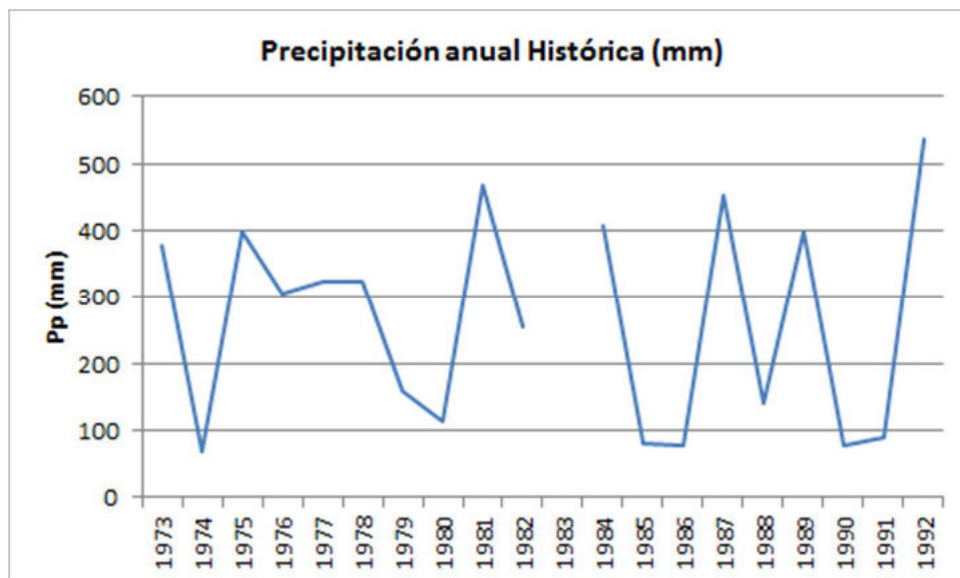


Gráfico N° 3.33

 Estación Chignia





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

Gráfico N° 3.34
 Estación Canchaque

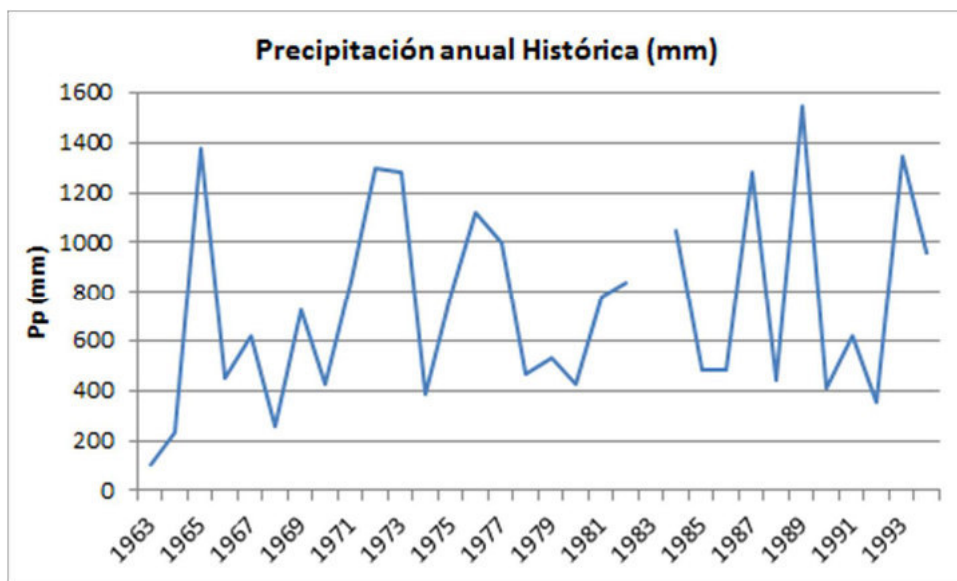


Gráfico N° 3.35
 Estación Barrios

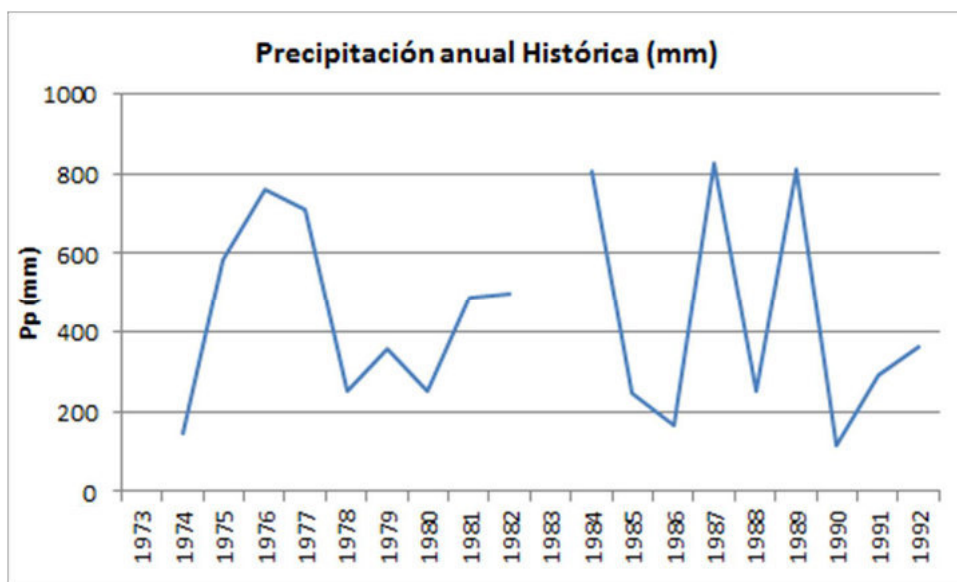


Gráfico N° 3.36
 Estación Chalaco

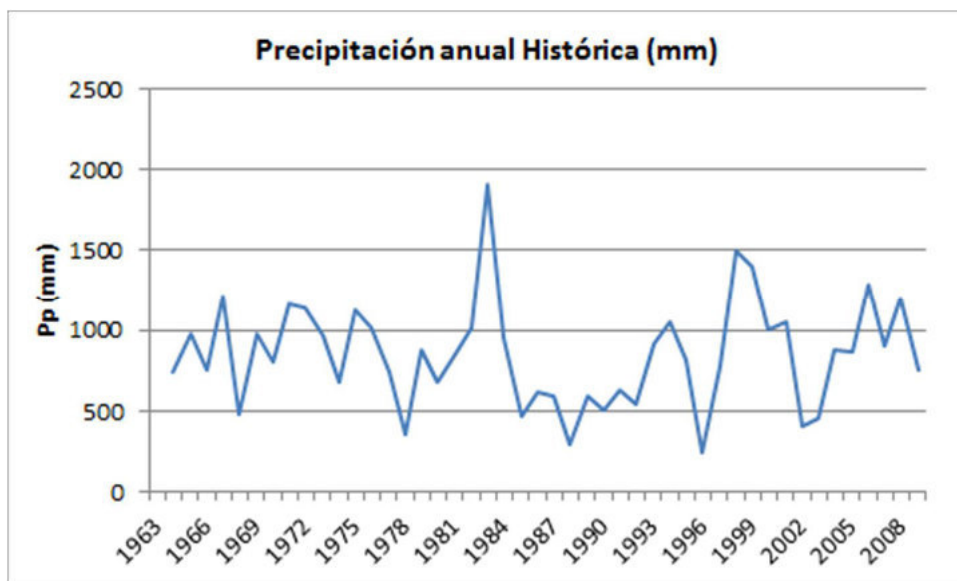


Gráfico N° 3.37
 Estación Morropón

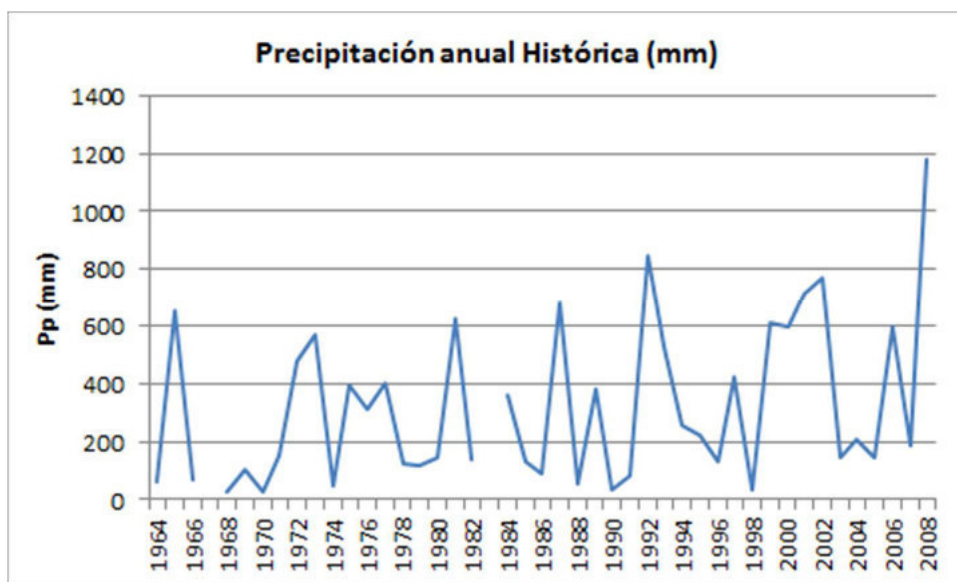
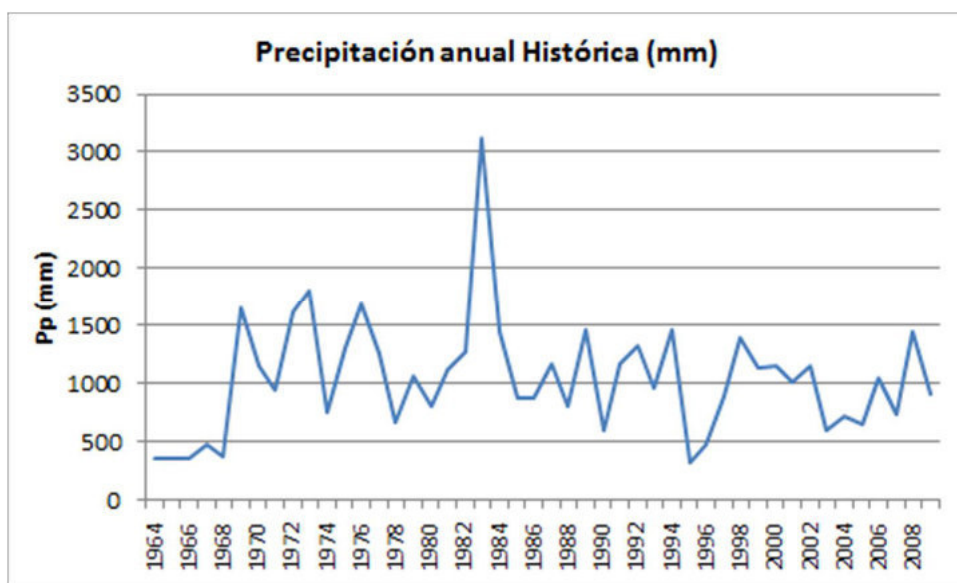


Gráfico N° 3.38

 Estación frías



En el Anexo 1 Información Pluviométrica, se presentan los Cuadros de precipitación histórica de las estaciones seleccionadas.

En los Gráficos N° 3.39 y 3.40 se presentan los hidrogramas de precipitación total mensual por grupos seleccionados y del periodo homogéneo que se va a evaluar en el análisis estadístico,

Gráfico N° 3.39

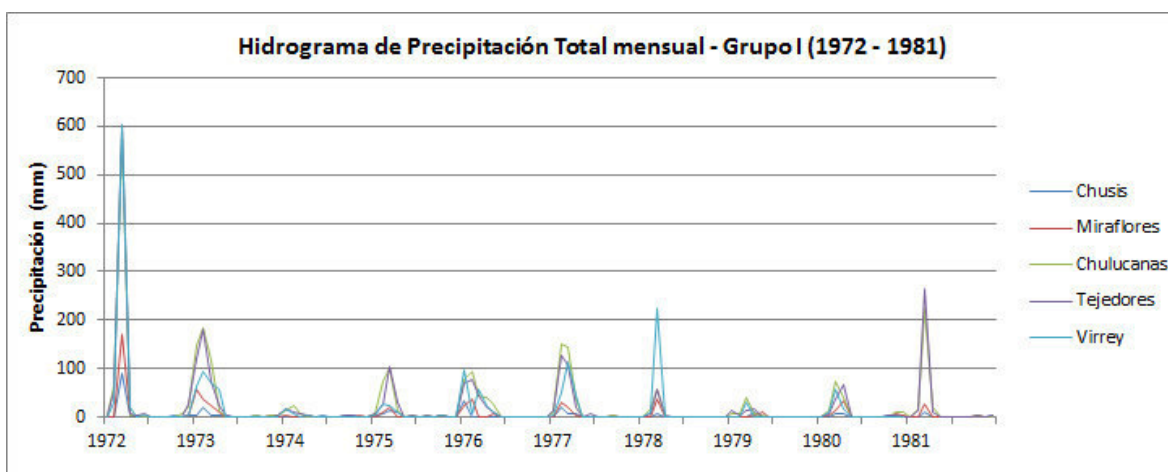
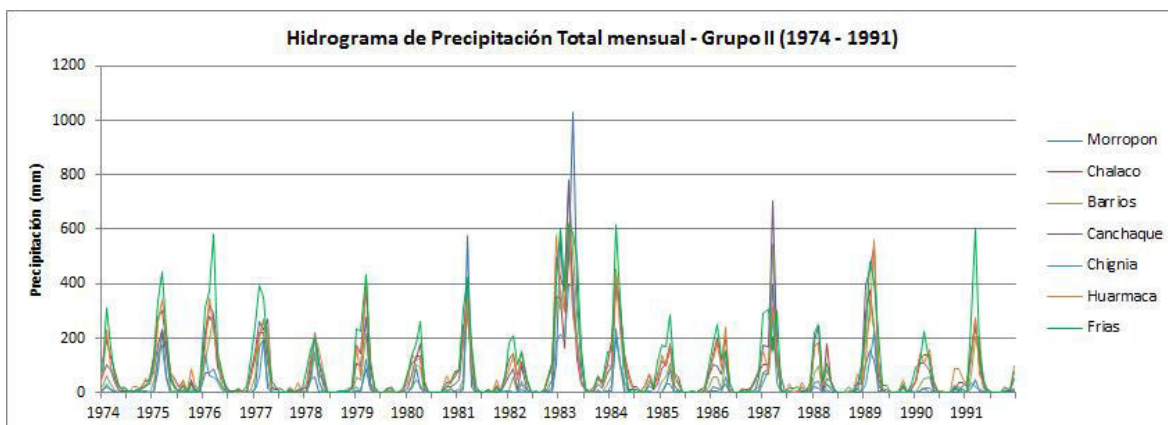


Gráfico N° 3.40



B. Análisis de Doble Masa

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 un patrón promedio de precipitaciones anuales con las precipitaciones anuales acumuladas de la estación en estudio, 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, toma de datos (metodología, instrumentación, personal operador), puedan afectar tal relación.

En los posibles quiebres en la recta analizada (cambio de pendiente), de ser necesario se aplicaran métodos estadísticos para confirmar que las posibles anomalías.

Para un adecuado análisis, se optó por agruparlas teniendo en consideración la cercanía dentro de la cuenca, similitud altitudinal, pluviosidad y periodo de registro concurrente, así se estableció lo siguiente:

- Doble Masa, estación Tejedores, Chulucanas, Chusis, Miraflores y Virrey, periodo 1972 - 1981.
- Doble Masa, estación Huarmaca, Canchaque, Chalaco, Barrios, Chignia, Morropón y Frias, periodo 1974 - 1991.

En los Cuadros N° 3.27 y 3.28 se muestran los datos del análisis de doble masa de las diferentes estaciones agrupadas por períodos de análisis.

Grupo de análisis I

Se seleccionaron las estaciones pertenecientes a la cuenca baja del río Piura considerando un periodo común de 1972 - 1981. Las estaciones seleccionadas son Tejedores, Chulucanas, Miraflores y Chusis.

El diagrama de doble masa (Gráfico 3.41) nos ayudó a determinar si existen o no saltos y/o tendencias estadísticamente significativos en las estaciones.

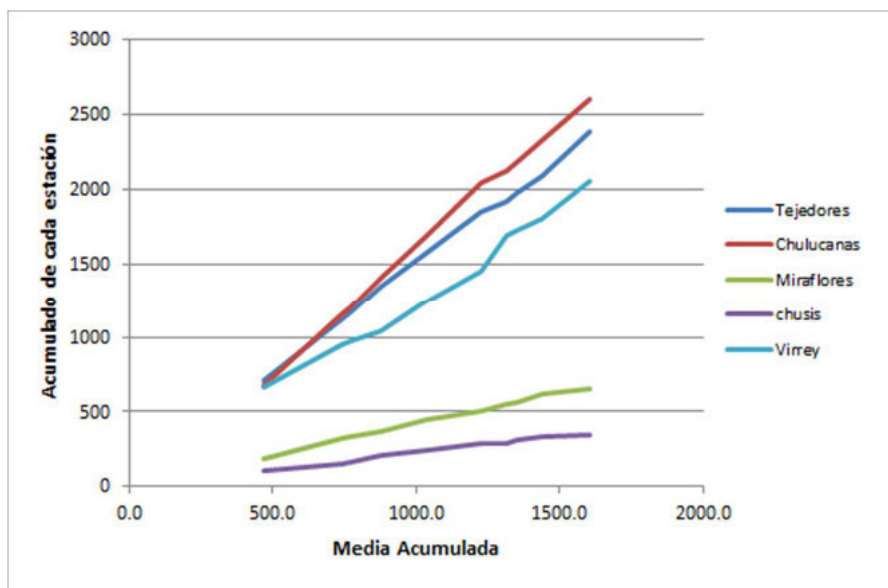
Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.27
Doble Masa de Estaciones del Grupo I

Años	Precipitación Total Anual (mm)					Precipitación Total Acumulada					Media
	Tejedores	Chulucanas	Miraflores	Chusis	Virrey	Tejedores	Chulucanas	Miraflores	Chusis	Virrey	
1972	708.7	680.6	185.7	105.5	660.5	708.7	680.6	185.7	105.5	660.5	468.2
1973	409.4	472.5	137.8	44.0	287.9	1118.1	1153.1	323.5	149.5	948.4	738.5
1974	46.3	50.3	12.2	16.2	27.9	1164.4	1203.4	335.7	165.7	976.3	769.1
1975	179.4	207.5	37.7	40.3	69.3	1343.8	1410.9	373.4	206.0	1045.6	875.9
1976	229.4	283.3	71.3	37.3	197.9	1573.2	1694.2	444.7	243.3	1243.5	1039.8
1977	275.1	348.5	60.8	40.9	211.9	1848.3	2042.7	505.5	284.2	1455.4	1227.2
1978	71.8	79.0	40.4	9.3	233.6	1920.1	2121.7	545.9	293.5	1689.0	1314.0
1979	52.4	62.7	14.7	13.6	32.9	1972.5	2184.4	560.6	307.1	1721.9	1349.3
1980	117.8	146.7	60.8	24.8	83.5	2090.3	2331.1	621.4	331.9	1805.4	1436.0
1981	288.5	268.0	32.2	17.9	248.2	2378.8	2599.1	653.6	349.8	2053.6	1607.0

El dato en rojo ha sido completado por correlación lineal sólo para el análisis de consistencia

Gráfico N° 3.41
Diagrama de Doble Masa - Grupo I



Grupo de análisis II

Se seleccionaron las estaciones pertenecientes a la cuenca media y alto Piura considerando el periodo común de 1974 - 1991. Las estaciones seleccionadas son Huarmaca, Chignia, Canchaque, Barrios, Chalaco, Morropón y Frias.

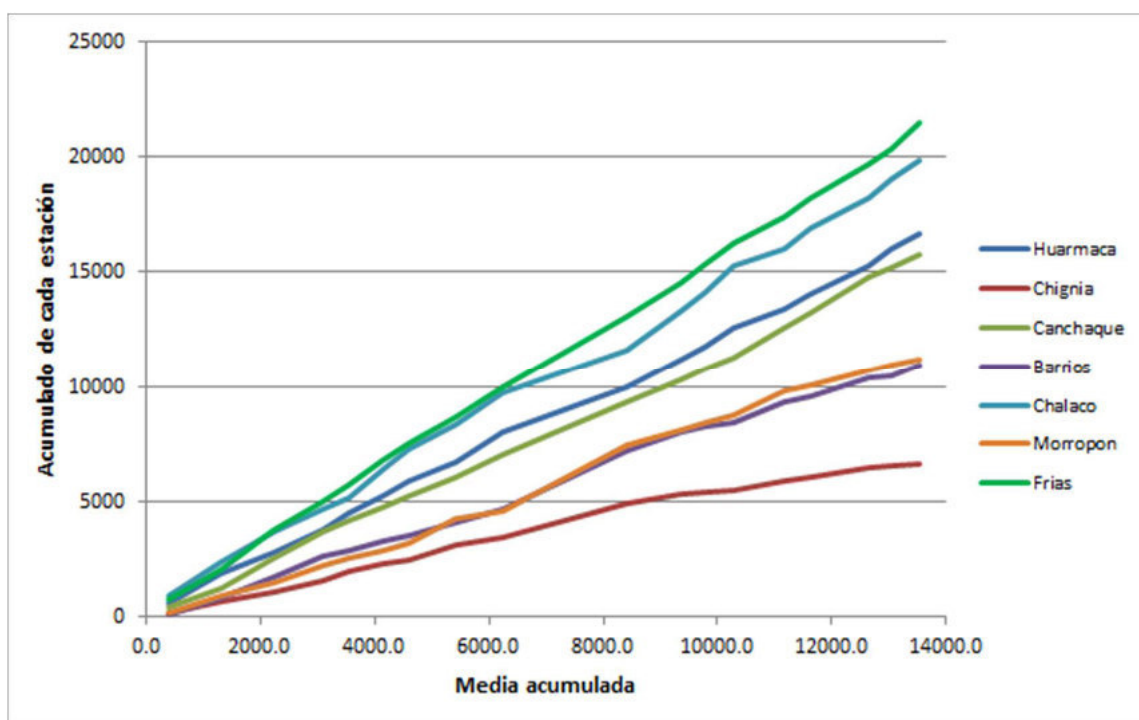
El diagrama de doble masa (Grafico 3.42) nos ayudó a determinar si existen o no saltos y/o tendencias estadísticamente significativos en las estaciones.

Cuadro N° 3.28
Doble Masa de Estaciones del Grupo II

Años	Precipitación Total Anual (mm)							Precipitación Total Acumulada (mm)							Promedio
	Huarmaca	Chignia	Canchaque	Barrios	Chalaco	Morropon	Frias	Huarmaca	Chignia	Canchaque	Barrios	Chalaco	Morropon	Frias	
1974	594.7	169.1	389.1	81.7	890.5	214.6	764.5	594.7	169.1	389.1	81.7	890.5	214.6	764.5	389.9
1975	1274.2	522.2	889.6	715.0	1464.1	706.3	1315.4	1868.9	691.3	1278.7	796.6	2354.6	920.9	2079.9	1318.5
1976	912.1	424.5	1288.0	966.1	1326.2	586.0	1689.6	2781.1	1115.8	2566.7	1762.8	3680.9	1506.9	3769.5	2235.7
1977	1005.3	442.8	1137.3	894.6	976.7	718.0	1254.2	3786.4	1558.5	3704.0	2657.4	4657.6	2224.9	5023.7	3098.1
1978	679.9	441.9	489.8	236.7	536.3	317.8	667.2	4466.3	2000.5	4193.7	2894.0	5193.9	2542.7	5690.9	3548.5
1979	809.2	264.9	564.1	388.9	1159.8	307.8	1064.8	5275.5	2265.4	4757.9	3283.0	6353.7	2850.5	6755.6	4131.0
1980	599.4	218.7	456.6	235.8	894.4	350.7	804.4	5874.9	2484.1	5214.5	3518.8	7248.1	3201.2	7560.0	4590.2
1981	869.1	597.4	869.5	572.2	1125.4	1031.6	1115.5	6744.0	3081.5	6084.0	4090.9	8373.5	4232.8	8675.5	5434.4
1982	1286.0	368.3	941.7	591.4	1320.6	336.5	1274.9	8030.0	3449.7	7025.6	4682.3	9694.1	4569.3	9950.4	6241.8
1983	1969.4	1439.5	2261.4	2501.4	1907.2	2891.1	3114.7	9999.4	4889.2	9287.0	7183.7	11601.3	7460.4	13065.1	8403.5
1984	1169.1	406.7	1050.1	805.0	1734.5	652.9	1443.2	11168.5	5295.9	10337.1	7988.7	13335.8	8113.3	14508.3	9373.2
1985	597.5	81.2	483.2	248.5	815.6	328.2	874.7	11766.0	5377.1	10820.3	8237.2	14151.4	8441.6	15383.0	9798.9
1986	811.9	76.3	483.6	220.4	1110.1	270.0	879.4	12577.9	5453.4	11303.9	8457.6	15261.5	8711.6	16262.4	10294.3
1987	816.0	453.3	1282.7	826.9	782.8	1116.1	1174.4	13393.9	5906.7	12586.6	9284.5	16044.3	9827.7	17436.8	11173.9
1988	656.1	141.4	635.3	252.7	854.9	217.0	815.1	14050.0	6048.1	13221.9	9537.2	16899.2	10044.7	18251.9	11633.5
1989	1252.0	397.9	1548.8	809.7	1342.3	684.5	1465.7	15302.0	6446.0	14770.7	10346.9	18241.4	10729.1	19717.6	12639.4
1990	712.1	76.5	406.8	153.3	751.0	188.0	603.3	16014.1	6522.5	15177.5	10500.2	18992.5	10917.2	20320.9	13020.7
1991	665.5	90.8	622.0	490.9	837.6	257.1	1179.9	16679.6	6613.3	15799.5	10991.1	19830.1	11174.3	21500.8	13514.6

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.42
Diagrama de Doble Masa - Grupo II



C. Análisis Estadístico

De acuerdo a los resultados de los análisis realizados, se procede a efectuar el análisis estadístico para verificar la consistencia tanto en la media como en desviación estándar. El análisis de tendencias en la precipitación se desarrollará en el Capítulo de Calidad de Aguas y Variabilidad Climática.

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Análisis de Saltos y Tendencias

El análisis estadístico de presencia de "Saltos y Tendencias" de la información pluviométrica a escala mensual, se realiza mediante los estadísticos "T" de Student para la comprobación de variaciones en la media, y "F" de Fischer en la evaluación de variancias. Estos test prueban si dos series de datos corresponden a una misma población. Se ha asumido periodos consistentes e inconsistentes luego de la correspondiente evaluación de los histogramas (análisis gráfico y de doble masa).

Los estadísticos Tc y Fc (calculados) están dados por las siguientes expresiones matemáticas:

$$T_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad S = \sqrt{\frac{\left(\frac{S_1}{n_1}\right)^2 + \left(\frac{S_2}{n_2}\right)^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2 \quad S_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (X_{i+n_1} - \bar{X}_2)^2$$

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad ; \quad (n_1 + n_2 - 2) \text{ grados de libertad.}$$

Siendo:

n_1, n_2 = Número de datos de las series 1 y 2.

S = Desviación estándar

Dónde:

X_{m1}, X_{m2} = Medias de los periodos consistente e inconsistente, respectivamente.

S_1, S_2 = Desviaciones típicas de los periodos consistente e inconsistente, respectivamente.

Al 95% de significancia estadística.

Para probar la consistencia del valor medio se utilizó la prueba T de Student y de manera similar para probar la consistencia de la desviación estándar se utilizó la prueba F de Fisher según las expresiones matemáticas mostradas. Los resultados se muestran en el cuadro N° 3.29.

Cuadro N° 3.29
Resumen del Análisis Estadístico

ESTACION	DESVIACION ESTANDAR		MEDIA	
	Fcalculado	Ftabulado	Tcalculado	Ttabulado
TEJEDORES	0.35	3.69	1.32	2.16
CHULUCANAS	0.94	4.74	0.16	2.13
MIRAFLORES	0.21	3.35	0.56	2.10
CHUSIS	0.21	3.68	1.54	2.12
HUARMACA	0.70	2.10	0.51	2.02
CHIGNIA	0.86	3.16	1.44	2.05
CANCHAQUE	0.67	3.47	0.51	2.06
BARRIOS	0.49	3.44	0.56	2.12
CHALACO	1.05	2.04	0.47	2.02
MORROPON	0.46	2.15	1.96	2.02
VIRREY	0.05	2.85	0.85	2.08

Rojo: Significancia al 5%
Azul: No significancia al 5%

De la evaluación realizada a la información pluviométrica y que resume el cuadro anterior, se observa que no se ha encontrado inconsistencia en la media ni en la desviación estándar, lo cual indica que la información de las estaciones seleccionadas son consistentes.

Corrección de Datos

En los casos que las medias y desviaciones estándar presentan cambios estadísticamente significativos, se procede a corregir las series mediante una ecuación que permite conservar los parámetros del periodo más confiable.

$$X' = \{(x-m1)/S1\} * S2 + m2 \quad \text{ü ü ü ü ü ü} \quad (1)$$

o

$$X' = \{(x-m2)/S2\} * S1 + m1 \quad \text{ü ü ü ü ü ü} \quad (2)$$

En donde:

X' = valor corregido

X = valor a ser corregido

La ecuación 1 se emplea para corregir el primer periodo y la ecuación 2 cuando se va a corregir el segundo periodo.

Las correcciones a realizar, que son a nivel de valores de precipitación anual, involucran también cambios proporcionales en los meses correspondientes al año concernido, lo que determina a su vez cambios en los parámetros estadísticos de los valores multimensuales.

De acuerdo a los cálculos realizados y comparando con los valores tabulares, se ha determinado que la data no presenta inconsistencia, por lo tanto no es necesario hacer la corrección de los datos de pluviometría.

3.2.5. Completación y Extensión de la Información Pluviométrica

Realizado el análisis de consistencia de la información histórica, se procedió a la completación de datos faltantes y extensión de los registros a un período común 1964-2008, que corresponde a 45 años.

Cabe precisar que la completación y extensión de las series de precipitación, fueron realizadas a nivel diario y por el método de la Correlación Lineal Múltiple, muy conocido en el campo de la hidrología.

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

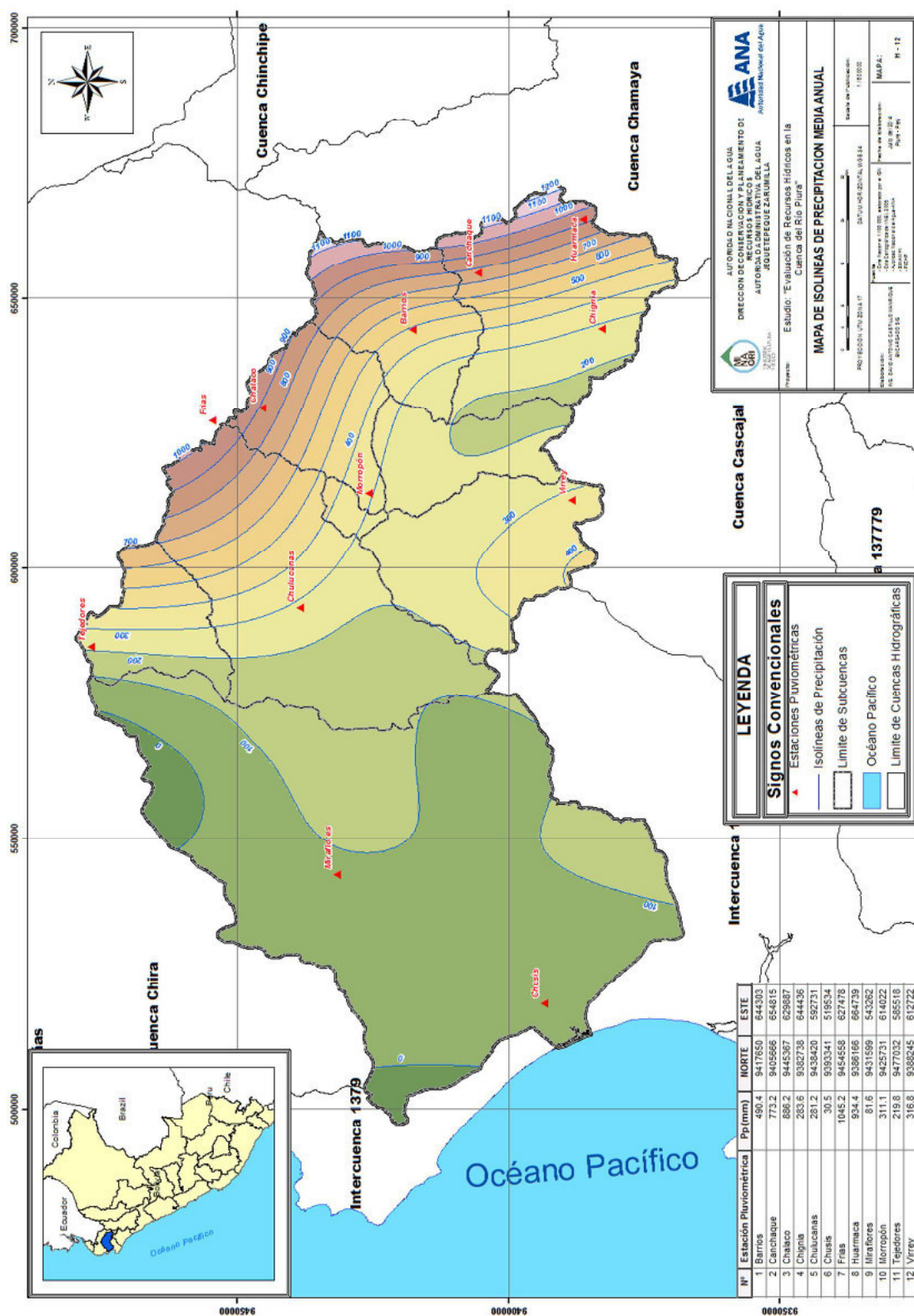
3.2.6. Variabilidad Espacial de la Precipitación en la cuenca

Existen muchos métodos para estimar la precipitación media areal en una cuenca. Los métodos más conocidos y aplicados en nuestro medio son los siguientes: Método de la Media Aritmética, Método de las Isoyetas y Método de los Polígonos de Thiessen.

Para evaluar la distribución espacial de la precipitación en la cuenca del río Piura, se ha optado por utilizar el método de las Isoyetas para estimar la precipitación media areal en cada sub cuenca, para ello se utilizaron las estaciones pluviométricas mostradas en el cuadro N° 3.14, con dicha información se realizó la caracterización de la pluviometría en la plataforma del ArcGIS, utilizando el método de interpolación Kriging, en la Figura N° 3.10 se muestra las Isoyetas anuales.

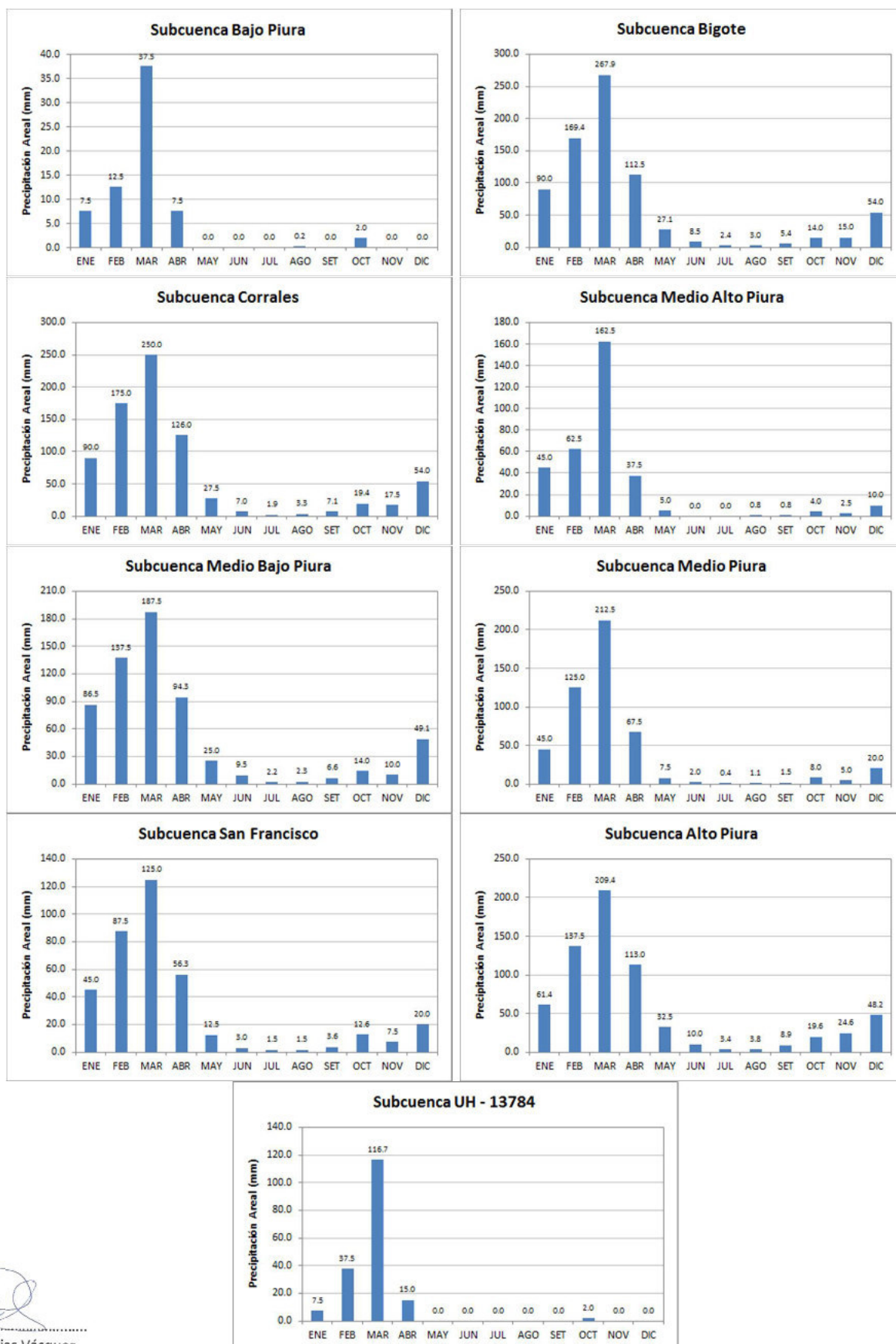
Asimismo en el Gráfico N° 3.43 se presenta la variación de la precipitación areal mensual en cada subcuenca.

Figura N° 3.10
Mapa de Isoyetas Anuales



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Gráfico N° 3.43
Precipitación Areal mensual - Subcuencas Hidrográficas



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.2.7. Régimen de la Precipitación Anual

La información pluviométrica utilizada en el presente estudio proviene de los registros de 12 estaciones meteorológicas distribuidas dentro del área de la cuenca.

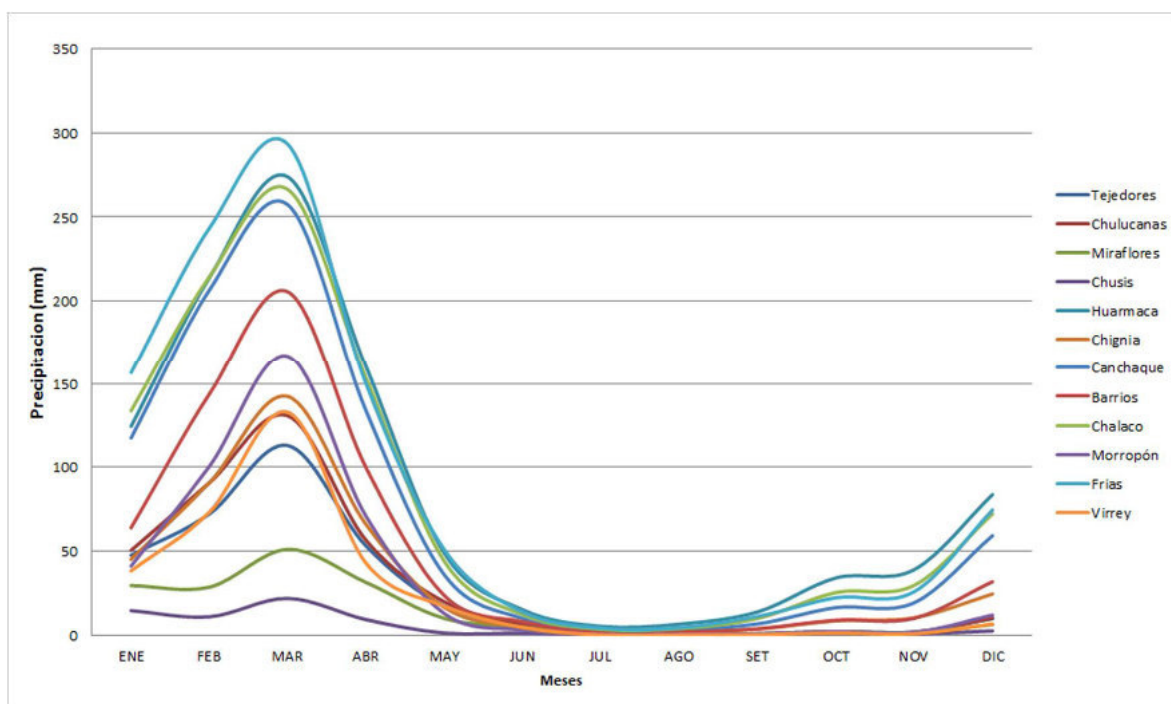
En el cuadro N° 3.30, se muestra el resumen de la precipitación total mensual y anual consistente y en el Gráfico N° 3.44, la variación mensual de la precipitación total.

Cuadro N° 3.30
Precipitación Total Mensual y Anual

Subcuenca	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total
Tejedores	47.5	72.1	113.0	53.1	17.1	6.3	0.4	0.3	0.6	2.0	1.6	9.8	323.9
Chulucanas	50.3	90.8	130.8	56.4	19.7	6.0	0.5	0.3	0.6	2.0	1.7	9.9	369.0
Miraflores	29.4	28.5	51.0	31.3	9.8	4.5	0.3	0.1	0.2	1.1	1.2	6.2	163.5
Chusis	14.5	10.8	21.8	9.1	1.1	1.1	0.2	0.2	0.4	1.0	0.6	2.4	63.0
Huarmaca	124.4	214.0	274.0	160.4	48.7	15.0	5.1	6.4	13.7	34.0	38.9	83.7	1018.3
Chignia	45.0	90.8	142.3	65.8	16.4	4.6	0.9	1.2	3.5	8.4	10.2	24.4	413.5
Canchaque	117.4	206.6	257.4	133.8	35.8	9.7	3.1	3.1	6.6	16.3	19.2	59.2	868.0
Barrios	63.9	143.8	205.5	99.7	23.4	7.8	1.4	1.7	3.7	8.7	9.9	31.7	601.3
Chalaco	133.7	214.6	266.5	153.4	43.9	12.0	3.4	3.8	9.8	25.3	29.5	72.2	968.0
Morropón	41.0	100.5	167.0	70.7	12.7	2.9	0.3	0.3	0.3	1.8	1.4	11.8	410.9
Frias	156.6	243.5	293.4	150.0	50.8	13.6	4.1	4.3	10.9	22.2	25.8	74.5	1049.6
Virrey	38.2	73.2	132.9	42.8	17.1	4.4	0.1	0.0	0.2	1.3	0.7	6.5	317.4

Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 3.44
Variación de la Precipitación Total



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

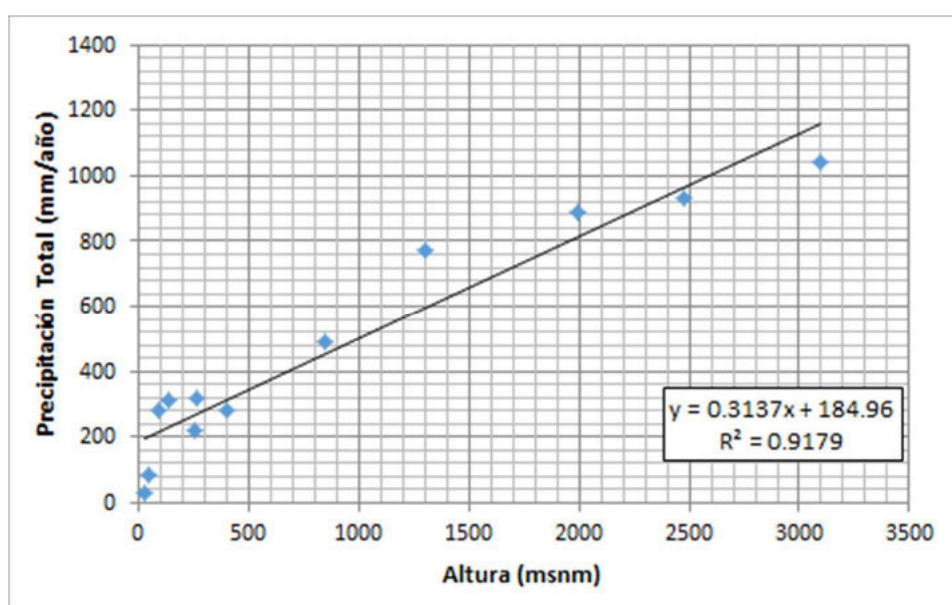
3.2.8. Gradiente Precipitación - Altitud.

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 0.313 mm/m, donde se observa la buena correlación que presenta entre estos parámetros.

En el gráfico N° 3.45 se muestra ecuación Precipitación-Altitud en donde intervinieron las 12 estaciones seleccionadas para el análisis de la precipitación.

Gráfico N° 3.45

 Precipitación - Altitud



3.3. HIDROMETRIA SUPERFICIAL

3.3.1. Estaciones Hidrométricas

El objetivo de la existencia de las estaciones de aforo 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 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 Piura fueron identificadas once estaciones de aforo de caudales con registro histórico (nueve de ellas monitoreadas por el proyecto Especial Chira Piura - PECHP y las otras dos monitoreadas 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.

Por ello es que la longitud de registro de datos de caudales en la mayoría de las estaciones comienza en 1972 y culminan en 1992; 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 dos grupos para realizar el análisis de doble masa, tomando como criterio los años homogéneos de datos y proximidad espacial.

De esa forma entonces se procedió a agrupar las estaciones con data homogénea, resultando en el primer grupo las estaciones de Malacasi, Carrasquillo, Ñacara y Tambo Grande; y al segundo grupo le corresponden las estaciones de San Francisco, Chililique, San Pedro, Paltashaco, Teodulo Peña y Barrios.

En el Cuadro N° 3.31, se muestra la ubicación política y geográfica de las estaciones utilizadas y la entidad que la monitorea.

Cuadro N° 3.31
Estaciones Hidrométricas

N°	Nombre de Estación	Cuenca	Departamento	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud	Altitud	Fuente
1	SAN FRANCISCO	San Francisco	Piura	Piura	Tambo Grande	80° 15'20"	04° 56'45"	85	PECHP
2	TAMBO GRANDE	Bajo Piura	Piura	Piura	Tambo Grande	80° 19'40"	04° 57'17"	65	PECHP
3	PUNTE ÑACARA	Medio Bajo Piura	Piura	Morropón	Chulucanas	80° 10'14"	05° 06'34"	84	PECHP
4	CHILILIQUE	Medio Bajo Piura	Piura	Morropón	Chulucanas	80° 04'20"	05° 01'55"	307	PECHP
5	PUNTE PALTASHACO	Corrales	Piura	Morropón	Sta. Catalina de Mossa	79° 53'30"	05° 06'44"	534	PECHP
6	TEODULO PEÑA	Corrales	Piura	Morropón	Yamango	79° 53'26"	05° 11'06"	205	PECHP
7	MALACASI	Medio Alto Piura	Piura	Morropón	Salitral	79° 53'10"	05° 19'47"	168	PECHP
8	BARRIOS	Bigote	Piura	Morropón	San Juan de Bigote	79° 41'44"	05° 17'00"	313	PECHP
9	SAN PEDRO	Medio Bajo Piura	Piura	Morropón	Chulucanas	80° 00'30"	05° 04'04"	241	PECHP
10	CARRASQUILLO	Medio Piura	Piura	Morropón	Buenos Aires	80° 01'01"	05° 13'01"	107	SENAMHI
11	PUNTE PIURA (SANCHEZ CERRO)	Bajo Piura	Piura	Piura	CASTILLA	80° 37'20"	05° 11'55"	34	SENAMHI

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro N° 3.32, se muestra la ubicación de las estaciones hidrométricas y el periodo de información histórica con que cuentan.

Cuadro N° 3.32
Ubicación de Estaciones Hidrométricas

Estación	Subcuenca drenaje	Parámetros	Periodo
SAN FRANCISCO <i>Lat. 04°56'45" - Long. 80°15'20"</i> <i>Alt. 85.0 ms.n.m.</i>	Qda. San Francisco	Caudales mensuales	1972 - 1982
TAMBO GRANDE <i>Lat. 04°57'17" - Long. 80°19'40"</i> <i>Alt. 65.0 ms.n.m.</i>	Río Piura	Caudales mensuales	1972-1982, 1998-2003
PUENTE ÑACARA <i>Lat. 05°06'34" - Long. 80°10'14"</i> <i>Alt. 84.0 ms.n.m.</i>	Río Piura	Caudales mensuales	1972-1991, 1998-2003
CHILILIQUE <i>Lat. 05°01'55" - Long. 80°04'20"</i> <i>Alt. 307.0 ms.n.m.</i>	Río Yapatera	Caudales mensuales	1974 - 1991
PUENTE PALTASHACO <i>Lat. 05°06'44" - Long. 79°53'30"</i> <i>Alt. 534.0 ms.n.m.</i>	Qda. Las Gallegas	Caudales mensuales	1972 - 1991
TEODULO PEÑA <i>Lat. 05°11'06" - Long. 79°53'26"</i> <i>Alt. 205.0 ms.n.m.</i>	Río Corrales	Caudales mensuales	1972 - 1992
MALACASI <i>Lat. 05°19'47" - Long. 79°53'10"</i> <i>Alt. 168.0 ms.n.m.</i>	Río Piura	Caudales mensuales	1972 - 1993
BARRIOS <i>Lat. 05°17'00" - Long. 79°41'44"</i> <i>Alt. 313.0 ms.n.m.</i>	Río Bigote	Caudales mensuales	1972 - 1992
SAN PEDRO <i>Lat. 05°04'04" - Long. 80°00'30"</i> <i>Alt. 241.0 ms.n.m.</i>	Río Yapatera	Caudales mensuales	1973 - 1993
CARRASQUILLO <i>Lat. 05°13'01" - Long. 80°01'01"</i> <i>Alt. 107.0 ms.n.m.</i>	Río Piura	Caudales mensuales	1962 - 1982



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Fuente: Elaboración propia

[illegible]

Pág. 184

3.3.2. Diagnóstico De Estaciones Hidrométricas

A. Estación Barrios

En la evaluación de campo, se verificó que la estación no existía y que había operado hasta el año 1982, pero actualmente se vienen realizando los trabajos para la reactivación de la estación tanto del tipo pluviométrica como hidrométrica.

Cuadro N° 3.33

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		BARRIOS		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		BIGOTE		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	SAN JUAN DEL BIGOTE
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		5°17'47.64"	79°41'55.27"	313 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9415195	644143	313 msnm
CONDICION		INOOPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA 1982		
FECHA DE EVALUACION		16/06/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		PECHP		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		MALO / NO EXISTE ESTACION		

Foto N° 3.13 Estación H Barrios




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

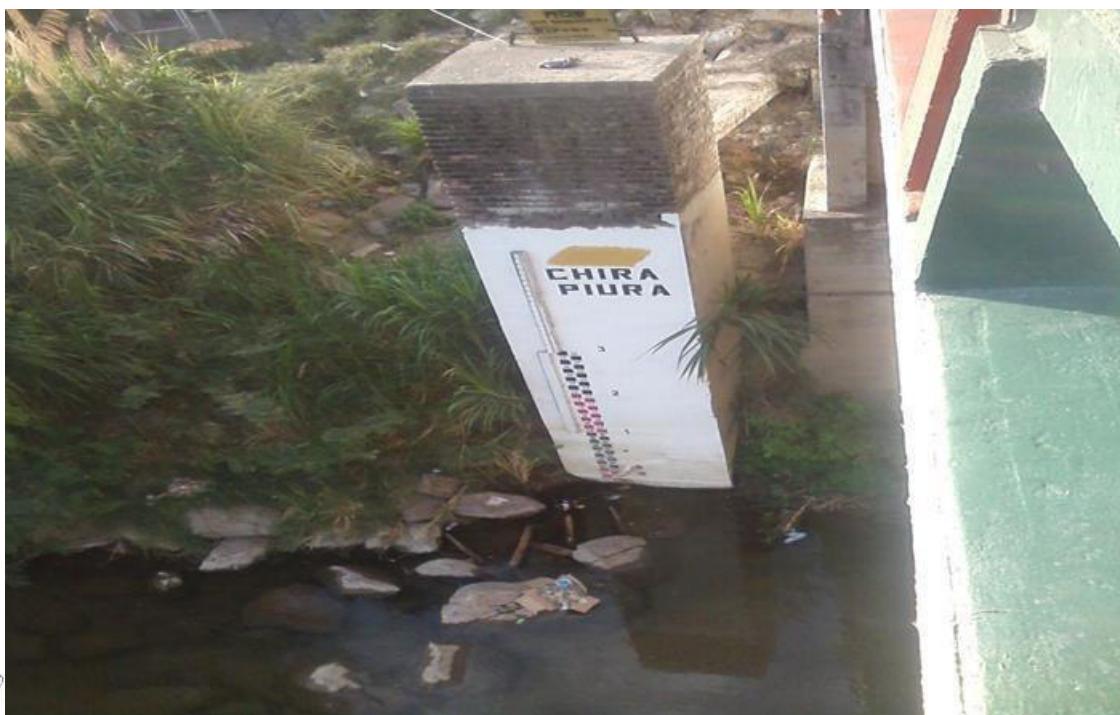
B. Estación Puente Ñacara

La estación se encuentra totalmente operativa, esta se encuentra ubicada en el Puente Ñacara, y cuenta con una regla del tipo limnigrafa de 4m de altura.

Cuadro N° 3.34

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		PUENTE ÑACARA		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	CHULUCANAS
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		5°06'46.99"	80°10'22.47"	84 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9434780	591674	84 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 2000 A LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		16/06/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		PECHP		
TIPO		HIDROLOGICA AUTOMATICA		
ESTADO DE CONSERVACION		MALO / NO EXISTE ESTACION		

Foto N° 3.14 Estación Puente Ñacara




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

C. Estación Puente Piura (Sánchez Cerro)

La estación se encuentra totalmente operativa, esta se encuentra ubicada en el Puente Piura, y cuenta con una regla del tipo limnigrafa de 4m de altura.

Cuadro N° 3.35

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		PUENTE PIURA (SANCHEZ CERRO)		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	PIURA	MIRAFLORES
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		5°11'37.15"	80°37'24.39"	34 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9425917	541731	34 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 1923 A LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		20/06/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		PECHP		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.15 Estación Puente Piura (Sánchez Cerro)





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

D. Estación Puente Paltashaco

No existe estación, esta se encontraba ubicada en el Puente Paltashaco, se recomienda reactivar la estación por ser el Río Las Gallegas una microcuenca importante que aporta al Río Corrales.

Cuadro N° 3.36

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		PUENTE PALTASHACO		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		LAS GALLEGAS		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	PIURA	SANTA CATALINA DE MOSSA
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		5°06'53.78	79°53'39.69"	534 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9434525	622551	534 msnm
CONDICION		INOPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		NO PRECISA		
FECHA DE EVALUACION		19/06/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		PECHP		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		MALO / NO EXISTE		

Foto N° 3.16 Estación Puente Paltashaco



E. Estación Malacasi

La estación se encuentra totalmente operativa, esta se encuentra ubicada en el Puente Salitral, y cuenta con una regla del tipo limnigrafa.

Cuadro N° 3.37

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		MALACASI		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	PIURA	SALITRAL
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		5°19'45.88"	79°53'15.58"	168 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9408959	628789	168 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		DESDE 1928 A LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		09/07/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		PECHP		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.17 Estación Salitral - Malacasi





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

F. Estación Tambogrande

La estación se encuentra operativa, esta se encuentra ubicada en el distrito de Tambogrande, cuenta con 03 reglas del tipo limnógrafo de 4m de altura.

Cuadro N° 3.38

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		TAMBOGRANDE		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	PIURA	TAMBOGRANDE
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		04°57'10.56"	80°19'44.76"	65 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9454345	572533	65 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		10/07/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		PECHP		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.18 Estación Tambogrande




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

G. Estación San Francisco

Actualmente no existe la estación, se recomienda reactivar la estación y colocarla en lugar mucho más seguro.

Cuadro N° 3.39

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		SAN FRANCISCO		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		QDA. SAN FRANCISCO		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	PIURA	SAN FRANCISCO
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		04°56'53.40"	80°15.22'16"	85 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9453019	582467	85 msnm
CONDICION		INOOPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		NO PRECISA		
FECHA DE EVALUACION		10/07/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		NO PRECISA		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.19 Estación San Francisco




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

H. Estación Chililique

Actualmente no existe la estación, se recomienda se reactive la estación.

Cuadro N° 3.40

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		CHILILIQUE		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		YAPATERA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	AYABACA	FRIAS
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05°01'20.64"	80°04'18.47"	307 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9444784	604744	307 msnm
CONDICION		INOOPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		NO PRECISA		
FECHA DE EVALUACION		20/07/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		PECHP		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		MALO / NO EXISTE		

Foto N° 3.20 Estación Chililique





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

I. Estación Teodulo Peña

Actualmente no existe la estación, se recomienda se reactive la estación.

Cuadro N° 3.41

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		TEODULO PEÑA		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		CORRALES		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	SANTA CATALINA DE MOSSA
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		05°11'18.49"	79°53'31.44"	205 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9426395	622791	205 msnm
CONDICION		INOOPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		NO PRECISA		
FECHA DE EVALUACION		20/07/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		NO PRECISA		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		MALO / NO EXISTE		

Foto N° 3.21 Estación Teodulo Peña



J. Estación San Pedro

La estación se encuentra en buenas condiciones, es del tipo limnigráfica, cuenta con 02 reglas del tipo limnigráfica una frontal y una lateral de 4m de altura.

Cuadro N° 3.42

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		SAN PEDRO		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		CHARANAL		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	CHULUCANAS
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		5°04'46.39"	80°00'58.11"	241 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9438459	609057	241 msnm
CONDICION		OPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA LA FECHA		
FECHA DE EVALUACION		27/08/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		NO PRECISA		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		BUENO		

Foto N° 3.22 Estación San Pedro




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

K. Estación Carrasquillo

Actualmente no existe estación, solamente existe un tramo del Puente.

Cuadro N° 3.43

FICHA DE EVALUACION DE ESTACIONES HIDROMETRICAS				
NOMBRE DE LA ESTACION		CARRASQUILLO		
VERTIENTE		OCEANO PACIFICO		
RIO		PIURA		
CUENCA DEL RIO		PIURA		
UBICACIÓN POLITICA		Departamento	Provincia	Distrito
		PIURA	MORROPON	CHULUCANAS
UBICACIÓN	Geográfica	Latitud	Longitud	Altitud
		5°13'03.55"	80°01'4.09"	107 msnm
	UTM	Norte	Este	Altitud
		9423499	608850	107 msnm
CONDICION		INOOPERATIVA		
PERIODO DE OPERACIÓN		HASTA 1983		
FECHA DE EVALUACION		29/08/2014		
ENTIDAD RESPONSABLE		NO PRECISA		
TIPO		HIDROMETRICA		
ESTADO DE CONSERVACION		MALO / NO EXISTE		

Foto N° 3.23 Estación Carrasquillo



3.3.3. Registros de Caudales Históricos

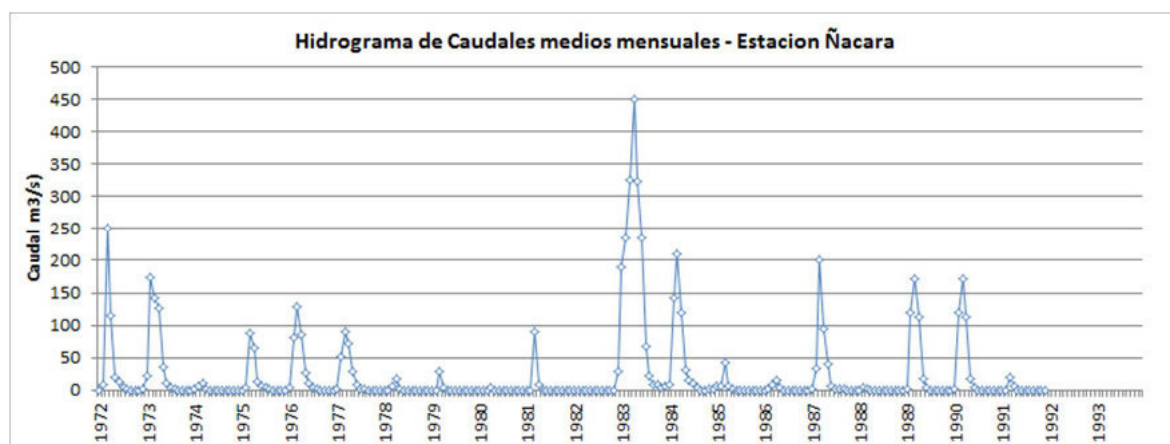
Se ha tomado en cuenta los caudales históricos de las estaciones seleccionadas, y se han realizado los hidrogramas mensuales con el fin observar el comportamiento de los datos.

En los cuadros siguientes se muestra la data histórica en las estaciones y en los gráficos se muestra los hidrogramas de caudales medio mensuales de cada estación.

Cuadro N° 3.44
Caudales Históricos - Estación Ñacara

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
1972	0.0	9.2	250.2	115.9	19.5	12.2	5.1	1.4	0.4	0.0	0.0	1.4	34.61
1973	22.4	172.9	142.4	127.1	36.6	11.6	4.0	2.1	0.6	0.3	0.0	0.5	43.38
1974	2.0	5.5	10.2	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.56
1975	0.0	4.7	86.9	66.2	13.6	6.2	2.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.13
1976	4.3	81.9	127.6	84.5	26.8	11.5	4.4	0.9	0.3	0.1	0.0	0.0	28.53
1977	0.8	52.4	91.0	73.0	29.9	7.5	2.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	21.49
1978	0.0	0.0	7.4	16.6	1.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.14
1979	0.0	0.0	28.7	4.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.76
1980	0.0	0.0	0.4	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44
1981	0.0	0.0	90.6	9.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.36
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.3	2.36
1983	190.4	235.3	326.4	449.7	323.4	234.7	67.7	21.5	9.0	7.6	4.1	6.5	156.36
1984	9.6	141.7	210.9	119.2	31.0	14.3	9.8	3.0	0.5	0.3	1.0	1.0	45.19
1985	5.7	6.9	41.4	6.4	1.3	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.22
1986	0.0	1.6	8.2	16.0	4.7	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.60
1987	2.5	34.3	201.6	93.7	40.2	5.5	2.4	1.4	0.7	0.3	0.2	0.0	31.91
1988	0.0	3.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.56
1989	0.7	118.7	171.1	112.9	17.5	3.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.39
1990	0.7	118.7	171.1	112.9	17.5	3.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.39
1991	0.0	0.0	18.8	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.09
Med	12.0	49.4	99.4	71.0	28.2	15.6	5.0	1.6	0.6	0.4	0.3	1.9	23.77
Desvest	42.3	70.9	97.1	101.8	70.9	51.8	15.0	4.8	2.0	1.7	0.9	6.4	

Gráfico N° 3.46

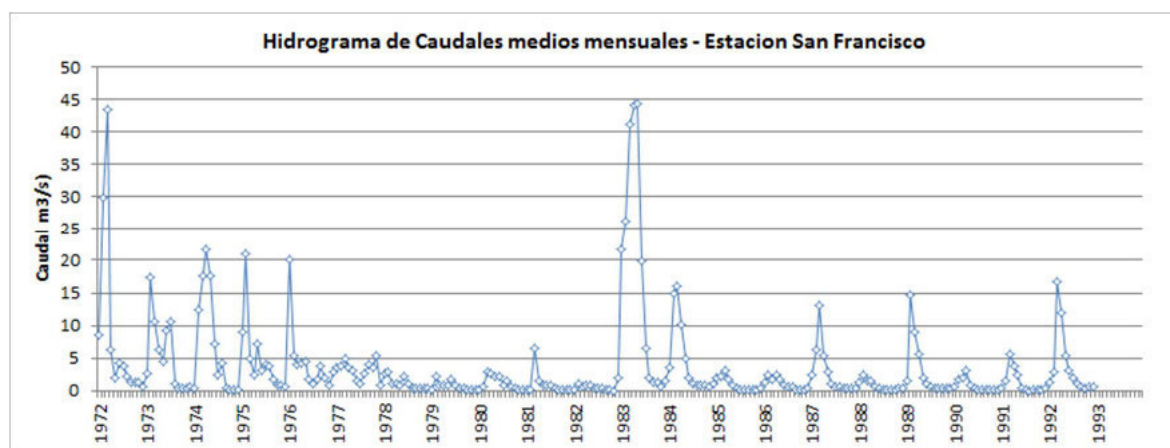


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.45
Caudales Históricos - Estación San Francisco

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1972	8.7	29.8	43.4	6.4	2.0	4.2	3.9	2.2	1.2	1.4	1.4	0.6	8.75
1973	2.6	17.3	10.7	6.4	4.5	9.2	10.6	1.0	0.5	0.3	0.3	0.5	5.32
1974	0.5	12.5	17.5	21.8	17.7	7.2	2.4	4.3	0.3	0.2	0.2	0.3	7.06
1975	8.9	21.0	4.9	2.4	7.3	3.2	4.0	3.7	1.7	0.9	0.8	0.7	4.96
1976	20.1	5.4	4.0	4.3	4.4	1.7	1.2	1.8	3.8	2.0	0.8	2.9	4.36
1977	3.6	3.7	5.0	3.7	3.0	1.6	1.1	2.6	4.0	3.5	5.3	0.8	3.17
1978	2.6	2.9	1.1	1.1	0.9	2.1	1.1	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	1.18
1979	0.3	2.3	0.8	0.8	1.0	1.7	0.9	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.76
1980	0.2	0.6	3.0	2.7	2.3	2.2	1.0	1.5	0.7	0.4	0.2	0.2	1.24
1981	0.1	0.2	6.5	1.5	0.9	0.8	0.8	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.98
1982	0.1	1.2	0.7	1.0	0.8	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	2.0	0.59
1983	21.6	26.2	41.2	44.2	44.3	19.9	6.5	2.1	1.2	1.3	0.7	1.5	17.56
1984	3.5	15.0	16.1	10.2	4.9	2.1	1.1	0.8	0.8	0.8	0.6	1.0	4.74
1985	2.1	2.2	3.2	1.8	0.9	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.98
1986	1.3	2.4	1.7	2.5	1.7	0.8	0.6	0.6	0.2	0.1	0.2	0.4	1.04
1987	2.5	6.2	13.1	5.4	2.9	1.0	0.7	0.7	0.4	0.4	0.3	0.4	2.83
1988	1.4	2.5	1.5	1.5	0.7	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.5	0.78
1989	1.6	14.7	9.1	5.7	2.1	1.0	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	3.11
1990	0.7	1.8	2.0	3.1	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.82
1991	0.3	1.6	5.6	3.8	2.4	0.5	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	1.25
1992	1.2	2.9	16.8	11.9	5.3	3.2	2.0	1.0	0.6	0.5	0.6	0.6	3.88
Med	4.0	8.2	9.9	6.8	5.3	3.0	1.9	1.2	0.8	0.6	0.6	0.7	3.59
Desvest	6.1	9.0	12.1	9.9	9.7	4.5	2.5	1.2	1.1	0.8	1.1	0.7	

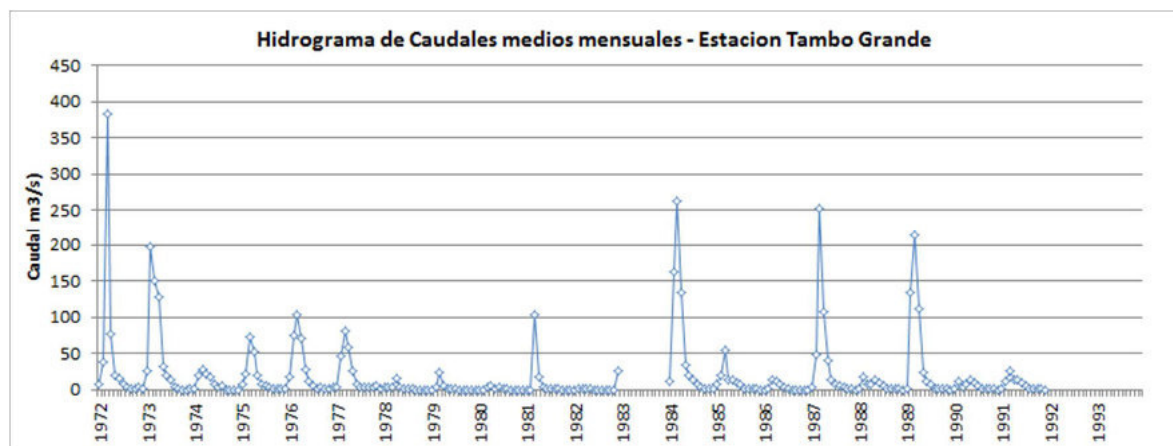
Gráfico N° 3.47



Cuadro N° 3.46
Caudales Históricos - Estación Tambo Grande

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1972	8.3	39.1	382.0	77.1	20.1	15.3	7.7	2.8	1.3	1.8	3.5	0.9	46.67
1973	26.2	198.0	151.4	128.2	31.9	19.8	13.0	2.7	1.0	0.5	0.5	0.9	47.84
1974	1.9	19.6	27.2	21.5	17.2	8.0	2.9	4.7	0.2	0.1	0.1	0.1	8.62
1975	6.9	21.0	72.7	53.0	20.9	7.7	6.0	4.3	1.9	0.9	0.8	0.6	16.38
1976	18.8	74.8	103.7	70.6	28.6	12.2	4.8	2.3	3.7	1.8	0.7	2.7	27.05
1977	4.0	45.5	81.6	58.3	26.1	6.8	3.6	3.1	4.0	3.5	5.7	1.7	20.35
1978	2.9	4.2	4.0	16.8	2.8	2.3	1.3	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	3.04
1979	0.4	3.3	24.8	6.4	1.8	2.3	1.0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	3.47
1980	0.1	0.5	3.5	5.4	2.5	2.7	0.8	1.2	0.2	0.1	0.1	0.0	1.43
1981	0.1	0.1	104.2	18.0	2.8	2.0	1.4	0.9	0.6	0.4	0.2	0.2	10.91
1982	0.2	0.9	0.9	1.2	0.8	0.5	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	25.9	2.59
1983													
1984	12.5	163.5	263.2	134.0	33.4	20.7	13.9	7.9	3.1	2.1	2.2	1.2	54.81
1985	8.0	19.8	54.7	14.5	13.7	10.2	6.9	2.4	0.7	0.6	0.7	0.3	11.04
1986	0.1	1.7	13.8	11.5	8.4	3.7	1.7	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	3.50
1987	4.2	48.0	251.8	107.1	39.5	14.0	8.4	4.9	3.9	1.9	1.0	0.3	40.42
1988	1.3	16.9	7.3	7.8	12.8	9.8	6.6	2.3	0.7	0.6	0.7	0.3	5.59
1989	2.2	134.6	214.3	111.0	24.4	12.3	7.0	2.3	0.7	0.6	0.7	0.3	42.53
1990	1.3	12.7	3.7	7.8	12.8	9.8	6.6	2.3	0.7	0.6	0.7	0.3	4.94
1991	1.3	12.7	26.9	14.4	12.8	9.8	6.6	2.3	0.7	0.6	0.7	0.3	7.43
Med	5.3	43.0	94.3	45.5	16.5	8.9	5.3	2.5	1.3	0.9	1.0	1.9	18.87
Desvest	7.1	58.8	109.9	45.8	11.9	5.9	3.9	1.9	1.3	0.9	1.4	5.8	

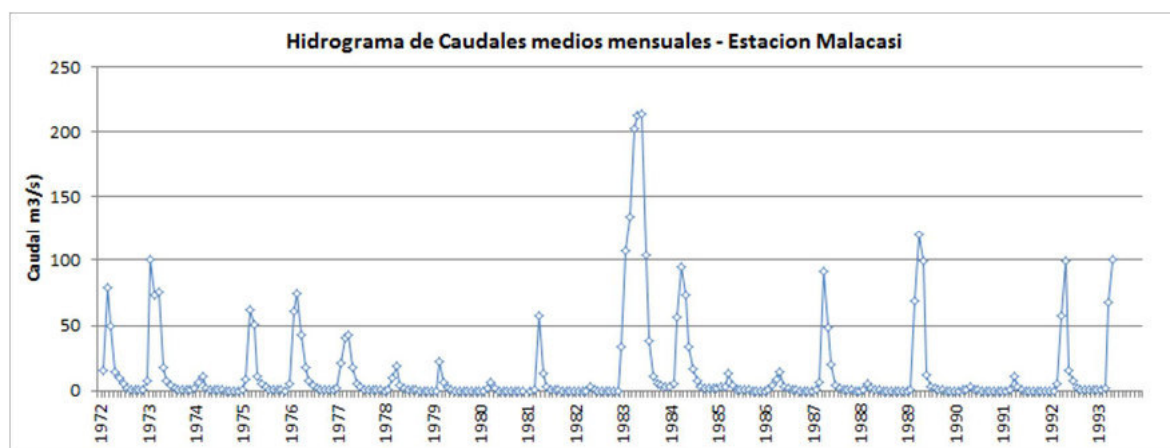
Gráfico N° 3.48



Cuadro N° 3.47
Caudales Históricos - Estación Malacasi

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1972		15.3	79.2	49.9	14.3	10.0	5.3	2.3	1.0	0.5	0.3	1.1	16.28
1973	7.8	100.8	73.6	75.2	17.6	8.2	4.3	2.3	1.3	0.9	0.7	0.8	24.45
1974	1.9	6.3	10.5	1.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	1.94
1975	0.7	9.3	62.4	50.2	11.4	5.7	3.5	1.4	0.9	0.5	0.5	0.2	12.23
1976	5.6	61.3	74.7	43.2	18.0	8.2	3.9	2.0	1.0	0.6	0.5	0.4	18.26
1977	2.2	21.6	40.8	42.7	17.7	5.9	3.6	1.3	0.9	0.6	0.5	0.4	11.52
1978	0.2	0.3	10.1	18.8	4.6	2.2	0.9	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	3.23
1979	0.1	0.1	22.8	6.8	2.1	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	2.78
1980	0.0	0.0	1.5	7.0	1.6	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.87
1981	0.0	1.3	57.0	13.7	3.1	1.0	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	6.43
1982	0.0	0.0	0.0	3.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.2	3.09
1983	107.8	134.6	202.2	212.8	214.2	103.7	37.9	10.9	5.0	3.9	3.2	3.0	86.61
1984	5.1	56.5	94.5	73.3	33.5	16.2	7.9	3.6	1.7	1.7	1.5	1.8	24.78
1985	3.1	2.7	13.3	4.7	1.4	1.0	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	2.31
1986	0.4	4.7	9.1	14.2	3.6	2.0	0.8	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	2.99
1987	1.3	7.1	91.7	47.9	19.8	4.2	1.9	0.9	0.6	0.4	0.3	0.2	14.68
1988	1.1	5.0	2.2	1.1	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.95
1989	1.4	69.2	119.3	99.8	11.9	3.5	2.0	0.8	0.3	0.3	0.3	0.1	25.75
1990	0.2	0.4	0.5	2.8	1.1	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.45
1991	0.1	0.3	10.5	3.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.25
1992	0.0	5.4	57.0	99.7	15.5	7.2	2.1	1.3	1.2	1.0	0.6	0.4	15.95
Med	7.0	23.9	49.2	41.5	18.8	8.6	3.6	1.4	0.7	0.6	0.4	2.0	13.18
Desvest	23.8	38.1	51.0	50.9	45.7	22.2	8.1	2.4	1.1	0.9	0.7	7.2	

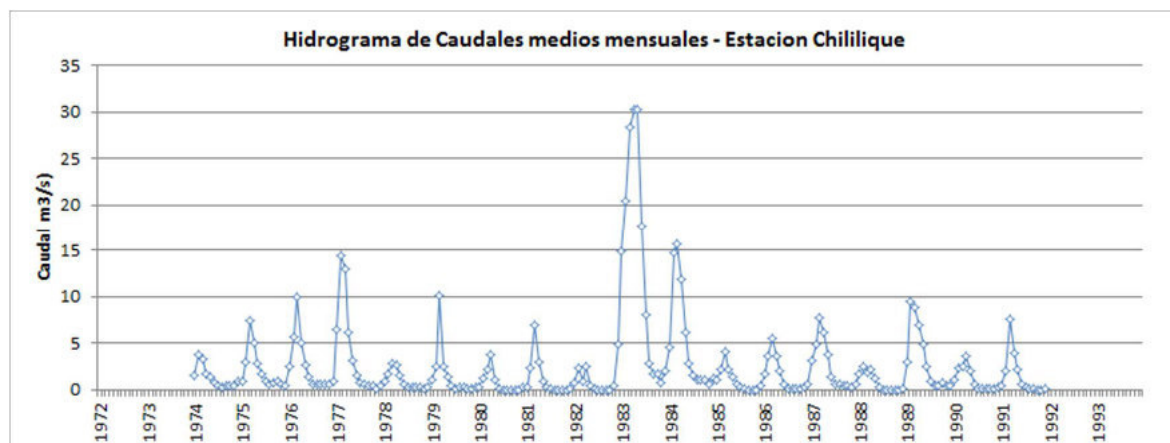
Gráfico N° 3.49



Cuadro N° 3.48
Caudales Históricos - Estación Chillique

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1972													
1973													
1974	1.5	3.7	3.3	1.7	1.4	0.7	0.5	0.3	0.4	0.5	0.4	0.8	1.28
1975	0.9	3.0	7.4	5.1	2.8	1.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	2.09
1976	2.5	5.7	9.9	5.1	2.7	1.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	1.0	2.59
1977	6.5	14.3	13.0	6.1	3.2	1.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.4	3.96
1978	0.8	1.7	2.8	2.7	1.5	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.97
1979	1.2	2.6	10.1	2.6	1.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	1.61
1980	0.3	1.3	2.2	3.7	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.75
1981	0.3	2.3	6.9	3.0	1.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.15
1982	0.7	2.3	0.9	2.5	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	4.8	1.02
1983	14.9	20.4	28.3	30.3	30.2	17.8	8.1	2.8	1.7	1.8	0.8	2.0	13.25
1984	4.6	14.8	15.6	11.9	6.1	2.8	1.6	1.0	1.1	1.0	0.7	1.3	5.20
1985	1.0	2.2	4.1	2.2	1.4	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	1.04
1986	1.7	3.7	5.5	3.6	2.1	0.6	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.7	1.55
1987	3.2	4.9	7.7	6.2	3.8	1.3	0.7	0.6	0.4	0.5	0.3	0.6	2.52
1988	1.7	2.5	1.8	2.1	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.82
1989	3.0	9.5	8.9	6.9	4.8	2.6	1.0	0.4	0.4	0.7	0.4	0.4	3.24
1990	1.1	2.4	2.5	3.6	2.0	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	1.07
1991	0.5	2.1	7.6	3.9	2.2	0.6	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	1.46
Med	2.6	5.5	7.7	5.7	3.9	1.9	0.9	0.4	0.4	0.4	0.3	0.8	2.53
Desvest	3.5	5.5	6.5	6.6	6.7	4.0	1.9	0.7	0.4	0.5	0.3	1.1	

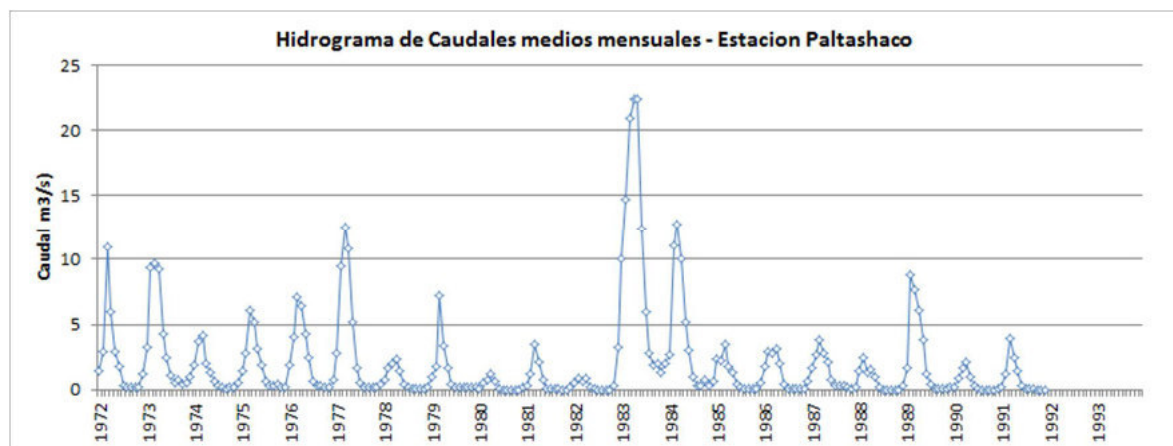
Gráfico N° 3.50



Cuadro N° 3.49
Caudales Históricos - Estación Paltashaco

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1972	1.5	2.9	11.0	6.0	2.9	1.8	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	1.2	2.37
1973	3.2	9.4	9.7	9.3	4.3	2.5	1.1	0.6	0.7	0.4	0.6	0.9	3.56
1974	2.0	3.7	4.1	2.0	1.3	0.6	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.5	1.26
1975	1.4	2.8	6.1	5.1	3.1	1.8	0.6	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	1.87
1976	1.9	4.0	7.2	6.4	4.3	2.5	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.8	2.40
1977	2.8	9.5	12.5	10.8	5.2	1.7	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	3.68
1978	0.8	1.6	2.0	2.4	1.4	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.79
1979	1.0	1.8	7.2	3.3	1.7	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.39
1980	0.1	0.6	0.8	1.2	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.30
1981	0.3	1.2	3.4	2.1	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.70
1982	0.5	0.9	0.6	0.9	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3.3	0.57
1983	10.1	14.7	20.9	22.4	22.4	12.5	6.0	2.8	1.9	2.0	1.4	2.0	9.91
1984	2.7	11.0	12.7	10.1	5.2	3.1	1.0	0.3	0.3	0.7	0.4	0.7	4.02
1985	2.4	2.3	3.4	1.8	1.3	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	1.07
1986	1.7	3.0	2.8	3.1	2.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	1.19
1987	1.7	2.7	3.8	2.9	2.1	0.8	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	1.28
1988	1.4	2.4	1.3	1.6	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.68
1989	1.7	8.8	7.7	6.1	3.9	1.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	2.53
1990	0.2	0.9	1.6	2.1	1.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52
1991	0.2	1.2	3.9	2.5	1.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.82
Med	1.9	4.3	6.1	5.1	3.3	1.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.2	0.6	2.05
Desvest	2.1	4.1	5.1	5.1	4.8	2.7	1.3	0.6	0.4	0.4	0.3	0.8	

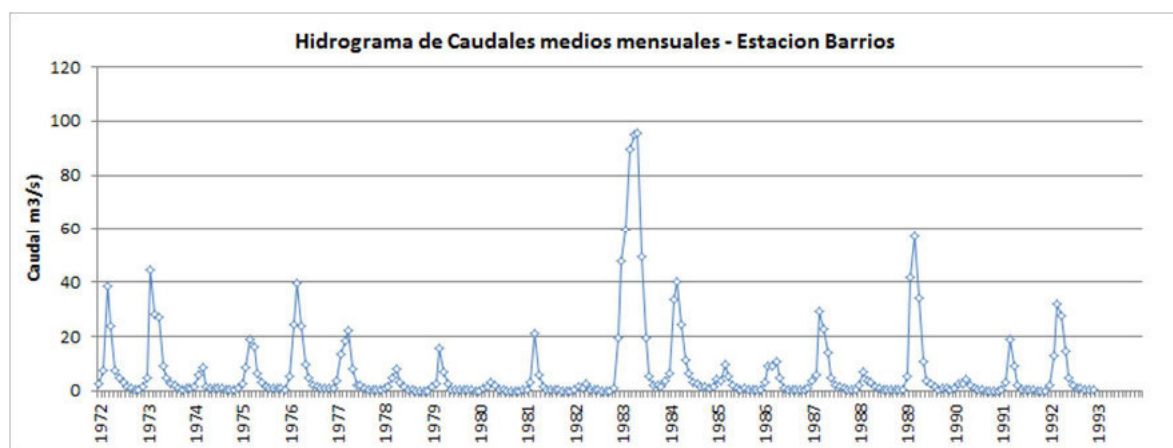
Gráfico N° 3.51



Cuadro N° 3.50
Caudales Históricos - Estación Barrios

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1972	2.8	7.6	38.2	23.5	7.4	4.8	3.0	1.5	0.8	0.7	0.5	1.5	7.69
1973	4.9	44.7	28.2	26.8	9.3	4.5	2.6	2.0	1.0	0.6	0.8	0.9	10.52
1974	1.8	6.1	8.4	1.7	1.0	0.9	0.8	0.7	0.3	0.3	0.3	0.8	1.93
1975	2.6	8.5	18.9	16.1	6.4	3.1	1.5	1.1	1.2	0.9	0.9	0.7	5.17
1976	5.5	24.2	39.5	24.0	9.6	4.7	2.3	1.4	0.9	0.9	0.8	1.2	9.58
1977	3.6	13.5	18.5	22.4	7.8	2.1	1.9	0.9	0.6	0.5	0.5	0.5	6.07
1978	0.7	1.6	4.9	7.9	3.3	1.3	0.4	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	1.76
1979	1.3	2.8	15.6	7.0	2.7	0.6	0.5	0.3	0.4	0.2	0.2	0.1	2.64
1980	0.1	1.1	1.7	3.3	1.9	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.81
1981	0.3	3.2	21.1	6.0	1.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	2.83
1982	0.4	1.4	0.9	2.8	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	19.5	2.26
1983	47.9	59.4	89.7	95.0	95.5	49.2	19.4	5.2	2.3	2.2	1.3	3.6	39.23
1984	6.4	33.8	40.0	24.2	11.1	6.5	3.4	2.8	1.7	1.6	1.2	1.8	11.22
1985	4.0	3.9	9.6	5.4	2.1	1.0	0.7	0.8	0.4	0.4	0.2	0.5	2.41
1986	3.1	9.1	9.4	10.6	4.6	0.9	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	0.9	3.35
1987	3.5	5.9	29.2	22.7	14.1	4.5	1.9	1.2	0.8	0.4	0.4	0.3	7.07
1988	2.2	6.9	3.8	3.2	1.4	0.7	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	1.64
1989	5.4	41.6	57.1	34.1	10.6	3.7	2.5	1.2	0.7	1.0	0.8	0.5	13.27
1990	0.8	2.5	2.3	4.3	2.3	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1.17
1991	0.2	3.3	19.0	9.0	2.1	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	2.95
1992	1.9	12.7	32.2	27.5	14.7	5.0	1.8	1.1	0.9	0.7	0.5	0.6	8.30
Med	4.7	14.0	23.2	18.0	10.0	4.6	2.1	1.1	0.6	0.5	0.5	1.7	6.76
Desvest	10.1	16.7	21.6	20.4	20.1	10.4	4.1	1.2	0.6	0.6	0.4	4.2	

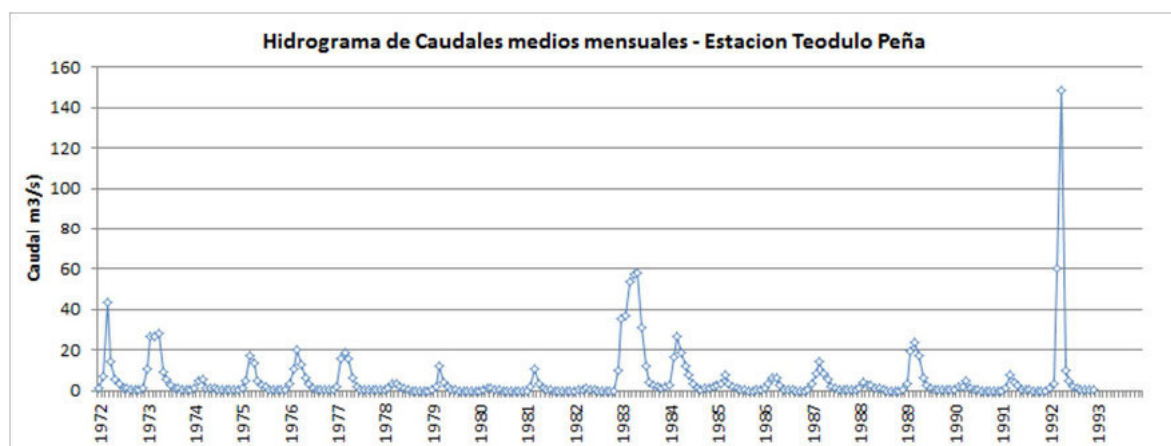
Gráfico N° 3.52



Cuadro N° 3.51
Caudales Históricos - Estación Teodulo Peña

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1972	1.4	7.2	43.5	14.5	5.3	3.6	1.0	1.1	0.7	0.5	0.3	1.5	6.71
1973	10.7	26.9	26.5	28.2	9.0	5.5	2.5	1.5	1.1	0.7	0.6	0.7	9.49
1974	1.5	5.0	5.5	1.5	1.2	1.1	0.8	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	1.52
1975	1.4	5.2	17.5	13.8	4.8	3.0	1.7	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	4.14
1976	3.1	10.9	20.0	13.1	6.4	3.7	1.6	0.8	0.6	0.4	0.4	0.6	5.13
1977	1.9	15.6	18.8	15.8	6.7	2.3	0.8	0.7	0.5	0.5	0.3	0.4	5.37
1978	0.4	1.2	3.3	3.6	1.8	1.0	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	1.03
1979	0.5	2.3	11.9	4.5	2.0	0.9	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1.92
1980	0.1	0.3	1.2	1.6	0.8	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.39
1981	0.2	2.4	10.8	3.4	1.1	0.4	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	1.57
1982	0.2	0.8	0.6	1.3	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	9.9	1.16
1983	35.1	37.0	53.5	57.4	57.6	31.2	12.1	4.4	3.0	2.0	1.4	1.9	24.71
1984	2.8	16.3	26.7	18.9	12.0	7.8	3.8	1.2	0.7	1.0	1.0	1.8	7.83
1985	3.0	3.2	8.2	3.4	1.8	1.2	0.4	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	1.85
1986	1.1	3.8	6.3	6.6	2.9	0.9	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.4	1.90
1987	3.3	8.2	14.6	8.6	5.3	2.2	1.3	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	3.76
1988	0.9	4.1	2.8	2.4	1.6	1.2	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	1.23
1989	3.2	19.8	23.8	17.4	6.4	2.7	1.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.2	6.44
1990	0.5	2.0	2.1	5.0	1.4	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	1.00
1991	0.2	1.5	7.5	4.3	2.7	0.7	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.46
1992	1.0	3.2	59.7	148.3	10.2	5.0	2.3	1.0	0.7	0.5	0.3	0.3	19.37
Med	3.4	8.4	17.4	17.8	6.7	3.6	1.6	0.7	0.5	0.4	0.3	0.9	5.14
Desvest	7.6	9.6	16.9	32.5	12.1	6.6	2.6	0.9	0.7	0.5	0.3	2.1	

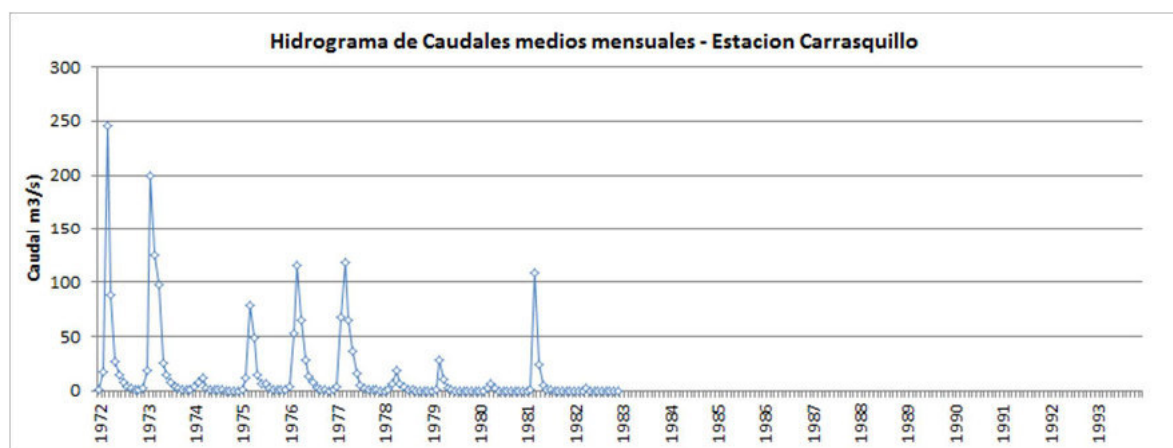
Gráfico N° 3.53



Cuadro N° 3.52
Caudales Históricos - Estación Carrasquillo

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1962									0.6	0.0	0.0	0.0	0.15
1963	0.0	0.0	8.9	8.4	2.7	1.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.82
1964	0.0	0.3	1.2	9.1	2.2	0.7	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.17
1965	0.1	0.2	157.5	190.1	45.8	10.1	3.9	1.5	0.5	0.3	0.2	0.2	34.20
1966	0.6	3.1	12.7	5.1	3.0	1.1	0.6	0.3	0.2		0.1	0.1	2.46
1967	1.7	20.9	19.6	5.4	2.1	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	4.38
1968	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0		0.0	0.07
1969	0.0	0.0	19.9	33.6	4.1	1.0	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	4.93
1970									0.0				0.00
1971	0.1	3.3	93.0	92.6	12.8	6.6	3.8	1.6	0.9	0.5	0.3	0.2	17.95
1972	1.2	16.8	245.2	87.5	27.0	14.6	8.3	4.0	1.9	1.0	0.5	2.6	34.22
1973	18.9	199.2	124.8	97.7	25.7	14.3	7.5	3.9	2.1	1.6	1.0	1.0	41.48
1974	3.2	7.3	12.0	2.7	1.3	0.9	0.9	0.6	0.3	0.3	0.1	0.1	2.47
1975	0.7	11.5	78.1	48.9	14.0	6.4	6.3	2.8	1.6	1.0	0.7	0.7	14.38
1976	3.7	53.1	114.7	65.5	28.2	13.4	8.5	2.7	1.1	0.7	0.3	0.6	24.38
1977	3.5	67.1	117.3	65.3	36.6	15.6	5.1	2.6	0.9	0.6	0.4	0.3	26.27
1978	0.1	0.4	6.6	18.3	7.1	3.7	1.4	0.6	0.3	0.1	0.0	0.0	3.23
1979	0.0	0.4	28.1	10.7	2.2	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	3.57
1980	0.0	0.0	2.6	7.1	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.03
1981	0.0	1.6	108.8	24.7	5.8	1.4	0.7	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	11.97
1982	0.0	0.0	0.0	2.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.21
Med	1.8	20.3	60.6	40.8	11.8	4.9	2.6	1.2	0.5	0.3	0.2	0.3	10.97
desvest	4.3	47.2	69.2	49.3	13.9	5.8	3.1	1.3	0.7	0.5	0.3	0.6	

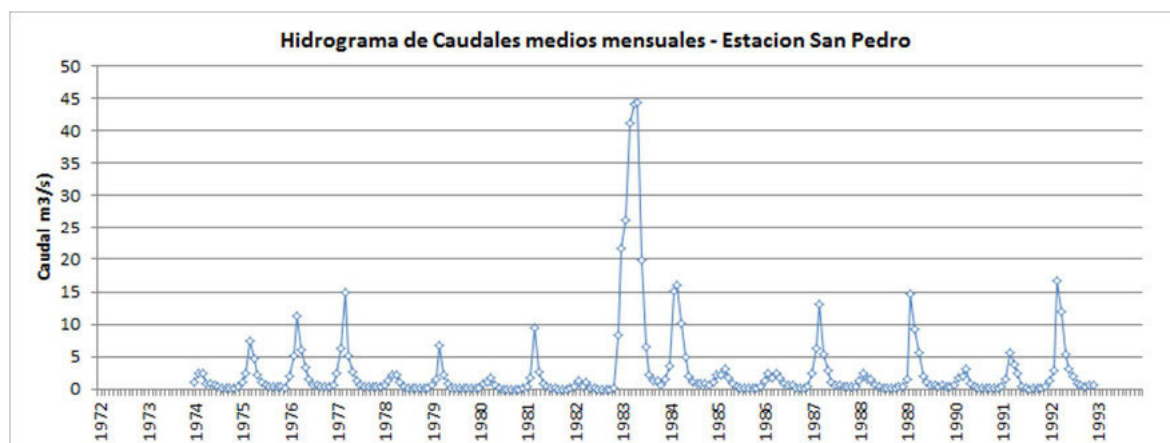
Gráfico N° 3.54



Cuadro N° 3.53
Caudales Históricos - Estación San Pedro

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1972													
1973								0.8	0.8	0.6	0.5	0.6	0.66
1974	1.0	2.5	2.5	0.9	0.9	0.6	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.83
1975	1.1	2.4	7.4	4.7	2.1	1.2	0.5	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	1.74
1976	2.0	5.0	11.3	6.1	3.4	1.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	2.70
1977	2.4	6.3	14.8	5.1	2.7	1.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.93
1978	0.7	1.4	2.1	2.2	1.0	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.73
1979	0.6	1.5	6.6	2.2	0.8	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1.07
1980	0.1	0.9	1.1	1.8	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.40
1981	0.3	1.8	9.4	2.6	0.8	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.29
1982	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	8.3	1.00
1983	21.6	26.2	41.2	44.2	44.3	19.9	6.5	2.1	1.2	1.3	0.7	1.5	17.55
1984	3.5	15.0	16.1	10.2	4.9	2.1	1.1	0.8	0.8	0.8	0.6	1.0	4.73
1985	2.1	2.2	3.2	1.8	0.9	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.99
1986	1.3	2.4	1.7	2.5	1.7	0.8	0.6	0.6	0.2	0.1	0.2	0.4	1.05
1987	2.5	6.2	13.1	5.4	2.9	1.0	0.7	0.7	0.4	0.4	0.3	0.4	2.84
1988	1.4	2.5	1.5	1.5	0.7	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.5	0.77
1989	1.6	14.7	9.1	5.7	2.1	1.0	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	3.11
1990	0.7	1.8	2.0	3.1	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.82
1991	0.3	1.6	5.6	3.8	2.4	0.5	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	1.26
1992	1.2	2.9	16.8	11.9	5.3	3.2	2.0	1.0	0.6	0.5	0.6	0.6	3.89
1993	1.4	6.1	18.9	10.0									9.11
Med	2.3	5.2	9.2	6.3	4.1	1.9	0.8	0.4	0.3	0.3	0.3	0.8	2.83
Desvest	4.6	6.4	9.6	9.5	9.8	4.4	1.5	0.5	0.3	0.3	0.2	1.8	

Gráfico N° 3.55



3.3.4. Análisis de Consistencia

Se evaluó la consistencia de los registros de caudales medios 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 comprende: análisis de hidrogramas anuales y mensuales, análisis de doble masa y análisis estadístico. La información hidrométrica correspondió a los registros históricos de las estaciones: San Francisco, Tambo Grande, Puente Nácara, Chililique, Paltashaco, Teodulo Peña, Malacasi, Barrios, San Pedro, Carrasquillo y Puente Piura (Sanchez Cerro).

Para un mejor análisis de los datos, se estableció dos grupos que cuentan con un período común entre las estaciones hidrométricas en función al período de registro existente, el primer grupo corresponde a las estaciones que se ubican en el cauce principal del río Piura siendo Malacasi, Carrasquillo Nácara y Tambo Grande con un periodo de 1972 a 1992; y el segundo grupo corresponde a las estaciones ubicadas en los afluentes del río Piura los cuales son San Francisco, Chililique, San Pedro, Paltashaco, Teodulo Peña y Barrios, siendo el periodo también de 1972 a 1992.

A. Análisis Gráfico

Se elaboraron hidrogramas históricos a nivel anual 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 regional de los caudales analizados.

Los hidrogramas se usaron con la finalidad de establecer el período de registro más confiable en cada serie analizada, es decir estos fueron comparados simultáneamente a nivel mensual y anual, con el propósito de visualizar si tienen un comportamiento similar y detectar cualquier anomalía.

En los Gráficos N° 8.10 y 8.11, se presenta los hidrogramas de caudales anuales del Grupo 1 y Grupo 2, respectivamente, de las estaciones seleccionadas para el análisis y en los Gráficos 8.12 y 8.13 se muestran los hidrogramas mensuales de los ríos del grupo 1 y grupo 2, respectivamente, en ambos casos se observa que los ríos tienen un comportamiento similar de acuerdo a su régimen hidrológico, observándose en el grupo 1, un valor extremo en todas las estaciones, registrado en el año 1983, año que coincide con la presencia del Fenómeno de El Niño.

Gráfico N° 3.56
Hidrograma Anual - Grupo 1

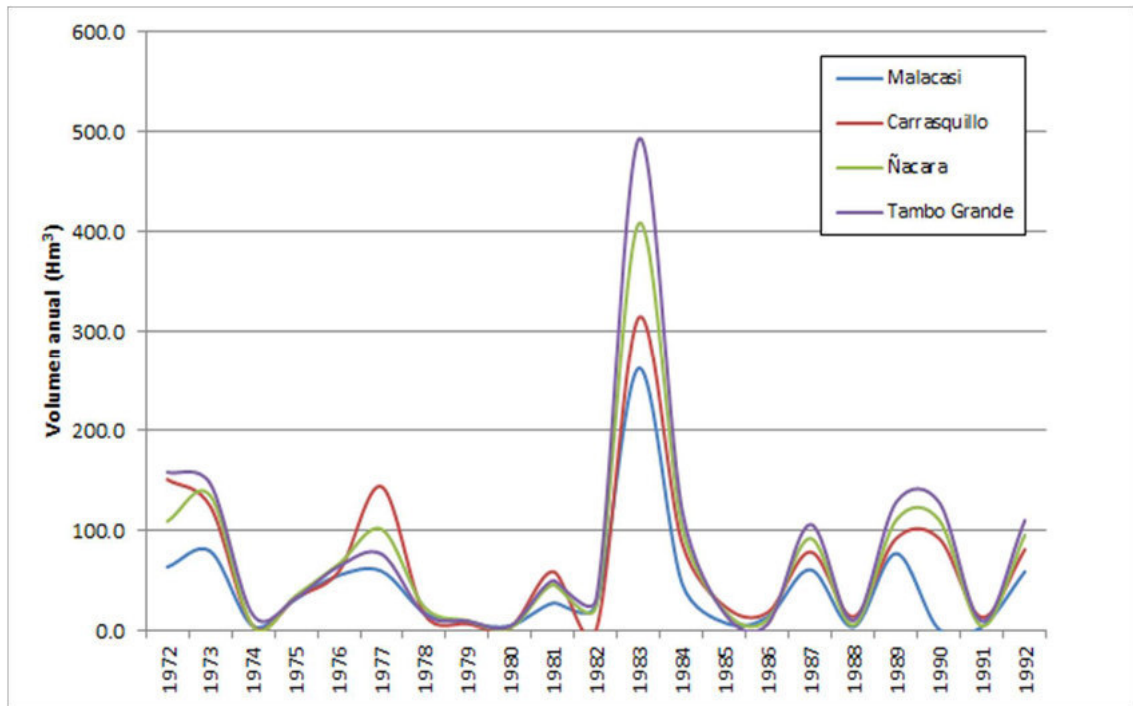
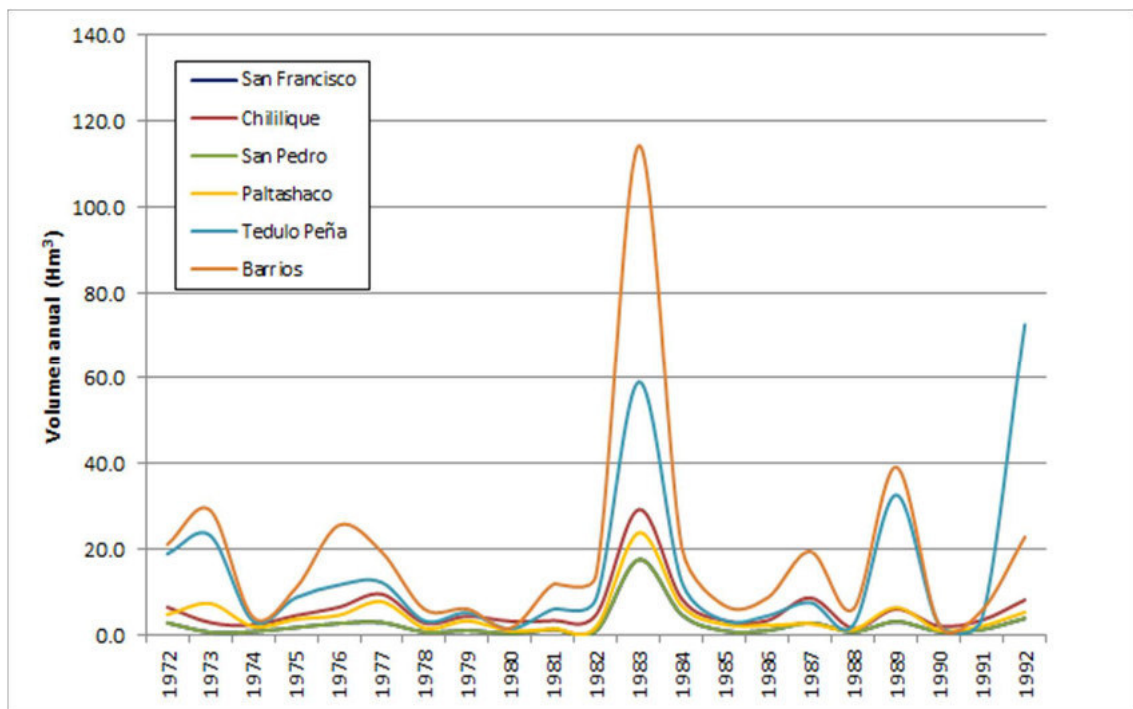


Gráfico N° 3.57
Hidrograma Anual - Grupo 2



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Gráfico N° 3.58
Hidrograma Mensual - Grupo 1

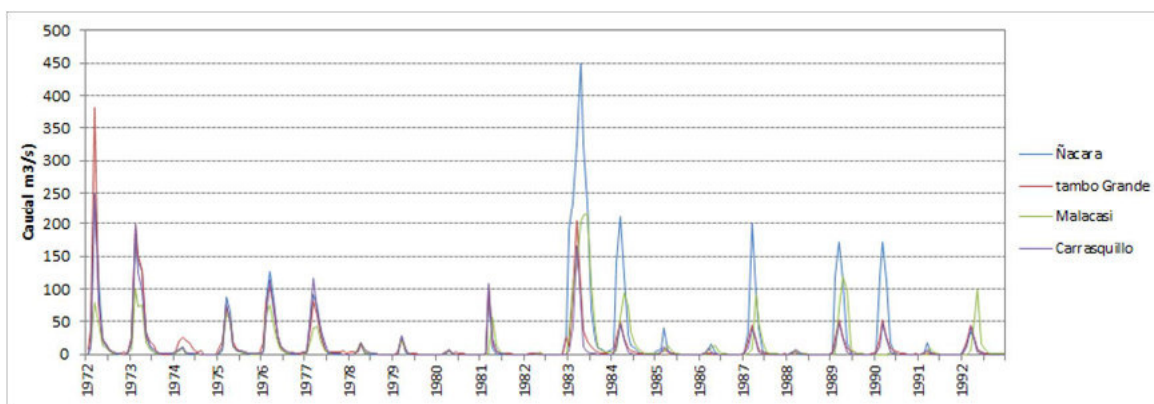
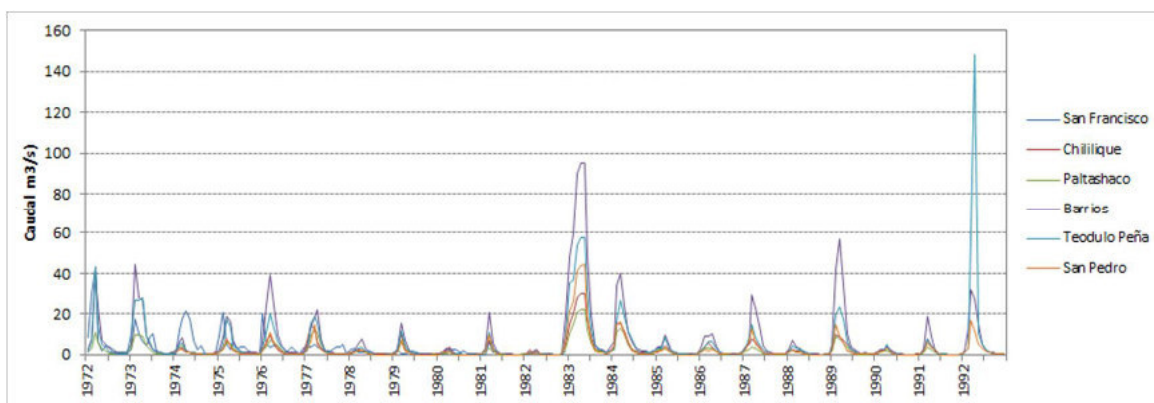


Gráfico N° 3.59
Hidrograma Mensual - Grupo 2



Los hidrogramas mostrados, tanto anuales como los mensuales, muestran un comportamiento similar para cada grupo analizado, pudiendo concluir que la información registrada en las estaciones son confiables ya que se observa buena correlación en cuanto a su comportamiento, y que además se encuentran dentro de la cuenca del río Piura.

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 años de datos y el periodo de registro concurrente, así se establecieron dos grupos de análisis, el grupo 1 que corresponde a las estaciones de Malacasi, Carrasquillo, Ñacara, y Tambo grande, en el periodo 1972 a 1992; y el grupo 2 que corresponde a las estaciones San Francisco, Barrios, Teodulo Peña, San Pedro, Chililique, Paltashaco, también con el periodo 1972 a 1992.


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.54
Análisis de Doble Masa - Grupo 1
Acumulado de las estaciones (m³/s)

Año	Malacasi	Carrasquillo	Ñacara	Tambo Grande	Promedio
1972	63.40	150.74	109.03	158.02	120.30
1973	79.21	124.21	134.83	146.68	121.23
1974	4.44	4.44	3.92	15.29	7.02
1975	31.58	33.12	34.98	32.62	33.07
1976	55.13	59.10	66.42	64.17	61.20
1977	59.25	143.60	101.04	76.33	95.06
1978	17.81	16.12	23.22	16.24	18.35
1979	7.47	6.85	9.99	9.45	8.44
1980	4.73	3.06	2.65	4.48	3.73
1981	27.55	58.89	45.78	49.83	45.51
1982	25.74	0.68	23.92	31.13	20.37
1983	262.16	314.15	408.33	493.05	369.42
1984	47.64	88.15	105.11	121.76	90.67
1985	7.87	24.23	19.33	16.74	17.04
1986	13.32	17.84	10.77	6.25	12.04
1987	60.70	78.51	92.17	105.92	84.32
1988	3.76	13.76	5.28	9.98	8.19
1989	76.96	92.06	110.34	128.17	101.88
1990	1.19	92.06	110.34	128.17	82.94
1991	3.80	13.20	4.53	9.37	7.72
1992	58.78	80.89	95.37	109.84	86.22

Fuente: Elaboración propia

Los datos en rojo son datos completados mediante Correlación Lineal solo para la realización del análisis de consistencia

Cuadro N° 3.55
Análisis de Doble Masa - Grupo 2
Acumulado de las estaciones (m³/s)

Año	San Francisco	Chililique	San Pedro	Paltashaco	Tedulo Peña	Barrios	Promedio
1972	2.86	6.49	2.86	4.77	18.92	21.11	9.50
1973	0.66	2.90	0.66	7.37	23.18	29.05	10.63
1974	0.83	2.34	0.83	1.97	3.23	4.11	2.22
1975	1.75	4.56	1.74	3.66	8.71	10.96	5.23
1976	2.71	6.47	2.70	4.60	11.67	25.55	8.95
1977	2.94	9.54	2.93	7.81	12.28	19.37	9.14
1978	0.73	2.78	0.73	1.63	3.28	5.98	2.52
1979	1.07	4.36	1.07	3.26	5.17	6.06	3.50
1980	0.40	3.21	0.40	1.00	1.44	1.60	1.34
1981	1.29	3.34	1.29	1.45	6.03	11.83	4.20
1982	0.99	4.73	1.00	1.91	8.49	13.99	5.19
1983	17.56	29.24	17.55	23.85	58.96	114.36	43.59
1984	4.74	8.43	4.73	6.78	12.35	20.39	9.57
1985	0.98	3.36	0.99	2.45	3.34	6.84	2.99
1986	1.04	3.34	1.05	2.24	4.48	8.67	3.47
1987	2.83	8.67	2.84	2.59	7.56	19.40	7.32
1988	0.78	1.56	0.77	1.26	2.32	6.07	2.12
1989	3.11	6.07	3.11	6.44	32.65	39.12	15.08
1990	0.82	2.09	0.82	1.15	2.29	2.41	1.60
1991	1.25	3.47	1.26	2.08	3.86	5.74	2.94
1992	3.88	8.17	3.89	5.32	72.77	22.83	19.48

Fuente: Elaboración propia

Los datos en rojo son datos completados mediante Correlación Lineal solo para la realización del análisis de consistencia

Gráfico N° 3.60
 Diagrama Doble Masa - Grupo 1

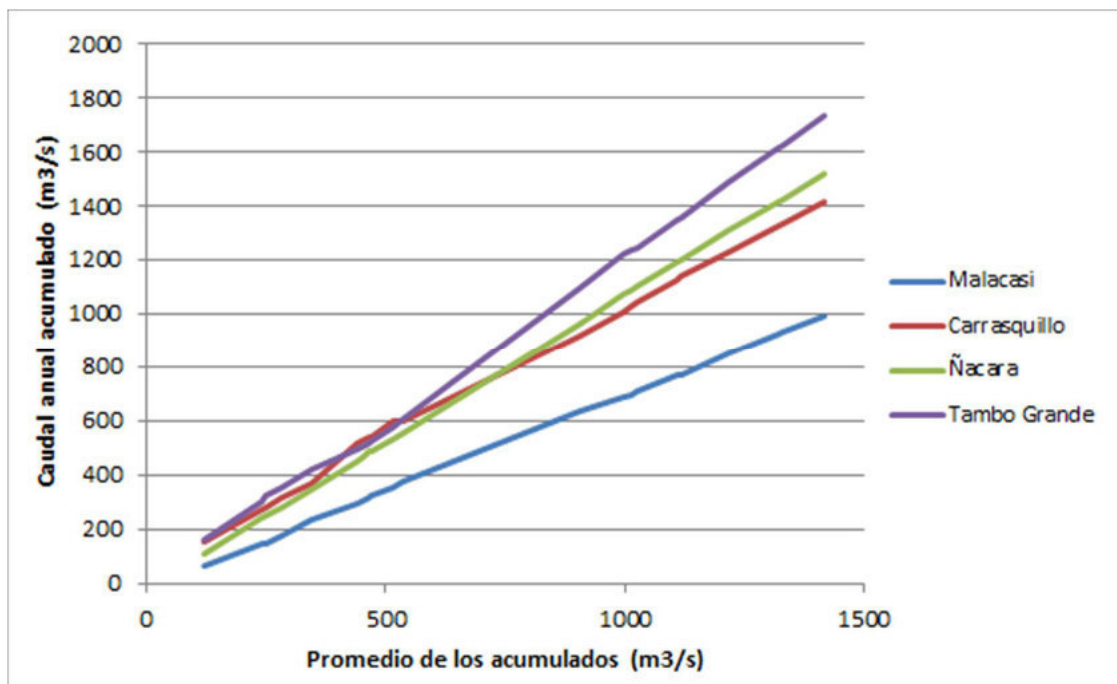
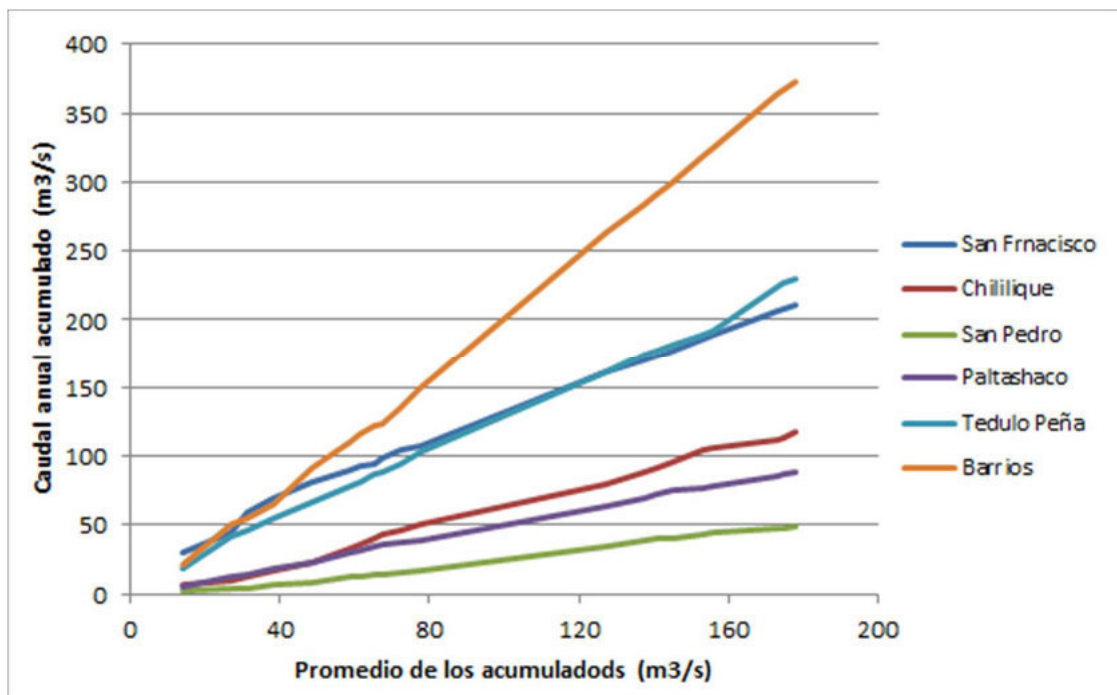


Gráfico N° 3.61
 Diagrama Doble Masa - Grupo 2




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

C. Análisis estadístico de Saltos

El análisis estadístico de presencia de "Saltos y Tendencias" de la información hidrométrica a escala mensual, se realiza mediante los estadísticos "T" de Student para la comprobación de variaciones en la media, y "F" de Fischer en la evaluación de variancias. Estos test prueban si dos series de datos corresponden a una misma población.

Se ha asumido períodos consistentes e inconsistentes luego de la correspondiente evaluación de los histogramas y la identificación de saltos mediante la curva Doble Masa.

Los estadísticos Tc y Fc (calculados) están dados por las siguientes expresiones matemáticas:

$$T_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad S = \sqrt{\frac{\left(\frac{S_1}{n_1}\right)^2 + \left(\frac{S_2}{n_2}\right)^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_1 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2 \quad S_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (X_i + n_1 - \bar{X}_2)^2$$

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad ; \quad (n_1 + n_2 - 2) \text{ grados de libertad.}$$

Siendo:

n_1, n_2 = Número de datos de las series 1 y 2.

S = Desviación estándar

Dónde:

X_{m1}, X_{m2} = Medias de los periodos consistente e inconsistente, respectivamente.

S_1, S_2 = Desviaciones típicas de los periodos consistente e inconsistente, respectivamente.

Al 95% de significancia estadística.

El análisis de inconsistencias para todas las estaciones se ha realizado a partir de la observación de los hidrogramas mensuales, es decir variaciones de la tendencia gráfica de la representación de las descargas mensuales en el tiempo, también en los hidrogramas de volumen total anual, una vez identificados los periodos dudosos o posibles saltos, se procede a evaluar estadísticamente, y si es necesario se corrige.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Para probar la consistencia del valor medio se utilizó la prueba T de Student y de manera similar para probar la consistencia de la desviación estándar se utilizó la prueba F de Fisher según las expresiones matemáticas mostradas. Los resultados se muestran en el cuadro N° 3.56.

Cuadro N° 3.56
Resumen del Análisis Estadístico de Saltos

ESTACION	DESVIACION ESTANDAR		MEDIA	
	Fcalculado	Ftabulado	Tcalculado	Ttabulado
ÑACARA	0.14	3.14	0.93	2.09
MALACASI	0.09	3.14	1.01	2.09
PALTASHACO	0.15	3.14	1.05	2.09
BARRIOS	1.56	3.18	0.27	2.10
TEODULO PEÑA	0.12	3.14	1.29	2.09
SAN PEDRO	0.03	3.14	1.43	2.09
SAN FRANCISCO	0.03	3.14	1.43	2.09
TAMBO GRANDE	0.01	3.14	1.33	2.09
CHILILIQUE	0.18	3.14	1.18	2.09
CARRASQUILLO	3.90	3.14	1.57	2.09

Rojo: Significancia al 5%

Azul: No significancia al 5%

De la evaluación realizada a la información hidrométrica y que resume el cuadro anterior, se observa que no se ha encontrado inconsistencia en la media, la estación Carrasquillo presenta inconsistencia en la Desviación Estándar, las demás estaciones son consistentes, de acuerdo al análisis realizado podemos concluir que la información de las estaciones seleccionadas son consistentes y no deben ser corregidos.

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 de estaciones hidrométricas los datos faltantes pueden ser causada 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 y que se desarrollara en el siguiente Capítulo.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.3.6. Implementación de Estaciones Hidrométricas

Se ha evaluado el sistema hidrométrico actual en la cuenca Piura, verificándose que existen dos estaciones hidrométricas a cargo del SENAMHI (Carrasquillo y Puente Piura), de las cuales la primera ya no existe y la segunda se encuentra en funcionamiento; las otras nueve estaciones verificadas son de propiedad del Proyecto Especial Chira Piura (PECHP), y la mayoría de estas no cuentan con datos actualizados ya que dejaron de funcionar por diversas razones, sin embargo existen quebradas importantes que requieren ser medidos para conocer su volumen de aporte a los principales afluentes del río Piura, por lo que es necesario instalar estaciones de control hidrométrico.

Para ejecutar este proyecto se realizó un diagnóstico de todas las estaciones el cual estuvo a cargo de la Administración Local de Agua Alto Piura Huancabamba, Medio Bajo Piura, Chira, San Lorenzo, el SENAMHI y el PECHP.

El Ministerio de Agricultura y Riego, a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y supervisión del SENAMHI, consideran necesario mejorar e incrementar la red hidrológica nacional, para lo cual, se ha planificado instalar las estaciones hidrológicas automáticas Corral del Medio, Hacienda Barrios, Puente Ñacara, Salitral, San Pedro y Tambogrande, la zona de influencia es a nivel del Alto Piura Huancabamba; la implementación de la red hidrométrica lo viene realizando el Proyecto de Modernización de la Gestión los Recursos Hídricos (PMGRH) en las cuencas Chira y Piura a través de un programa para el control de la red Meteorológica y la red Hidrométrica.

A. Estación hidrológica automática Corral del Medio

La estación se ubicara en el distrito de Morropón, provincia de Morropón, Región Piura, a una altitud de 219.220 msnm. y en las coordenadas UTM 9426371.944 - 622890.070 y se encuentra aproximadamente a 10 min. del Centro Poblado Pueblo Nuevo de Maray, además la estación estará instalada en el río Corrales la cual proporcionara información hidrológica del mismo.

✓ Descripción y Características:

Anteriormente existía una estación hidrométrica aproximadamente en las coordenadas indicadas esta se llamaba E.H Teódulo Peña, pero esta fue destruida por eventos extremos (Fenómeno El Niño) la cual ocasiono la crecida del Río Corrales, actualmente se está implementando una nueva estación la cual será del tipo **EHA (Estación Hidrológica Automática)** y se llamara **Estación Corral del Medio** la misma que favorecerá en la obtención, procesamiento y difusión de datos precisos de las mediciones hidrológicas del río Piura.

La estación estará compuesta de:

Cerco perimétrico de 2.60x2.70 y 2.50 m de altura; instalación de sensores electrónicos (nivel de río, reglas limnimétricas y pluviómetro); implementación de telemetría satelital (radio GOES); determinación y señalización de puntos referenciados (BM); implementación de fuente autónoma de energía (generación de energía fotovoltaica); instalación de soporte de seis (06) metros de altura ligero y abatible; protección eléctrica (pararrayo y pozo de tierra), soporte y bases de

concreto para sensor de nivel, patio hidrológico y reglas limnimétricas (3 reglas). Asimismo, la estación presentara un sistema de aforos (carro huaro), para la determinación de caudales.

Foto N° 3.24 - Río Corrales



B. Estación hidrológica automática Hda. Barrios

La Estación se ubicara en la, distrito de Bigote, provincia de Morropón, Región Piura, a una altitud de 301.633 msnm. y en las coordenadas UTM 9415199.206 - 644174.844, además esta estación estará instalada en el rio Bigote la cual proporcionara información hidrológica del mismo.

✓ Descripción y Características:

La estación antigua Hda. Barrios funciono aproximadamente hasta el año de 1982 época en la cual por causa de eventos extremos (Fenómeno El Niño) esta fue destruida casi en su totalidad por la crecida del Río Bigotes, actualmente esta misma estación se está reactivando e implementando y será del tipo **EHA (Estación Hidrológica Automática)** y se llamara **Estación Hda. Barrios** la misma que favorecerá en la obtención, procesamiento y difusión de datos precisos de las mediciones hidrológicas.

La estación estará compuesta de:

Cerco perimétrico 2.60x2.70 y 2.50 m de altura; instalación de sensores electrónicos (nivel de rio, reglas limnimétricas y pluviómetro); implementación de telemetría satelital (radio GOES); determinación y señalización de puntos referenciados (BM); implementación de fuente autónoma de energía (generación de energía fotovoltaica); instalación de soporte de seis (06) metros de altura ligero y abatible; protección eléctrica (pararrayo y pozo de tierra), soporte y bases de concreto para

sensor de nivel, patio hidrológico y reglas limnimétricas, el patio hidrológico se encuentra a unos 57 m de la antigua base huaro.

Foto N° 3.25 - Est. Hda Barrios (Antigua)



C. Estación hidrológica automática Pte. Ñacara

La estación se ubicará en el distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, Región Piura, a una altitud de 88.432 msnm. y en las coordenadas UTM 9434801.291-591676.563, además esta estación estará instalada en el río Piura la cual proporcionará información hidrológica del mismo.

✓ Descripción y Características:

Actualmente existe una estación hidrométrica e hidrológica las cuales se encuentran en buenas condiciones, y también se viene instalando una estación hidrológica automática en las coordenadas indicadas, la cual será la **Estación Hidrológica Automática Pte. Ñacara** la misma que favorecerá en la obtención, procesamiento y difusión de datos precisos de las mediciones hidrológicas del Río Piura, cabe indicar que la estación hidrométrica existente es operada por el PECHP (Proyecto Especial Chira Piura) y la estación hidrológica existente es operada por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

La estación estará compuesta de:

Cerco perimétrico; instalación de sensores electrónicos (nivel de río, reglas limnimétricas y pluviómetro); implementación de telemetría satelital (radio GOES); determinación y señalización de puntos referenciados (BM); implementación de fuente autónoma de energía (generación de energía fotovoltaica); instalación de soporte de seis (06) metros de altura ligero y abatible; protección eléctrica (pararrayo y pozo de tierra), soporte y bases de concreto para sensor de nivel, patio hidrológico y reglas limnimétricas.



 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

El patio se ubicará a unos 35 metros del puente, la regla limnimétrica se ubicará sobre la estructura existente (columna de concreto). Para la sección de aforo se ha previsto utilizar el puente existente.

Foto N° 3.26 - Forma y Sección del Río



D. Estación hidrológica automática Salitral

La estación se ubicará en la, distrito de Salitral, provincia de Morropón, Región Piura, a una altitud de 158.367 msnm. y en las coordenadas UTM 9408970.049 - 628889.656, además esta estación estará instalada en el río Piura la cual proporcionará información hidrológica del mismo.

✓ Descripción y Características:

Existe una estación hidrométrica (limnigrafa) ubicada en uno de los pilotes del puente la cual se encuentra en estado regular y una Estación Hidrológica existente la cual es operada por el PECHP (Proyecto Especial Chira Piura), actualmente se viene instalando una estación hidrológica automática a unos 30 m del puente salitral, la cual será la **Estación Hidrológica Automática Salitral** la misma que favorecerá en la obtención, procesamiento y difusión de datos precisos de las mediciones hidrológicas del Río Piura.

La estación estará compuesta de:

Cerco perimétrico; instalación de sensores electrónicos (nivel de río, reglas limnimétricas y pluviómetro); implementación de telemetría satelital (radio GOES); determinación y señalización de puntos referenciados (BM); implementación de fuente autónoma de energía (generación de energía fotovoltaica); instalación de soporte de seis (06) metros de altura ligero y abatible; protección eléctrica

(pararrayo y pozo de tierra), soporte y bases de concreto para sensor de nivel, patio hidrológico y reglas limnimétricas.

Para la sección de aforo se ha previsto utilizar el puente existente. La regla limnimétrica se ubicará sobre la estructura del puente (pilote y base de puente), el sensor radarico será ubicado sobre la estructura del puente.

Foto N° 3.27 - Forma y Sección del Río - Estación Salitral Existente



E. Estación hidrológica automática San Pedro

La estación se ubicará en la, distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, Región Piura, a una altitud de 235.788 msnm. y en las coordenadas UTM 9438489 - 609056.224, además esta estación estará instalada en el río Charanal la cual proporcionará información hidrológica del mismo.

✓ Descripción y Características:

La instalación comprende la colocación de nuevos sensores de medición, que serán instalados dentro de la estación existente (Estación Pluviométrica San Pedro) la cual es operada por el SENAMHI, se instalará los nuevos sensores ya mencionados que tienen como medidas 3.21 x 3.38m, el patio se encuentra ubicado en la margen derecha del río a unos 17 metros de la estructura de concreto existente, existe un pluviómetro en la zona el cual será removido para poder instalar los demás sensores y después se reubicará dentro del mismo patio la misma que favorecerá en la obtención, procesamiento y difusión de datos precisos de las mediciones hidrológicas del río Charanal.

La estación estará compuesta de:

Cerco perimétrico; instalación de sensores electrónicos (nivel de río, reglas limnimétricas y pluviómetro); implementación de telemetría satelital (radio GOES); determinación y señalización de puntos referenciados (BM); implementación de fuente autónoma de energía (generación de energía fotovoltaica); instalación de soporte de seis (06) metros de altura ligero y abatible; protección eléctrica

(pararrayo y pozo de tierra), soporte y bases de concreto para sensor de nivel, patio hidrológico y reglas limnimétricas.

Para las mediciones del caudal y sistema de aforo se ha considerado utilizar el carro huario existente ya que se encuentra un buen estado.

Foto N° 3.28 - Estacion Hidrometrica - Estacion Hidropluviometrica existentes



F. Estación hidrológica automática Tambogrande

La estación se ubicara en la, distrito de Tambogrande, provincia de Piura, Región Piura, a una altitud de 66.979 msnm. y en las coordenadas UTM 9454125.073 - 572411.274, además esta estación estará instalada en el rio Piura la cual proporcionara información hidrológica del mismo.

✓ Descripción y Características:

Actualmente existe una estación hidrométrica la cual se encuentra en buenas condiciones y es operada por el PECHP (Proyecto Especial Chira Piura) actualmente se viene instalando una EHA (Estación Hidrológica Automática) la cual será la **Estación Hidrológica Automática Tambogrande** la misma que favorecerá en la obtención, procesamiento y difusión de datos precisos de las mediciones hidrológicas del rio Piura.

La estación estará compuesta de:

El estudio de ingeniería (planeamiento); cerco perimétrico; instalación de sensores electrónicos (nivel de rio, reglas limnimétricas y pluviómetro); implementación de telemetría satelital (radio GOES); determinación y señalización de puntos referenciados (BM); implementación de fuente autónoma de energía (generación de energía fotovoltaica); instalación de soporte de seis (06) metros de altura ligero y abatible; protección eléctrica (pararrayo y pozo de tierra), soporte y bases de concreto para sensor de nivel, patio hidrológico y reglas limnimétricas.

El patio se ubicará a unos 23 metros del puente existente para las mediciones del caudal y sistema de aforo ha considerado utilizar el puente.

Foto N° 3.29 - Puente Tambogrande - Forma y Sección del Río



Toda la información mencionada anteriormente ha sido proporcionada por el PMGRH (Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos)

En la Figura N° 3.12, se muestra el mapa de ubicación de estaciones hidrológicas automáticas que se están implementando.

[illegible]

Pág. 221

3.4. MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

La caracterización hidrológica de la cuenca alta de Piura, comprende la sectorización en subcuencas o cuencas colectoras en donde se desarrollan procesos hidrológicos naturales como: precipitación, infiltración, evapotranspiración y escurrimiento.

Cuando se necesita información de los parámetros hidrológicos a nivel de detalle de muchas subcuencas, para sectores específicos o para determinar la oferta en proyectos de aprovechamiento hídrico en la cuenca, el cálculo y la aplicación tradicional de las fórmulas resulta muy complejo e incluso impracticable. El trabajo con capas temáticas en el marco de un Sistema de Información Geográfica - SIG permite resolver este problema. La aplicación del SIG en el caso particular de las modelizaciones hidrológicas ha ido en aumento en los últimos años, apreciándose actualmente una gran diversidad en los objetivos y resultados.

Con los parámetros hidrológicos previamente adecuados en un SIG, se realizó la generación de descargas en el ámbito de la cuenca Piura, usando la plataforma del Sistema para Evaluación y Planeación del Agua (WEAP).

El objetivo del modelamiento hidrológico será la generación de series de caudales extendidos en el río Piura y los afluentes principales; San Francisco, Seco, Sancor, Yapatera, Charanal, Las Gallegas, Chalaco, Corrales, Bigote, Pusmalca, Pata, Chalpa y Chignia.

3.4.1. Descripción del modelo Precipitación-Escorrentía

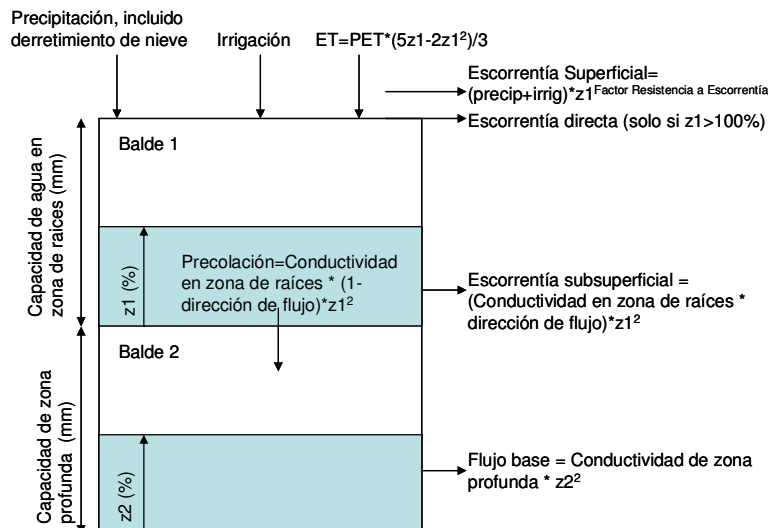
WEAP apoya la planificación de recursos hídricos balanceando la oferta de agua (generada a través de módulos físicos de tipo hidrológico a escala de subcuenca) con la demanda de agua (caracterizada por un sistema de distribución de variabilidad espacial y temporal con diferencias en las prioridades de demanda y oferta). WEAP emplea un conjunto de herramientas y procedimientos accesibles a través de una interfaz gráfica que puede ser usada para analizar un amplio rango de temas e incertidumbres a las que se ven enfrentados los planificadores de recursos hídricos, incluyendo aquellos relacionados con el clima, condiciones de la cuenca, proyecciones de demanda, condiciones regulatorias, objetivos de operación e infraestructura disponible. A diferencia de otros modelos de recursos hídricos típicos basados en modelación hidrológica externa, WEAP es un modelo que utiliza variables climáticas. Por otra parte y de manera similar a estos modelos de recursos hídricos, WEAP incluye rutinas diseñadas para distribuir el agua entre diferentes tipos de usuarios desde una perspectiva humana y ecosistémica.

El modelo seleccionado se denomina 'Soil Moisture Method', este modelo hidrológico es espacialmente continuo con un área de estudio configurado como un set de subcuencas contiguas que cubren toda la extensión de la cuenca de análisis. Un set homogéneo de datos climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) es utilizado en cada una de estas subcuencas, que se encuentran divididas en diferentes tipos de cobertura/uso de suelo. Un modelo cuasi físico unidimensional, con dos receptáculos de balance de agua para cada tipo de cobertura/uso de suelo, reparte el agua entre escorrentía superficial, infiltración, evaporación, flujo base y percolación. Los valores de cada una de estas áreas se suman para obtener los valores agregados en una subcuenca. El esquema conceptual del modelo precipitación-escorrentía que utiliza el WEAP se presenta en la figura N° 3.13



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Figura N° 3.13
Esquema del modelo hidrológico WEAP y sus ecuaciones



a) Información Básica

La información empleada en la modelización considera la lista de datos necesarios para construir el modelo (ver cuadro N° 3.57) clasificado de acuerdo con la importancia y prioridad en el modelo.

Las entidades fuente de la información son: SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), ANA (Autoridad Nacional del Agua), Junta de Usuarios del distrito de Riego Alto Piura, DGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales), FAO (Archivos digitales de cobertura de suelos), datos climáticos de la CRU, Proyecto Especial Chira-Piura, Plan de Gestión de la cuenca Chira-Piura.

La información obtenida durante las visitas de campo se utilizan en el proceso de calibración manual del modelo al asignar valores a parámetros como el coeficiente de resistencia a la escorrentía (RRF) el cual es mayor para vegetación más espesa y el factor de partición entre escorrentía superficial y percolación (preferred flow direction) el cual varía entre 0 para flujo vertical y 1 para flujo horizontal y esta correlacionado con la pendiente de la cuenca.

b) Formulación del Modelo

El modelo hidrológico describe el comportamiento de la cuenca de manera semidistribuida, tomando como unidades de análisis hidrológico el espacio definido por las bandas de elevación y las subcuencas denominadas `catchments`. Los catchments tienen que ser definidos a través de procedimientos de delimitación de subcuencas. Con este proceso se obtiene la caracterización de cobertura vegetal necesaria, incluyendo el estimado de las áreas y la distribución de cobertura vegetal dentro de cada zona de captación. Los datos climáticos requeridos para realizar la modelación incluyen precipitación, temperatura, humedad, viento, latitud y cantidad

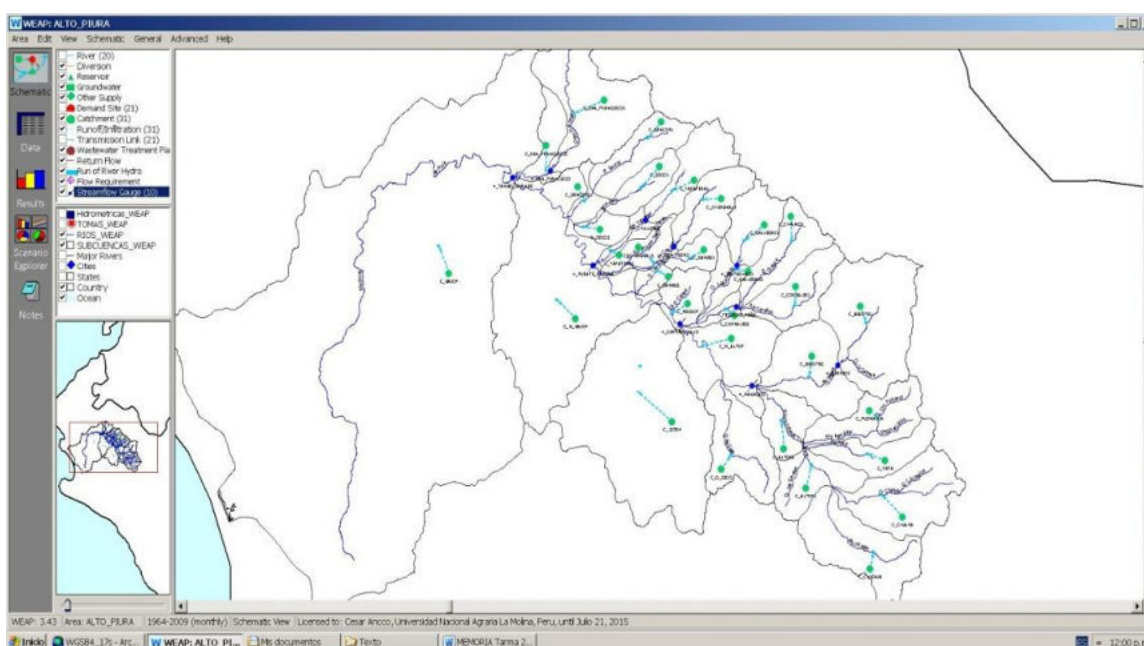
Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

inicial de nieve (en caso de que esta variable sea relevante). Adicionalmente, datos de caudales en estaciones de medición son necesarios para poder comparar los resultados del modelo y realizar calibraciones. Finalmente, en el análisis de oferta de agua es necesario incorporar la información relativa a la infraestructura física de control y aprovechamiento existente al interior de la cuenca.

El modelo hidrológico de la cuenca Piura será integrado en el WEAP, como puede verse en la Figura N° 3.14.

Figura N° 3.14

 Modelo Hidrológico de la Cuenca Piura en WEAP



Cuadro N° 3.57

REQUERIMIENTO DE DATOS PARA CONSTRUIR EL MODELO EN WEAP			
Datos Requeridos para Alimentar el Modelo y Durante el Proceso de Calibración	Prioridad	Formato preferido	Notas
Datos de Entrada ~ Demandas			
- Uso de suelo			Estos datos son necesarios para caracterizar la cuenca
o DEM (Modelo de Elevación Digital)	1	GIS	
o Cobertura de vegetación	1	GIS	
o Tipo de suelo	2	GIS	
o Geología	2	GIS	
o Áreas de agricultura irrigada	1	GIS, Excel, texto o csv	
o Tecnologías de irrigación	2	GIS, Excel, texto o csv	
- Clima			Estos datos son necesarios para alimentar el modelo con condiciones climáticas. Precipitación y Temperatura deben ser promedios mensuales de cada mes durante el periodo de modelación, mientras que humedad relativa y viento pueden ser un promedio mensual aproximado.
o Precipitación (series de datos históricas, i.e. promedio mensual en cada año del periodo de modelación)	1	Excel, texto, o csv	
o Temperatura (series de datos históricas, i.e. promedio mensual en cada año del periodo de modelación)	1	Excel, texto, o csv	
o Humedad Relativa (promedio mensual del periodo de modelación)	1	Excel, texto, o csv	
o Viento (promedio mensual del periodo de modelación)	1	Excel, texto, o csv	
o Cobertura de nubes	2	Excel, texto, o csv	
o Latitud	1	Excel, texto, o csv, o capas de GIS para extraer datos	
- Sitios de Demanda (ciudades, industrias, zonas agrícolas)			Aunque las demandas agrícolas se pueden estimar dentro del modelo hidrológico, también se pueden agrupar en un sitio de demanda
o Numero de usuarios	1	No hay formato preferido	
o Consumo per capita	1	No hay formato preferido	
o Variación Mensual	1	No hay formato preferido	
o Porcentaje de retorno	1	No hay formato preferido	
Datos de Entrada ~ Suministro y Recursos			
- Reservorios/represas	1	No hay formato preferido. Los datos pueden venir en diversos formatos o hacer parte de un texto. La curva de volumen/elevación puede venir en Excel.	Si existen reservorios, es importante tener información sobre su localización y sus características físicas y de operación
Datos físicos:			
o Capacidad de almacenamiento			
o Volumen inicial			
o Curva de volumen/elevación			
o Evaporación			
o Perdidas a agua subterránea			
Datos de operación			
o Máximo nivel de conservación			
o Máximo nivel de seguridad			
o Máximo nivel inactivo			
- Capacidad hidroeléctrica	1	No hay formato preferido	El modelo requiere estos datos para poder calcular producción hidroeléctrica
o Minimo caudal de turbina			
o Máximo caudal de turbina			
o Cabeza hidráulica			
o Factor de Planta			
o Eficiencia			
- Requerimientos de caudales mínimos	2	No hay formato preferido	
- Canales para extracción de agua (i.e. canales de irrigación)	1	No hay formato preferido	Es importante saber la localización de los canales y acuíferos
- Agua subterránea	2		
Datos para Calibración del Modelo			
- Ríos			Estos datos son importantes para chequear el comportamiento del modelo, y realizar la calibración
o Series de tiempo de caudales	1	Excel, texto, o csv	
- Nieve			
o Series de tiempo de profundidad de nieve o de equivalente de agua	2	Excel, texto, o csv	
o Estimados de volumen de nieve	2	Excel, texto, o csv	
- Glaciares			
o Área de cobertura de glaciares	2	GIS o Excel	
o Escorrentía de agua desde glaciares		Excel, texto, o csv	

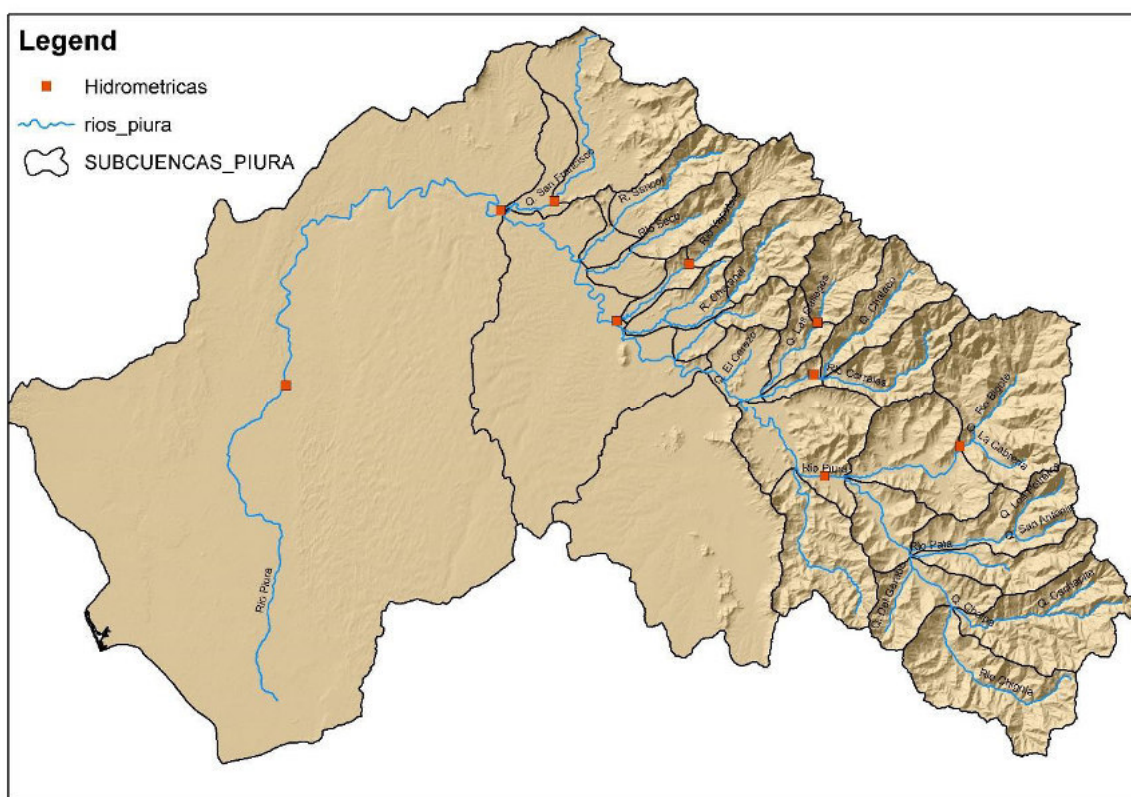
Fuente: Construcción del Modelo WEAP del Río Santa - IRD, SEI-US, Banco Mundial

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

c) Caracterización de la Cuenca y subcuencas de interés

En esta etapa se procesaron los datos del modelo de elevación digital (DEM) y cobertura vegetal. El primer paso fue la identificación de las coordenadas de puntos de manejo, los cuales incluyen todos los puntos de la cuenca donde existe aforo de caudales y puntos de captación de agua desde canales. Estas coordenadas se sobrepusieron sobre el DEM y se utilizó la función de delineación de cuencas en el software de sistema de información geográfica, bajo esta metodología se obtuvieron 31 catchments tal como se muestra en la figura N° 3.15).

Figura N° 3.15
Ubicación de las Subcuencas en Estudio



Se han considerado 11 estaciones de aforos ubicadas en la parte media y alta de la cuenca Piura, sobre el particular la estación hidrométrica Puente Ñacara fue considerada como punto principal de control del modelo al tener mayor periodo de registro de caudales. El sector de la cuenca alta de Piura, aguas arriba de las estación Puente Ñacara, es un sistema no regulado, es decir la oferta hídrica superficial son los caudales naturales que únicamente se generan por procesos hidrológicos.

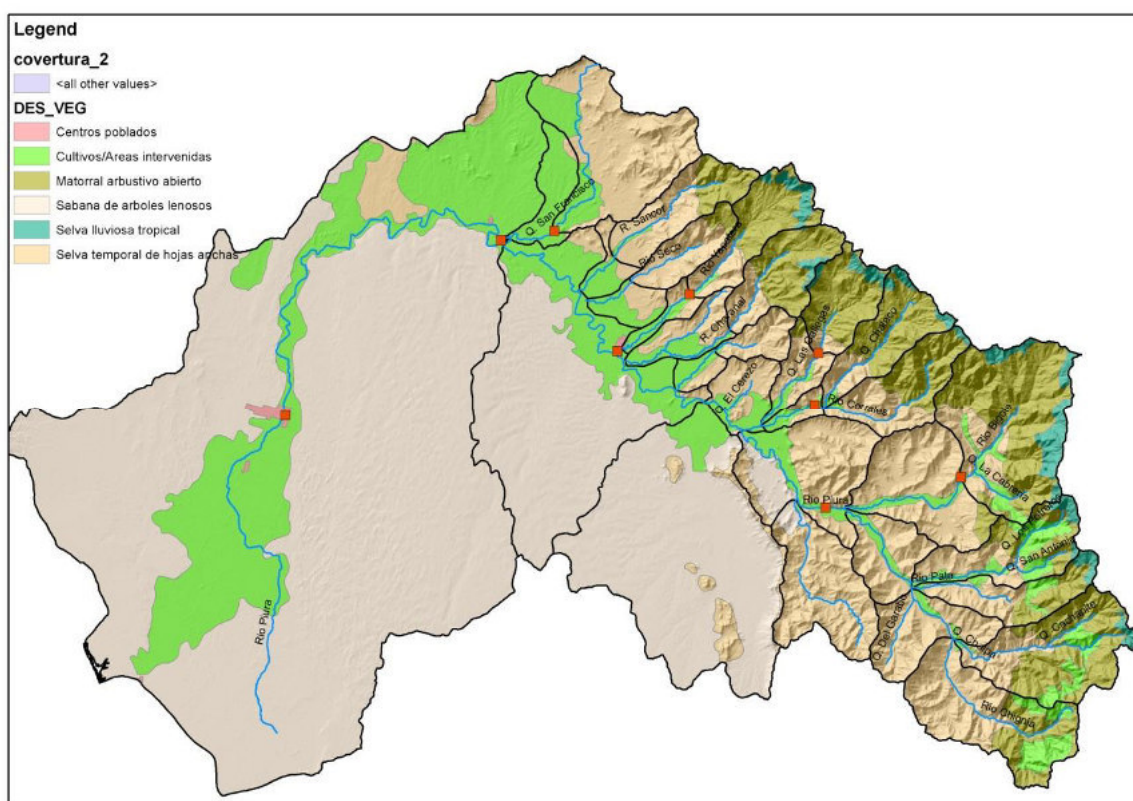
El área de cada subcuenca aguas arriba de los puntos de manejo se intercepto con las bandas de elevación y con las capas de cobertura vegetal. Cada subcuenca/banda de elevación fue representada en el WEAP como un objeto hidrológico denominado catchments. Cada subcuenca (catchments) se representa

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

con su área distribuida en porcentajes de cobertura vegetal y con condiciones climáticas homogéneas dentro de su extensión, las cuales son impuestos sobre el modelo en cada paso de tiempo.

Las capas de cobertura vegetal más representativas de las subcuencas en estudio fueron identificadas como: Sabana de árboles leñosos, Cultivos/áreas intervenidas, Selva Temporal de hojas anchas, Matorral arbustivo abierto y Selva Lluviosa tropical. Toda esta información fue obtenida del mapa de cobertura vegetal (Figura N° 3.16). La agrupación de los tipos de cobertura vegetal permite simplificar el modelo lo cual se refleja posteriormente en menores tiempo de corrida.

Figura N° 3.16
Cobertura Vegetal en la Cuenca Piura para Weap



d) Datos de entrada (clima y demanda) para cada Subcuenca

El procesamiento de datos climáticos se inició con la evaluación y generación de información climática mediante aproximación por polígonos de Thiessen para cada subcuenca, las variables procesadas fueron: precipitación, temperatura, viento y humedad relativa. Los datos de precipitación deben ser lo suficientemente detallados como para tener series de tiempo mensuales para cada catchments. Los datos de temperatura, humedad relativa y viento pueden ser generalizados siendo una serie de tiempo anual suficiente para representar cada subcuenca.

Previo a la estimación de las series de lluvia cada banda de elevación, se completaron los datos faltantes de precipitación para el periodo 1964 - 2009.

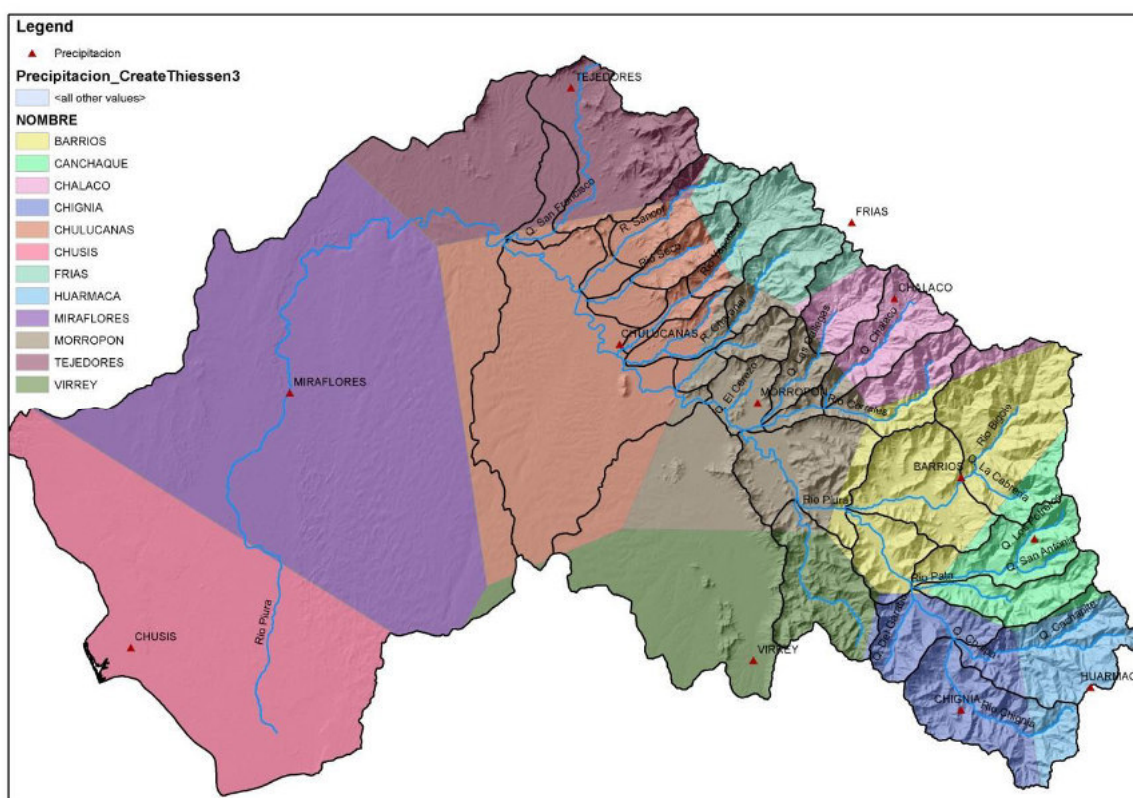
Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Una vez que se tenga la delimitación de las subcuencas y caracterización de cobertura vegetal que serán representados en el modelo, y los datos climatológicos de precipitación, temperatura, viento, humedad relativa y porcentaje de nubosidad se encuentren analizados, se procedió a incorporar la información dentro del modelo.

Precipitación

Las series mensuales de precipitación para cada subcuenca se obtuvieron por aproximación de polígonos de Thiessen para los registros mensuales de 12 estaciones pluviométricas: Barrios, Canchaque, Chalaco, Chignia, Chulucanas, Chusis, Huarmaca, Miraflores, Morropón, Tejedores, Virrey y Frias, todas ubicadas en el ámbito de la cuenca (Figura N° 3.17).

Figura N° 3.17
Polígonos de Thiessen en la Cuenca Piura para Weap



Temperatura, Humedad relativa y Velocidad del viento.

Debido a la extensión de la cuenca Piura, se procedió a subdividirla en 31 subcuencas, en donde la caracterización para las variables: temperatura, viento y humedad relativa se realizó en la plataforma del ArcGIS, utilizando el método de polígonos de Thiessen para todo el ámbito de la cuenca, luego con las herramientas de análisis espacial se calculó el valor medio mensual de la variable climática para cada catchments en estudio

Estimación de Demandas de uso agrícola

Para las subcuencas consideradas 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 (volúmenes anuales y mensuales) para la Formalización de Derechos de Uso de Agua en el valle Alto Piura, la cual fue desagregada para 10 comisiones de regantes que representan 49 bloques de riego y que se ubican principalmente en la parte media/alta de la cuenca Piura, el área bajo riego asciende a 32 157 ha y requiere un volumen de 567 Hm³. No esta demás indicar que el volumen utilizado también considera las demandas de agua subterránea que se utiliza principalmente en las comisiones Vicus y Sancor. La demanda agrícola por bloques de riego es la que incluye la demanda formal y la demanda utilizada en la práctica, tal como se muestra en el cuadro N^o 3.58.

Cuadro N^o 3.58

REQUERIMIENTO BRUTO DE LOS CULTIVOS A NIVEL BLOQUE DE RIEGO Y COMISIÓN DE USUARIOS ALTO PIURA															
COMISIÓN DE USUARIOS	UNIDAD	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	REQUERIMIENTO (MMC)	
SERRÁN	1	0.08	0.08	0.09	0.09	0.15	0.21	0.22	0.13	0.28	0.23	0.06	0.08	1.70	
	2	0.07	0.08	0.08	0.08	0.15	0.20	0.21	0.13	0.26	0.22	0.06	0.08	1.62	
	3	0.10	0.11	0.12	0.11	0.20	0.28	0.28	0.17	0.36	0.30	0.08	0.11	2.22	
	4	0.42	0.44	0.48	0.48	0.84	1.17	1.18	0.72	1.52	1.25	0.35	0.45	9.29	
	5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.03	0.06	0.05	0.01	0.02	0.38	
SUBTOTAL		0.69	0.73	0.79	0.78	1.37	1.91	1.93	1.18	2.48	2.04	0.57	0.73	15.21	
MALACASI	6	0.47	0.38	0.42	0.41	0.39	0.22	0.69	0.29	1.69	1.85	1.83	1.15	9.79	
	7	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04	0.14	0.06	0.34	0.37	0.36	0.23	1.94	
SUBTOTAL		0.56	0.46	0.50	0.49	0.46	0.26	0.83	0.35	2.03	2.21	2.20	1.38	11.73	
BIGOTE	8	0.16	0.16	0.18	0.18	0.31	0.43	0.44	0.27	0.56	0.44	0.12	0.16	3.40	
	9	0.24	0.25	0.27	0.27	0.47	0.65	0.66	0.40	0.85	0.67	0.18	0.24	5.15	
	10	0.62	0.65	0.71	0.70	1.23	1.71	1.73	1.06	2.22	1.75	0.47	0.63	13.46	
	11	0.31	0.32	0.35	0.35	0.61	0.85	0.86	0.53	1.11	0.87	0.23	0.31	6.70	
	12	0.33	0.35	0.38	0.37	0.65	0.91	0.92	0.56	1.19	0.94	0.25	0.33	7.18	
SUBTOTAL		1.65	1.73	1.90	1.86	3.27	4.55	4.61	2.82	5.93	4.68	1.24	1.67	35.91	
INGENIO BUENOS AIRES	13	0.12	0.13	0.14	0.14	0.24	0.34	0.34	0.21	0.44	0.36	0.10	0.14	2.71	
	14	0.06	0.06	0.06	0.06	0.11	0.15	0.15	0.09	0.20	0.16	0.05	0.06	1.22	
	(*)15	0.10	0.11	0.12	0.12	0.20	0.28	0.29	0.18	0.37	0.30	0.08	0.11	2.27	
		0.33	0.34	0.38	0.37	0.65	0.90	0.91	0.56	1.18	0.97	0.27	0.36	7.22	
		0.43	0.45	0.49	0.49	0.85	1.19	1.20	0.74	1.55	1.27	0.35	0.47	9.49	
	16	0.64	0.67	0.73	0.72	1.26	1.76	1.78	1.09	2.29	1.88	0.52	0.70	14.05	
	17	0.62	0.65	0.71	0.70	1.22	1.70	1.72	1.05	2.21	1.82	0.51	0.68	13.58	
	18	0.11	0.12	0.13	0.13	0.23	0.32	0.32	0.20	0.41	0.34	0.09	0.13	2.53	
	19	0.23	0.24	0.26	0.26	0.46	0.64	0.64	0.39	0.83	0.68	0.19	0.25	5.08	
SUBTOTAL		2.21	2.32	2.54	2.49	4.38	6.09	6.16	3.77	7.93	6.53	1.81	2.43	48.66	
LA GALLEGA MORROPON	20	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.10	0.11	0.11	0.07	0.58	
	21	0.08	0.06	0.07	0.07	0.06	0.03	0.11	0.05	0.27	0.30	0.30	0.19	1.58	
	22	0.32	0.26	0.28	0.28	0.26	0.15	0.47	0.20	1.16	1.26	1.25	0.79	6.68	
	23	0.46	0.38	0.41	0.40	0.38	0.21	0.68	0.29	1.67	1.82	1.81	1.14	9.65	
	24	0.59	0.48	0.53	0.52	0.49	0.27	0.87	0.37	2.14	2.33	2.31	1.46	12.36	
	25	0.16	0.13	0.14	0.14	0.13	0.07	0.23	0.10	0.56	0.61	0.61	0.38	3.25	
	26	0.37	0.30	0.33	0.32	0.30	0.17	0.54	0.23	1.33	1.45	1.44	0.91	7.69	
	27	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04	0.02	0.10	0.11	0.11	0.07	0.61	
SUBTOTAL		2.03	1.65	1.81	1.78	1.67	0.93	2.99	1.25	7.33	8.01	7.94	5.00	42.39	
PABUR	28	0.47	0.38	0.42	0.41	0.39	0.22	0.69	0.29	1.69	1.85	1.84	1.15	9.80	
	29	0.25	0.20	0.22	0.22	0.20	0.11	0.36	0.15	0.89	0.98	0.97	0.61	5.16	
	30	0.14	0.12	0.13	0.12	0.12	0.07	0.21	0.09	0.52	0.56	0.56	0.35	2.98	
	31	0.39	0.31	0.34	0.34	0.32	0.18	0.57	0.24	1.40	1.52	1.51	0.95	8.07	
	32	1.00	0.82	0.89	0.88	0.82	0.46	1.47	0.62	3.62	3.95	3.92	2.47	20.92	
	33	0.57	0.47	0.51	0.50	0.47	0.26	0.84	0.35	2.07	2.26	2.24	1.41	11.97	
	34	0.74	0.60	0.66	0.65	0.61	0.34	1.09	0.46	2.68	2.93	2.90	1.83	15.51	
	35	0.44	0.35	0.39	0.38	0.36	0.20	0.64	0.27	1.57	1.72	1.70	1.07	9.09	
SUBTOTAL		4.00	3.26	3.56	3.50	3.29	1.84	5.89	2.47	14.44	15.77	15.64	9.84	83.50	
CHARANAL	36	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.12	0.21	0.29	0.29	0.28	0.17	1.71	
	37	1.56	1.27	1.40	1.41	1.37	0.80	2.78	4.80	6.44	6.50	6.31	3.89	38.51	
	38	0.87	0.71	0.78	0.79	0.77	0.45	1.56	2.69	3.61	3.64	3.53	2.18	21.57	
	39	0.10	0.08	0.09	0.09	0.09	0.05	0.19	0.32	0.43	0.43	0.42	0.26	2.57	
	40	0.97	0.79	0.87	0.88	0.85	0.50	1.73	2.99	4.01	4.05	3.93	2.42	24.00	
SUBTOTAL		3.58	2.91	3.21	3.23	3.14	1.83	6.37	11.02	14.77	14.90	14.47	8.92	88.35	
YAPATERA	41	1.13	0.92	1.02	1.02	0.99	0.58	2.02	3.49	4.67	4.71	4.58	2.82	27.95	
	42	1.58	1.28	1.42	1.42	1.38	0.81	2.81	4.86	6.51	6.57	6.38	3.93	38.93	
	43	1.18	0.96	1.06	1.06	1.03	0.60	2.10	3.63	4.87	4.91	4.77	2.94	29.12	
SUBTOTAL		3.89	3.16	3.49	3.51	3.41	1.99	6.92	11.97	16.05	16.19	15.73	9.69	96.00	
SANCOR	44	0.77	0.66	0.73	0.73	0.72	1.69	1.76	2.91	2.88	2.60	1.33	0.72	17.50	
	45	1.41	1.21	1.34	1.35	1.33	3.11	3.23	5.37	5.31	4.79	2.44	1.33	32.22	
	46	0.30	0.26	0.29	0.29	0.29	0.67	0.70	1.16	1.15	1.03	0.53	0.29	6.96	
	47	1.26	1.08	1.20	1.20	1.19	2.78	2.89	4.79	4.74	4.27	2.18	1.19	28.76	
SUBTOTAL		3.74	3.22	3.56	3.52	3.52	8.25	8.58	14.23	14.07	12.69	6.47	3.52	85.43	
VICUS	48	1.04	0.97	1.07	1.08	1.06	2.05	2.05	3.08	2.97	1.73	1.01	0.94	19.04	
	49	2.23	2.08	2.30	2.31	2.28	4.41	4.40	6.63	6.39	3.72	2.17	2.02	40.95	
SUBTOTAL		3.27	3.05	3.37	3.39	3.34	6.46	6.45	9.72	9.36	5.44	3.18	2.96	59.99	
VOLUMEN TOTAL (MMC)		25.62	22.48	24.73	24.60	27.85	34.11	50.73	58.79	94.40	88.47	69.25	46.14	567.16	

Fuente: Estudio PROFODUA 2005

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Generación de Caudales

Para la generación de escurrimiento se utilizó el método 'Soil Moisture Model' del WEAP, que representa cada banda de elevación en dos capas. En la capa superior se simula la evapotranspiración considerando las lluvias, cobertura vegetal y uso del suelo. El flujo base hacia los cauces de los ríos y cambios en la humedad del suelo están simulados en la capa inferior.

3.4.2. Calibración y validación del modelo Precipitación - Escurrimiento

En la etapa de calibración del modelo 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 entre series de datos de caudales en puntos específicos de la cuenca observadas versus simuladas.

Con base en estas comparaciones se realizan medidas estadísticas para estimar la precisión del modelo y de esta manera ajustar los parámetros hasta lograr la mejor respuesta de dichas medidas estadísticas.

En una primera aproximación es una buena práctica establecer factores de calibración generales para toda el área mencionada, los cuales modifican los parámetros de uso de suelo incluyendo, principalmente:

- Coeficiente vegetativo, Kc
- Capacidad de almacenamiento de agua en la zona de raíces, Sw
- Capacidad de almacenamiento de agua en la zona profunda, Dw
- Factor de resistencia a la escurrimiento, RRF
- Conductividad de zona de raíces, Ks
- Conductividad de zona profunda, Kd
- Dirección preferencial de flujo, f

A fin de calibrar y validar el modelo hidrológico se utilizaron las series de descargas mensuales en 10 estaciones hidrométricas ubicadas en la cuenca, de las cuales nueve fueron instaladas por el Proyecto Especial Chira-Piura y una (Carrasquillo) fue instalada por el SENAMHI (ver ubicación en el cuadro N° 3.59). En ese sentido las descargas simuladas y observadas se comparan para evaluar la calidad de la simulación y modelado. Al lado del control visual del diagrama gráfico, se debe utilizar criterios de error para obtener una clasificación más objetiva de las diferencias entre los valores simulados y observados. La precisión del modelo fue medida con la eficiencia de Nash-Sutcliffe (E_2) y la desviación relativa de los caudales con el Bias.

$$Nash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,i} - Q_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2}$$

Donde $Q_{s,i}$ y $Q_{o,i}$ son caudales simulados y observados para cada paso de tiempo i , y n es el periodo de calibración.

$$Bias = 100 * [(\bar{Q}_s - \bar{Q}_o) / \bar{Q}_o]$$



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.59

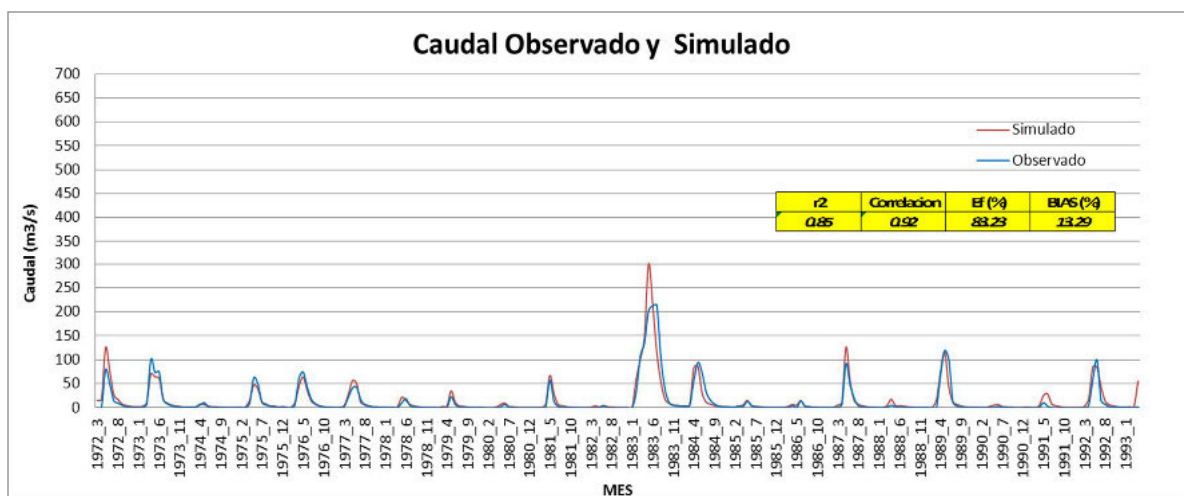
N°	Nombre de Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud	Altitud	Fuente
1	SAN FRANCISCO	Piura	Piura	Tambo Grande	80° 15'20"	04° 56'45"	74	PECHP
2	TAMBO GRANDE	Piura	Piura	Tambo Grande	80° 19'40"	04° 57'17"	66	PECHP
3	PUNTE ÑACARA	Piura	Morropón	Chulucanas	80° 10'14"	05° 06'34"	298	PECHP
4	CHILILIQUE	Piura	Morropón	Chulucanas	80° 04'20"	05° 01'55"	299	PECHP
5	PUNTE PALTASHACO	Piura	Morropón	Sta. Catalina de Mossa	79° 53'30"	05° 06'44"	298	PECHP
6	TEODULO PEÑA	Piura	Morropón	Yamango	79° 53'26"	05° 11'06"	193	PECHP
7	MALACASI	Piura	Morropón	Salitral	79° 53'10"	05° 19'47"	128	PECHP
8	BARRIOS	Piura	Morropón	San Juan de Bigote	79° 41'44"	05° 17'00"	298	PECHP
9	SAN PEDRO	Piura	Morropón	Chulucanas	80° 00'30"	05° 04'04"	251	PECHP
10	CARRASQUILLO	Piura	Morropón	Buenos Aires	80° 01'01"	05° 13'01"	200	SENAMHI

a) Estación Malacasi periodo (1972-1992)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación Malacasi abarcan desde 1972 hasta el año 1992, que contabilizan $n = 254$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.6. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,83$) para el período 1972-1992 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,13$ indica una buena estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,85 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,92 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

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 del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Piura para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.62 Estación Malacasi (1972-1992)

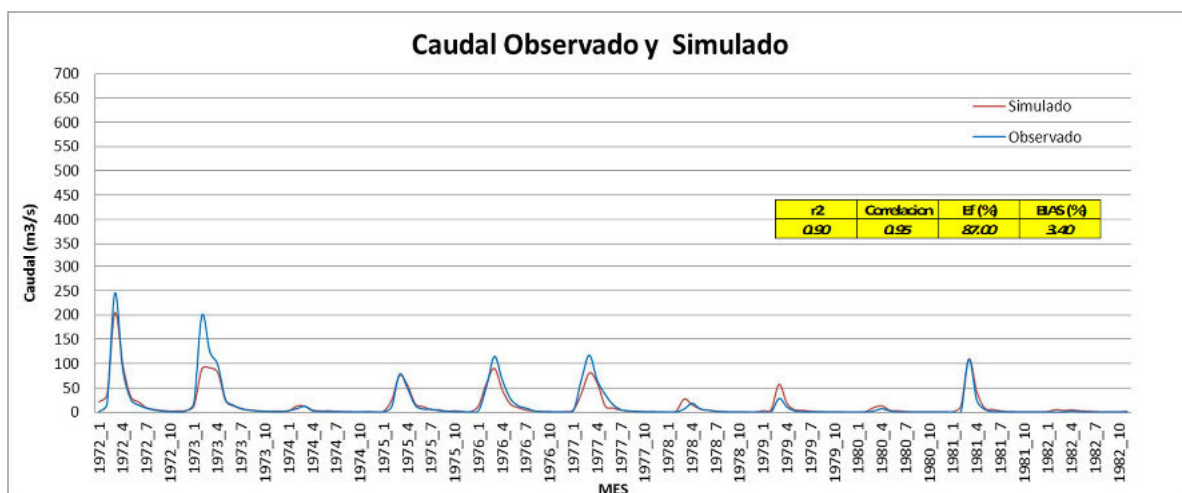


b) Estación Carrasquillo periodo (1972-1982)

Los datos de caudales diarios registrados por el SENAMHI en la estación Carrasquillo abarcan desde 1972 hasta el año 1982, lo cual contabiliza $n = 131$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.7. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,87$) para el período 1972-1982 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,03$ indica una buena estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,90 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,96 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables 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 del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Piura para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.63 Estación Carrasquillo (1972-1982)



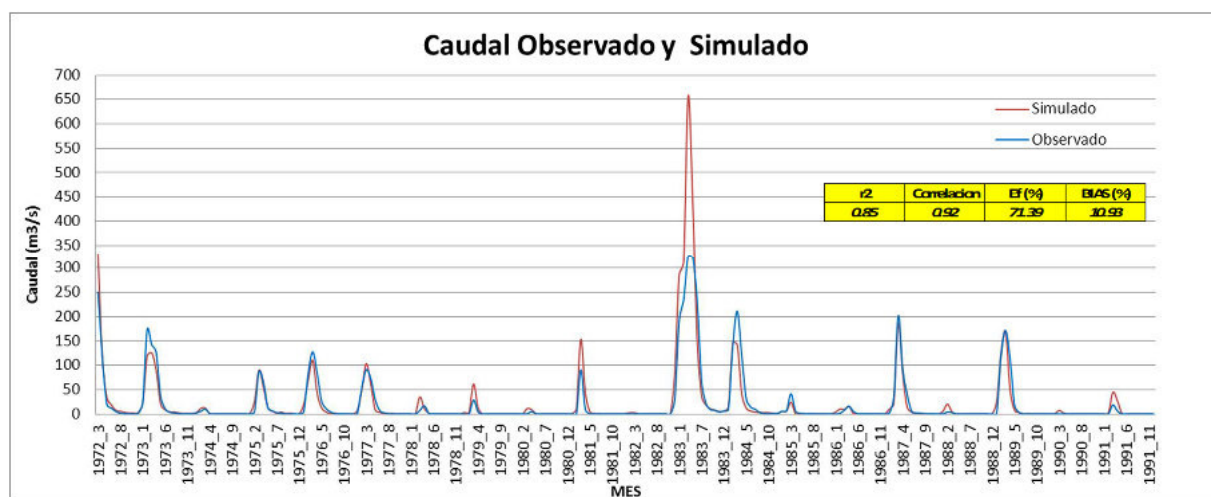
c) Estación Puente Ñacara periodo (1972-1991)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación Puente Ñacara abarcan desde 1972 hasta el año 1991, por este motivo se eligió este período de calibración.

En el modelo de generación de caudales se consideró como; $n = 237$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.8. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,71$) para el período 1972-1991 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,10$ indica una buena estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,85 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,92 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

Para el mes de marzo del año 1983, durante la ocurrencia del Fenómeno del Niño, se observa un caudal pico simulado muy por encima del observado, realizando una prueba sin considerar este registro, los resultados arrojan una eficiencia de Nash-Sutcliffe ($E_2=0,85$), sin embargo se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables para los demás meses con una ligera subestimación de la escorrentía en los periodos de avenidas, en términos generales podemos concluir que las descargas generadas por el modelo hidrológico del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Piura para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.64 Estación Puente Ñacara (1972-1991)



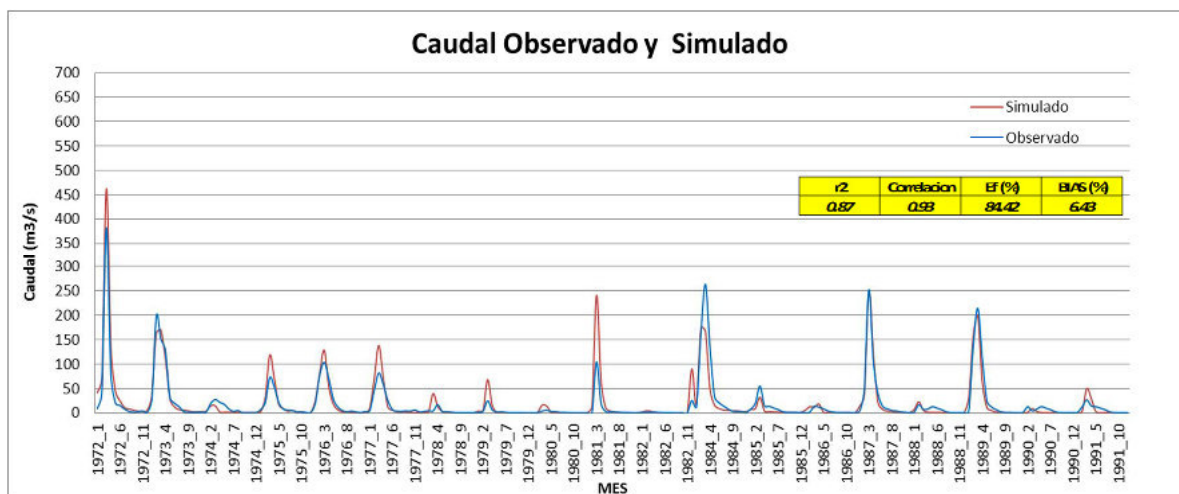
d) Estación Tambo Grande periodo (1972-1991)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación Tambo Grande abarcan desde 1972 hasta el año 1991, por este motivo se eligió este período de calibración.

En el modelo de generación de caudales se consideró como; $n = 228$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.9. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,84$) para el período 1972-1991 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,06$ indica una buena estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,87 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,93 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables y una ligera sobreestimación de la escorrentía en los periodos de avenidas, sin embargo en términos generales podemos concluir que las descargas generadas por el modelo hidrológico del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Piura para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.65 Estación Tambo Grande (1972-1991)

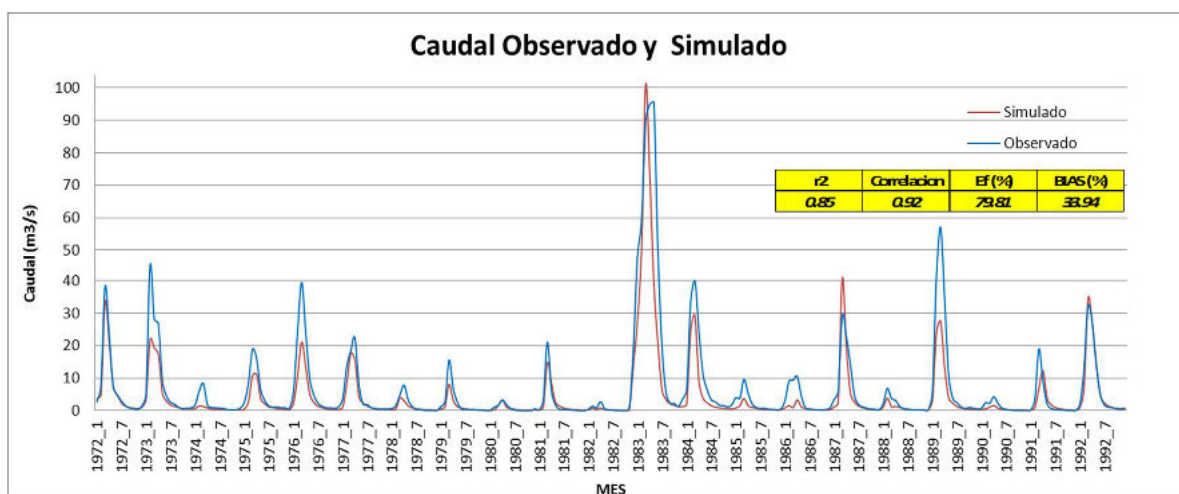


e) Estación Barrios periodo (1972-1992)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación Barrios abarcan desde 1972 hasta el año 1992, lo cual contabiliza $n = 228$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.10. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,79$) indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,33$ indica una regular estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,85 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,92 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables 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 del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Bigote para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.66 Estación Barrios (1972-1992)

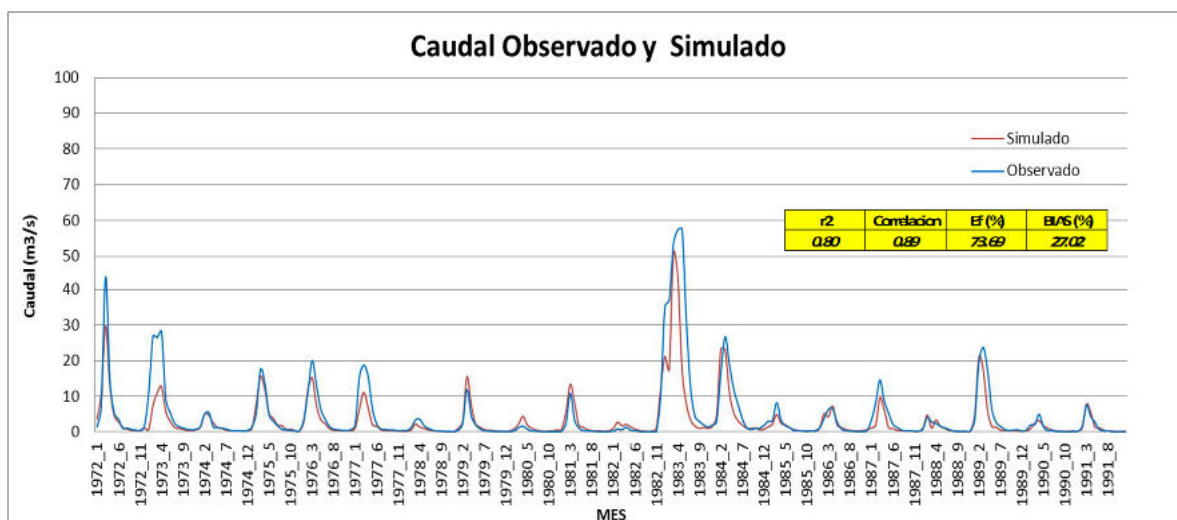


f) Estación Teodulo Peña periodo (1972-1991)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación Barrios abarcan desde 1972 hasta el año 1991, lo cual contabiliza $n = 240$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.11. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,73$) para el período 1972-1991 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,27$ indica una regular estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,80 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,89 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables 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 del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Corrales para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.67 Estación Teodulo Peña (1972-1991)



g) Estación Puente Paltashaco periodo (1972-1991)

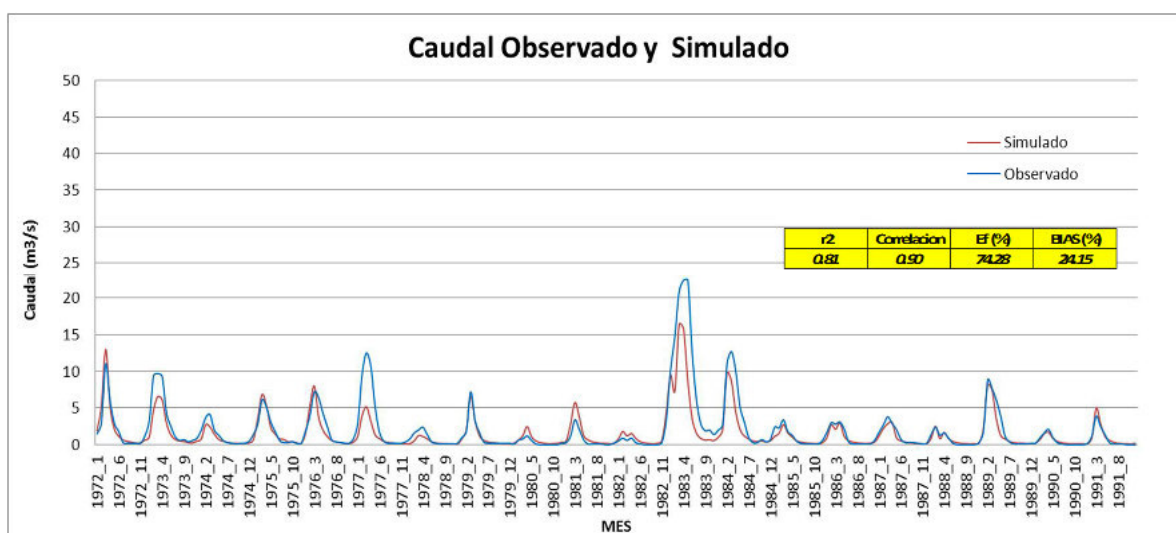
Los datos de caudales diarios registrados en la estación Paltashaco abarcan desde 1972 hasta el año 1991, por este motivo se eligió este período de calibración.

En el modelo de generación de caudales se consideró como; $n = 240$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.12. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,74$) para el período 1972-1991 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,24$ indica una regular estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,81 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,90 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables 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 del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Las Gallegas para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.68 Estación Puente Paltashaco



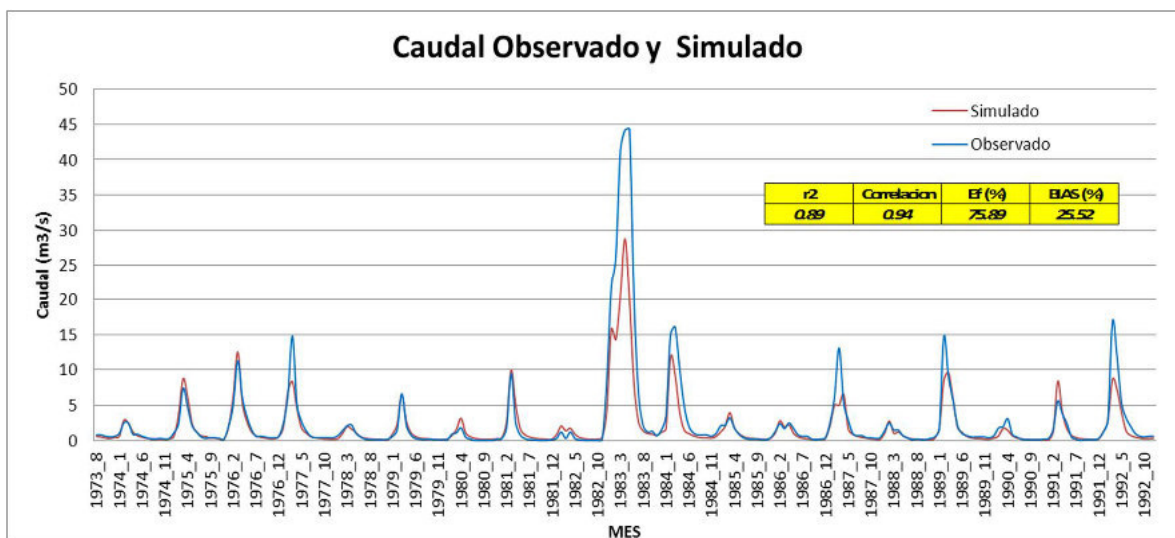
h) Estación San Pedro periodo (1973-1992)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación san Pedro abarcan desde 1972 hasta el año 1991, por este motivo se eligió este período de calibración.

En el modelo de generación de caudales se consideró como; $n = 233$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.13. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,75$) para el período 1973-1992 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,25$ indica una regular estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,89 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,94 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables 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 del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Charanal el periodo considerado.

Gráfico N° 3.69 Estación San Pedro

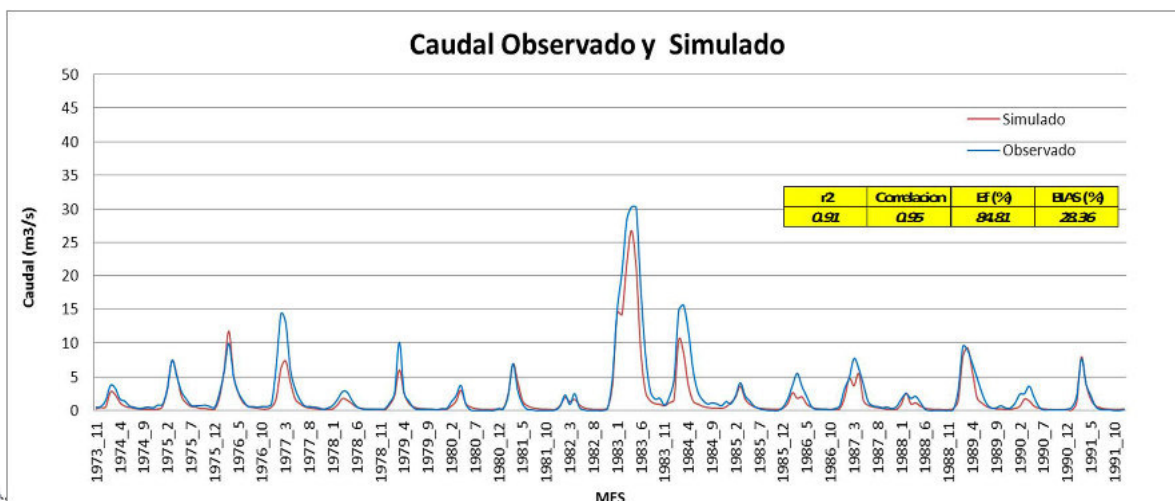


i) Estación Chillique periodo (1973-1991)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación san Pedro abarcan desde 1972 hasta el año 1991, lo cual contabiliza $n = 218$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.14. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,84$ indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,28$ indica una regular estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,91 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,95 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables 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 del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Yapatera para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.70 Estación Chillique



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

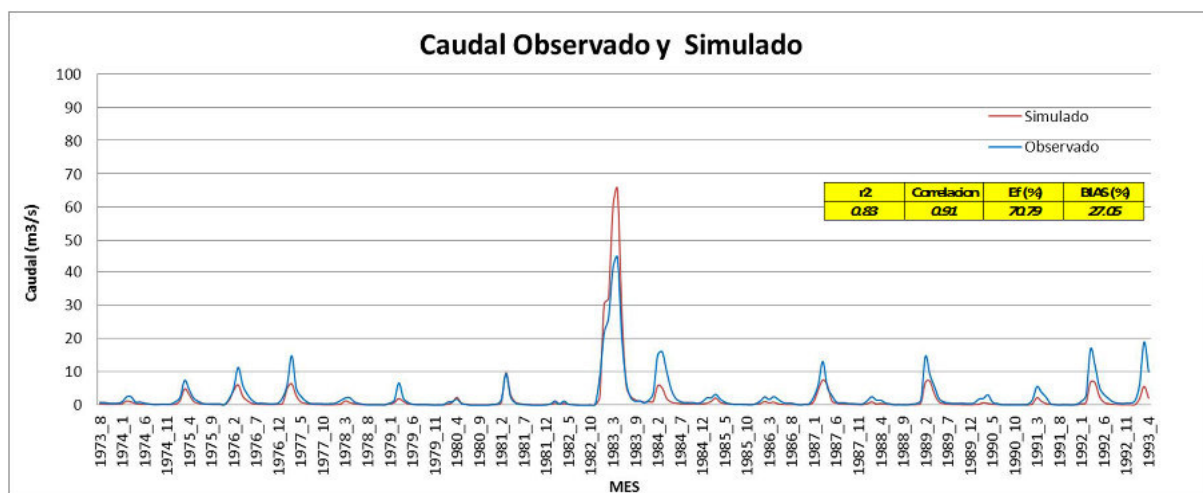
j) Estación San Francisco periodo (1973-1993)

Los datos de caudales diarios registrados en la estación san Pedro abarcan desde 1973 hasta el año 1993, por este motivo se eligió este período de calibración.

En el modelo de generación de caudales se consideró como; $n = 236$ meses para el periodo de calibración. Los resultados se presentan en la Figura N° 9.15. La eficiencia de Nash-Sutcliffe obtenida ($E_2=0,70$) para el período 1973-1993 indican una buena correspondencia entre los caudales observados y simulados, también se observa que el $BIAS = 0,27$ indica una regular estimación de los volúmenes medios simulados, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0,83 y el coeficiente de determinación r^2 igual a 0,91 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

Se concluye que los estadísticos nos muestran resultados aceptables 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 del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río San Francisco para el periodo considerado.

Gráfico N° 3.71
Estación San Francisco



3.4.3. Generación de caudales medios mensuales en el río Piura y subcuencas

Los mayores aportes hídricos superficiales en la cuenca provienen de los ríos: Chignia, Chalpa, Pata, Pusmalca, Canchaque-Huarmaca, Bigote, Chalaco, Corrales, Gallegas, Quebrada Las Damas, Charanal, Yapatera, Río Seco, Sancor y San Francisco, todas ubicadas aguas arriba de la estación Tambo Grande, asimismo se identificaron algunas quebradas ubicadas en la margen derecha que aportan en épocas de avenidas principalmente. Las descargas en todos estos afluentes serán consideradas como si fueran de régimen natural porque no están regulados.


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

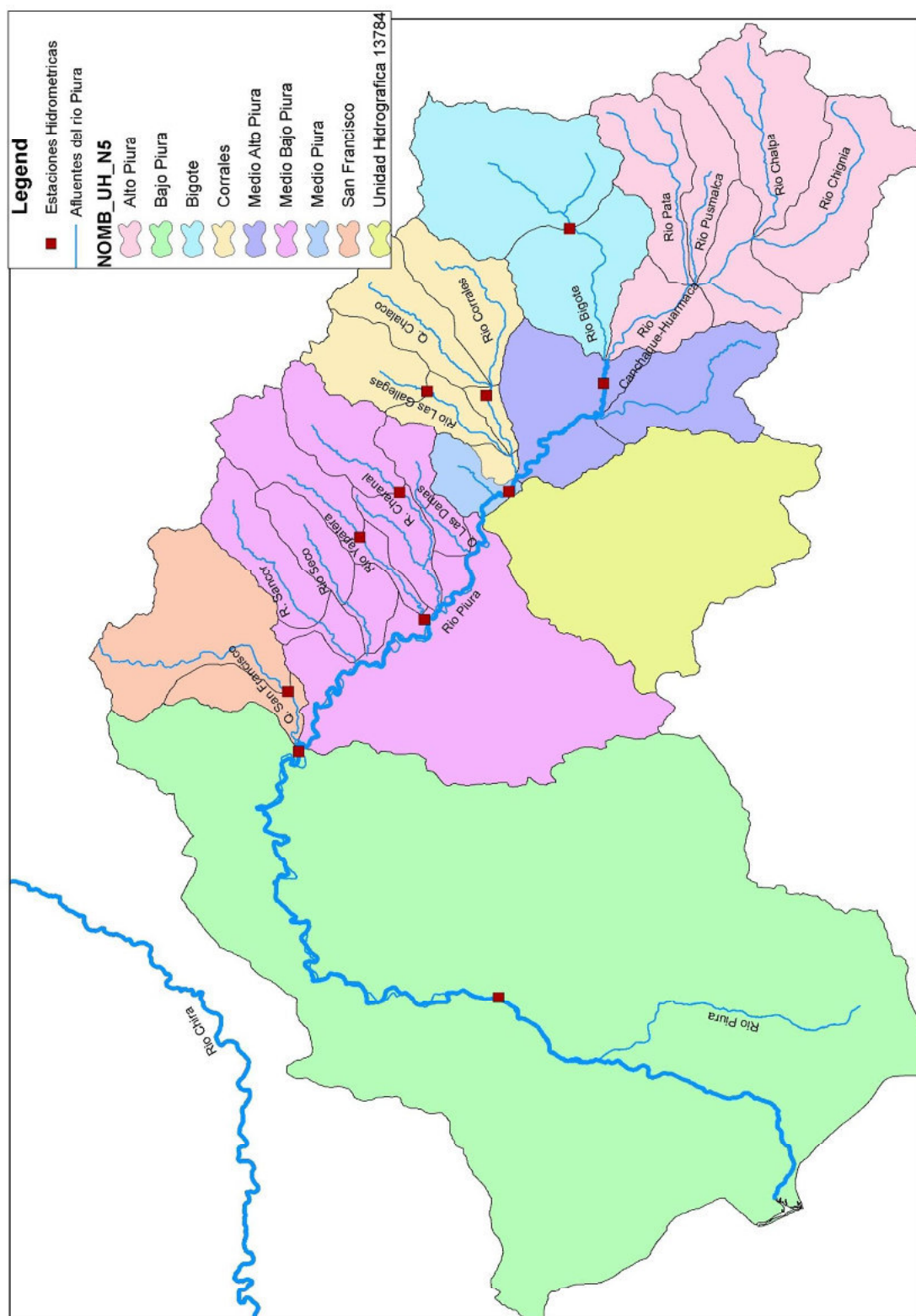
Los resultados de las calibraciones del caudal observado y simulado en las 10 estaciones hidrométricas bajo la metodología descrita se presentan en el cuadro N° 3.59, mientras que en el Cuadro N° 3.60 se muestran los resultados correspondientes al promedio multianual de las descargas de los principales afluentes del río Piura

Cuadro N° 3.59
Resultados de las calibraciones para el periodo considerado

N°	Nombre de Estación	Afluente	Inicio	Fin	Periodo de calibracion (mes)	Eficiencia (NASH)	
1	SAN FRANCISCO	San Francisco	ene-72	dic-93	236	70%	Muy bueno
2	TAMBO GRANDE	Rio Piura	ene-72	dic-91	228	84%	Excelente
3	PUENTE ÑACARA	Rio Piura	ene-72	dic-91	237	71%	Muy bueno
4	CHILILIQUE	Yapatera	nov-73	dic-91	218	84%	Excelente
5	PUENTE PALTASHACO	Las Gallegas	ene-72	dic-91	240	74%	Muy bueno
6	TEODULO PEÑA	Corrales	ene-72	dic-91	240	73%	Muy bueno
7	MALACASI	Rio Piura	ene-72	dic-92	254	83%	Excelente
8	BARRIOS	Bigote	ene-72	feb-92	228	79%	Muy bueno
9	SAN PEDRO	Charanal	ago-73	abr-92	233	75%	Muy bueno
10	CARRASQUILLO	Rio Piura	sep-72	dic-82	131	87%	Excelente

Las series mensuales naturales generadas en las subcuencas para el período 1972-2009 se presentan en el Anexo 01 Recursos Naturales.

Figura N° 3.18



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.60
Caudales naturales mensuales de los tributarios (m³/s)

CAUDALES NATURALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCAS (m³/s)													
Afluente	ENE.	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM
Yapatera	1.64	4.32	6.52	4.54	2.27	1.07	0.53	0.35	0.28	0.24	0.24	0.46	1.87
San Francisco	3.18	6.17	9.59	6.99	3.41	1.50	0.53	0.33	0.26	0.22	0.21	0.43	2.73
Sancor	1.42	3.38	5.15	3.67	1.83	0.79	0.32	0.20	0.16	0.13	0.13	0.25	1.45
Rio Seco	1.03	2.40	3.62	2.58	1.27	0.52	0.19	0.12	0.09	0.08	0.07	0.14	1.01
Pusmalca	1.74	5.24	8.21	5.39	2.19	1.09	0.61	0.41	0.33	0.30	0.31	0.78	2.22
Pata	1.31	3.87	6.03	3.99	1.65	0.84	0.48	0.32	0.26	0.23	0.23	0.58	1.65
Gallegas	1.54	4.35	6.95	5.13	2.21	1.09	0.60	0.40	0.32	0.28	0.30	0.58	1.98
Quebrada Las Damas	0.32	1.06	2.08	1.56	0.54	0.21	0.09	0.06	0.04	0.04	0.03	0.07	0.51
Corrales	5.15	14.48	22.67	16.65	7.07	3.56	1.95	1.30	1.05	0.96	1.03	2.12	6.50
Chignia	1.28	3.87	6.90	4.90	2.03	0.99	0.55	0.37	0.29	0.27	0.27	0.58	1.86
Charanal	1.94	5.30	8.33	5.84	2.72	1.25	0.61	0.40	0.32	0.27	0.27	0.53	2.31
Chalpa	2.52	7.12	11.50	8.51	3.71	1.92	1.12	0.77	0.62	0.61	0.64	1.42	3.37
Chalaco	2.37	6.34	9.43	7.01	3.05	1.57	0.88	0.59	0.48	0.44	0.49	1.01	2.81
Canchaque-Huarmaca	7.71	23.29	38.57	26.65	11.00	5.49	3.06	2.07	1.66	1.55	1.58	3.72	10.53
Bigote	3.37	13.09	24.42	16.41	6.51	3.29	1.66	1.09	0.85	0.73	0.70	1.64	6.15
Rio Piura (Tambo Grande)	36.52	106.76	181.62	125.38	52.43	23.79	11.42	7.50	5.92	5.22	5.18	11.20	47.75

Descargas del río Piura

Las descargas del río Piura 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 Piura, aguas arriba de Tambo Grande.

En el cuadro N° 3.60 podemos apreciar la serie de descargas completadas y extendidas registrados en la estación Tambo Grande, 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 fines de riego agrícola principalmente.

Cuadro N° 3.61

CAUDALES MEDIOS MENSUALES COMPLETADOS Y EXTENDIDOS DEL RIO PIURA - m³/s
ESTACION TAMBO GRANDE

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1972	8.7	40.6	382.1	77.0	20.1	15.3	7.7	2.8	1.3	1.8	3.5	0.9
1973	26.2	198.0	151.4	128.1	31.9	19.8	13.0	2.7	1.0	0.5	0.5	0.9
1974	1.9	19.6	27.3	21.5	17.2	8.0	2.9	4.7	0.2	0.1	0.1	0.1
1975	6.9	21.0	72.7	53.0	20.8	7.6	6.0	4.3	1.9	0.9	0.8	0.6
1976	18.8	77.5	103.7	70.6	28.6	12.2	4.8	2.2	3.7	1.8	0.7	2.7
1977	4.0	45.5	81.7	58.3	26.1	6.8	3.7	3.1	4.0	3.5	5.7	1.7
1978	2.9	4.2	4.0	16.8	2.8	2.3	1.3	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
1979	0.4	3.3	24.8	6.4	1.8	2.4	1.0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2
1980	0.1	0.5	3.5	5.4	2.5	2.7	0.8	1.2	0.2	0.1	0.1	0.0
1981	0.1	0.1	104.2	18.0	2.8	2.0	1.4	0.9	0.6	0.4	0.2	0.2
1982	0.2	0.9	0.9	1.2	0.8	0.5	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	25.9
1983	437.2	462.2	901.6	1300.7	704.1	249.0	58.2	28.0	16.7	12.0	8.2	9.4
1984	12.5	163.5	263.2	134.0	33.4	20.7	13.9	7.9	3.1	2.1	2.2	1.2
1985	8.0	19.8	54.7	14.5	13.7	10.2	6.9	2.4	0.7	0.6	0.7	0.3
1986	0.1	1.7	13.8	11.5	8.4	3.7	1.7	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
1987	4.2	48.0	251.8	107.1	39.5	14.0	8.4	4.9	3.9	1.9	1.0	0.3
1988	1.3	16.9	7.3	7.8	12.8	9.8	6.6	2.3	0.7	0.6	0.7	0.3
1989	2.2	134.6	214.3	111.0	24.4	12.3	7.0	2.3	0.7	0.6	0.7	0.3
1990	1.3	12.7	3.7	7.8	12.8	9.8	6.6	2.3	0.7	0.6	0.7	0.3
1991	1.3	12.7	26.9	14.4	12.8	9.8	6.6	2.3	0.7	0.6	0.7	0.3
1992	5.3	25.6	212.3	198.7	68.3	18.4	7.1	4.4	2.2	0.8	0.9	1.5
1993	2.4	88.5	238.6	92.0	26.3	8.6	3.6	2.8	2.1	0.8	0.8	2.5
1994	21.1	75.4	104.1	50.4	11.5	3.7	1.1	1.4	1.1	0.6	0.6	2.2
1995	11.7	38.1	38.0	17.1	1.3	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	1.3
1996	2.3	3.5	27.8	3.2	0.9	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
1997	0.3	3.9	28.6	16.9	1.9	1.1	0.6	0.4	0.4	0.4	1.5	76.3
1998	263.9	831.6	820.5	455.3	111.0	33.0	14.8	9.6	6.6	5.0	3.8	3.9
1999	8.2	186.7	140.4	87.9	38.5	16.8	7.5	5.4	4.5	2.7	1.9	4.1
2000	9.3	80.6	197.2	105.4	43.6	19.7	8.0	5.8	6.4	2.2	1.4	5.1
2001	28.3	82.3	314.5	103.7	24.5	10.7	5.2	4.2	2.9	1.7	3.0	2.5
2002	2.0	46.4	247.9	213.4	37.5	15.7	7.7	5.1	2.9	4.6	3.4	5.7
2003	10.9	31.1	25.4	6.8	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
2004	6.3	7.6	12.4	14.7	2.2	1.3	1.0	0.8	0.7	0.8	0.7	1.6
2005	1.6	14.0	84.9	17.3	1.5	1.0	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	1.1
2006	3.3	117.0	203.6	81.7	14.7	7.6	2.6	1.8	1.1	0.7	2.3	4.0
2007	9.4	7.6	44.7	18.2	1.6	0.9	0.7	0.6	0.5	0.6	2.2	0.5
2008	26.1	421.4	475.0	194.7	42.9	18.9	8.7	6.5	3.5	4.0	5.3	2.3
2009	77.5	112.1	168.9	49.3								
Prom	27.06	90.97	159.96	102.42	39.11	15.65	6.22	3.44	2.12	1.51	1.54	4.37

3.5. OFERTA HIDRICA POR CUENCAS

Para determinar la oferta hídrica superficial en las sub cuencas se realizó el modelamiento de toda la cuenca y subcuencas cuyos resultados se muestran en el Anexo 01 Recursos Naturales, tanto caudales disponibles como caudales naturales.

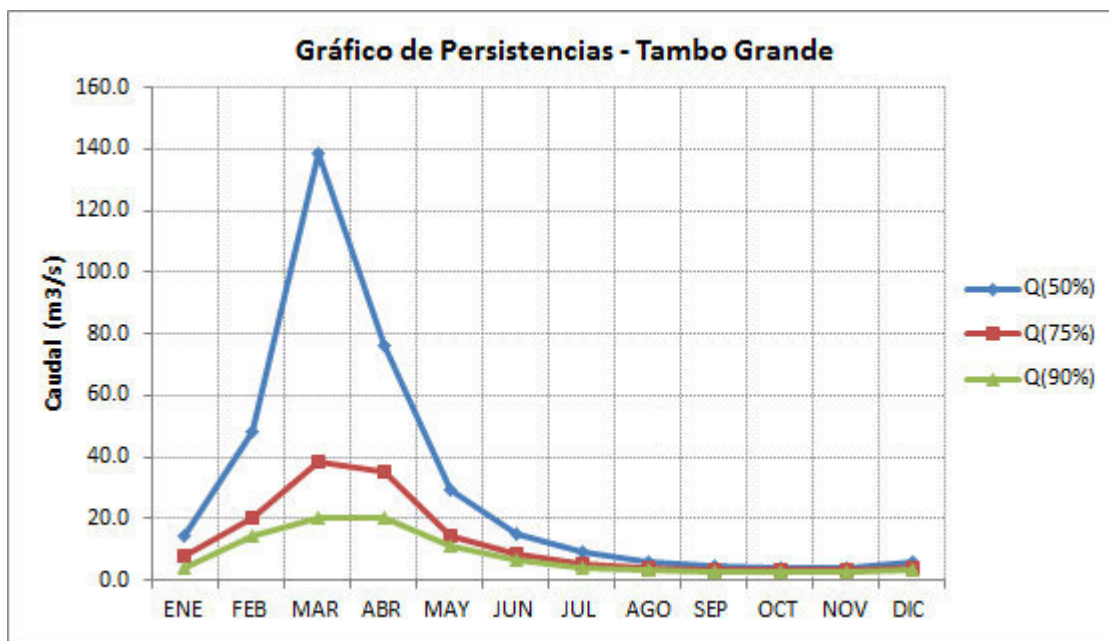
De este modelamiento se han generado series de caudales naturales medio mensuales con lo que se pudo determinar la disponibilidad hídrica con persistencias al 50%, 75% y 90%.

En los cuadros y gráficos siguientes se muestra la persistencia de caudales naturales en el río Piura y afluentes principales.

Cuadro N° 3.62

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - TAMBO GRANDE - RIO PIURA (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	36.52	106.76	181.62	125.38	52.43	23.79	11.42	7.50	5.92	5.22	5.18	11.20	47.75
Q(50%)	14.31	48.44	138.87	76.01	29.50	15.22	8.96	6.25	4.88	4.19	3.92	5.77	29.69
Q(75%)	7.88	20.46	38.74	35.21	14.50	8.25	5.50	3.98	3.40	3.18	3.65	4.00	12.40
Q(90%)	3.93	14.21	20.30	20.57	10.90	6.71	4.30	3.05	2.80	2.66	2.71	3.40	7.96

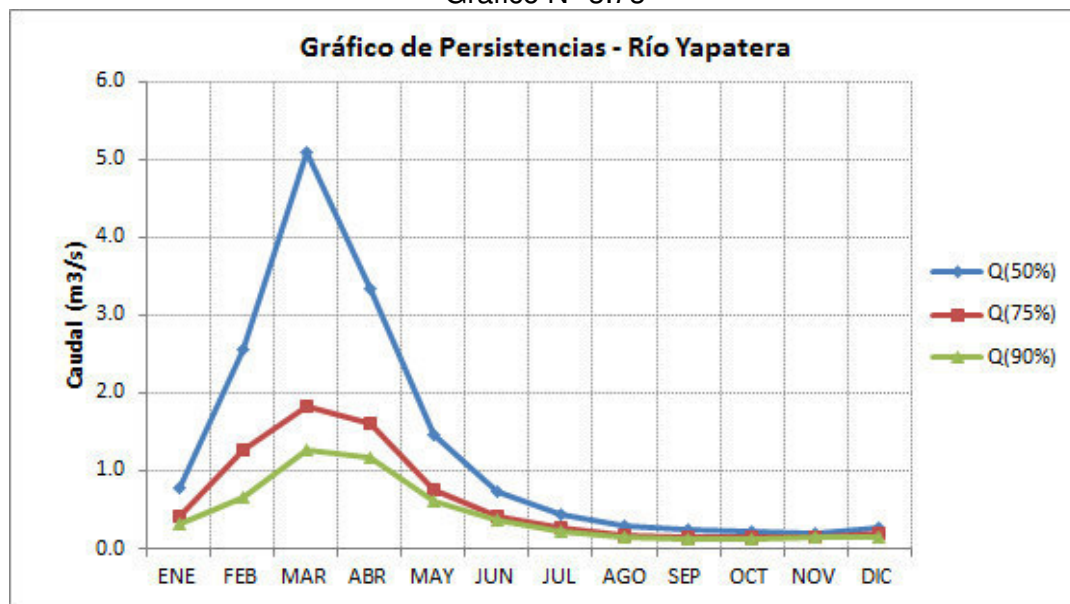
Gráfico N° 3.72



Cuadro N° 3.63

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA YAPATERA - RIO YAPATERA (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	1.64	4.32	6.52	4.54	2.27	1.07	0.53	0.35	0.28	0.24	0.24	0.46	1.87
Q(50%)	0.79	2.56	5.09	3.33	1.47	0.73	0.43	0.29	0.24	0.21	0.20	0.26	1.30
Q(75%)	0.41	1.28	1.83	1.60	0.76	0.42	0.27	0.18	0.16	0.15	0.15	0.20	0.62
Q(90%)	0.33	0.66	1.26	1.17	0.60	0.36	0.23	0.16	0.13	0.13	0.13	0.15	0.44

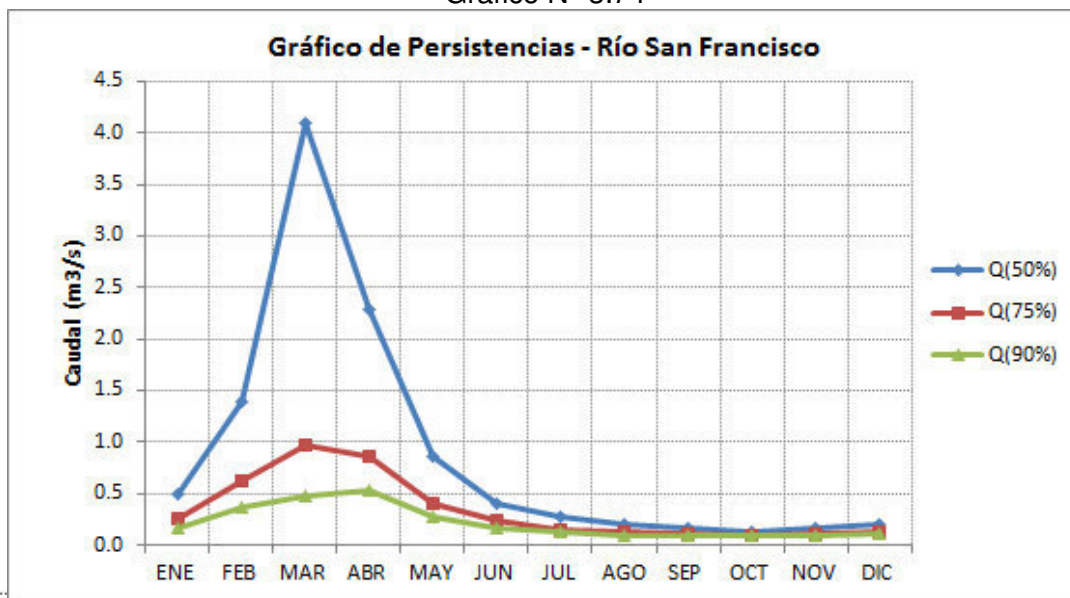
Gráfico N° 3.73



Cuadro N° 3.64

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA SAN FRANCISCO - RIO SAN FRANCISCO (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	3.18	6.17	9.59	6.99	3.41	1.50	0.53	0.33	0.26	0.22	0.21	0.43	2.73
Q(50%)	0.50	1.39	4.09	2.28	0.85	0.41	0.28	0.20	0.16	0.14	0.16	0.20	0.89
Q(75%)	0.26	0.62	0.97	0.85	0.41	0.23	0.15	0.12	0.11	0.10	0.11	0.13	0.34
Q(90%)	0.16	0.36	0.48	0.54	0.28	0.16	0.12	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.21

Gráfico N° 3.74

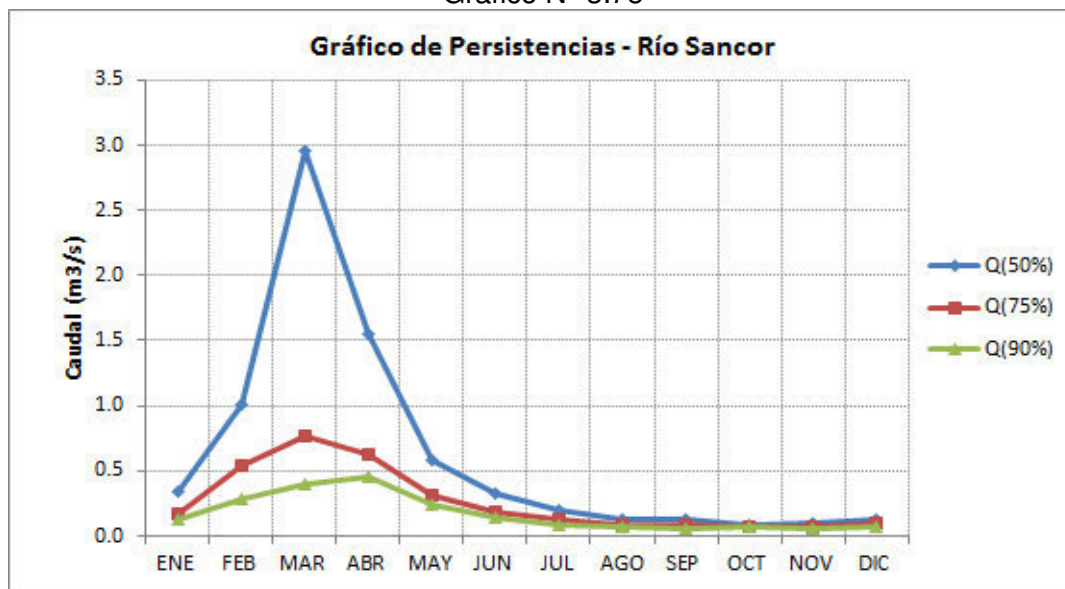


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.65

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA SANCOR - RIO SANCOR (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	1.42	3.38	5.15	3.67	1.83	0.79	0.32	0.20	0.16	0.13	0.13	0.25	1.45
Q(50%)	0.34	1.01	2.96	1.56	0.58	0.32	0.20	0.13	0.12	0.09	0.10	0.12	0.63
Q(75%)	0.17	0.54	0.76	0.62	0.32	0.19	0.12	0.09	0.08	0.07	0.07	0.09	0.26
Q(90%)	0.12	0.28	0.40	0.46	0.24	0.14	0.09	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.17

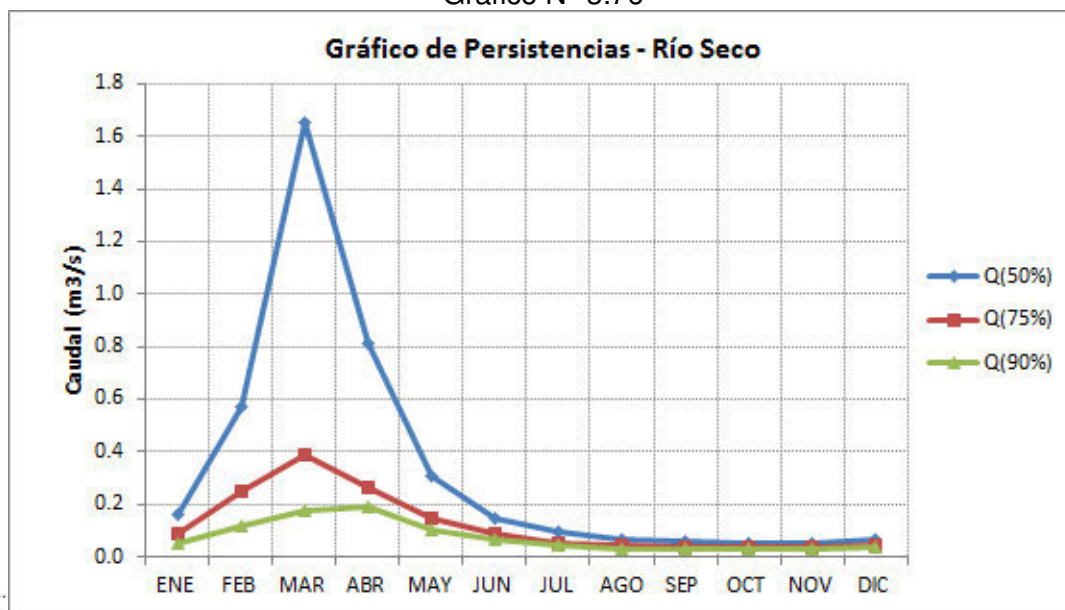
Gráfico N° 3.75



Cuadro N° 3.66

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA PUSMALCA - RIO SECO (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	1.03	2.40	3.62	2.58	1.27	0.52	0.19	0.12	0.09	0.08	0.07	0.14	1.01
Q(50%)	0.16	0.57	1.65	0.81	0.31	0.15	0.10	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.34
Q(75%)	0.09	0.25	0.38	0.27	0.15	0.09	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.12
Q(90%)	0.05	0.12	0.18	0.19	0.10	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.08

Gráfico N° 3.76

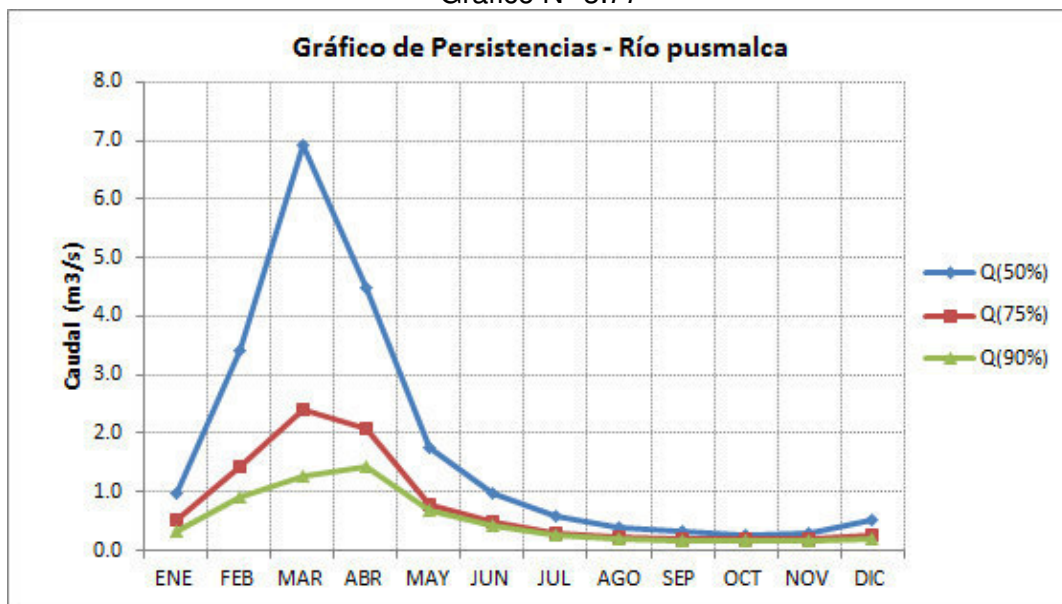


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.67

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA PUSMALCA - RIO PUSMALCA (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	1.74	5.24	8.21	5.39	2.19	1.09	0.61	0.41	0.33	0.30	0.31	0.78	2.22
Q(50%)	0.99	3.40	6.91	4.49	1.75	0.97	0.59	0.39	0.32	0.28	0.28	0.51	1.74
Q(75%)	0.52	1.43	2.40	2.07	0.79	0.48	0.30	0.23	0.20	0.19	0.19	0.25	0.75
Q(90%)	0.32	0.92	1.26	1.43	0.68	0.42	0.27	0.20	0.17	0.16	0.15	0.19	0.51

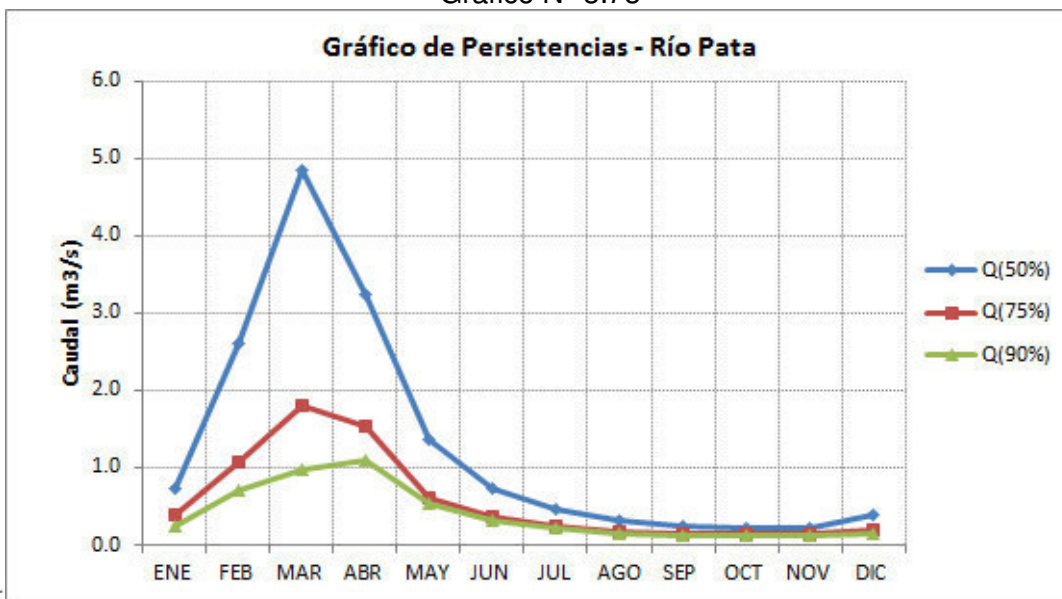
Gráfico N° 3.77



Cuadro N° 3.68

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA PATA - RIO PATA (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	1.31	3.87	6.03	3.99	1.65	0.84	0.48	0.32	0.26	0.23	0.23	0.58	1.65
Q(50%)	0.73	2.60	4.85	3.25	1.35	0.74	0.46	0.31	0.25	0.21	0.22	0.38	1.28
Q(75%)	0.38	1.08	1.81	1.53	0.62	0.37	0.23	0.18	0.16	0.14	0.15	0.19	0.57
Q(90%)	0.25	0.69	0.96	1.10	0.53	0.33	0.22	0.16	0.13	0.13	0.12	0.15	0.40

Gráfico N° 3.78

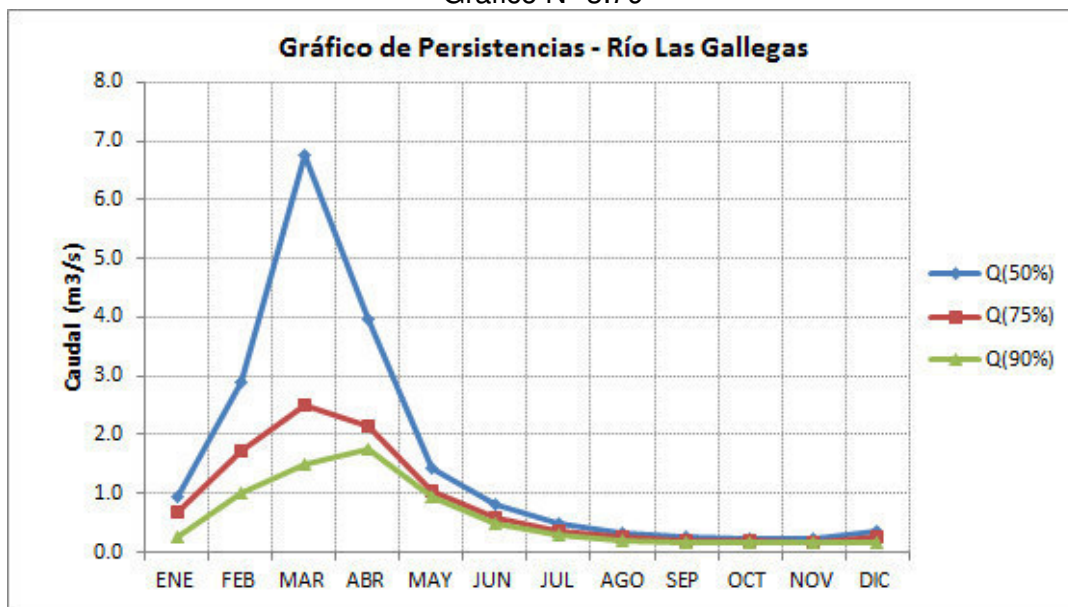


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.69

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA GALLEGAS - RÍO LAS GALLEGAS (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	1.54	4.35	6.95	5.13	2.21	1.09	0.60	0.40	0.32	0.28	0.30	0.58	1.98
Q(50%)	0.93	2.89	6.77	3.97	1.44	0.80	0.49	0.34	0.26	0.23	0.24	0.36	1.56
Q(75%)	0.67	1.74	2.50	2.15	1.06	0.60	0.37	0.24	0.19	0.19	0.18	0.24	0.84
Q(90%)	0.26	1.00	1.50	1.75	0.93	0.49	0.30	0.21	0.17	0.15	0.16	0.17	0.59

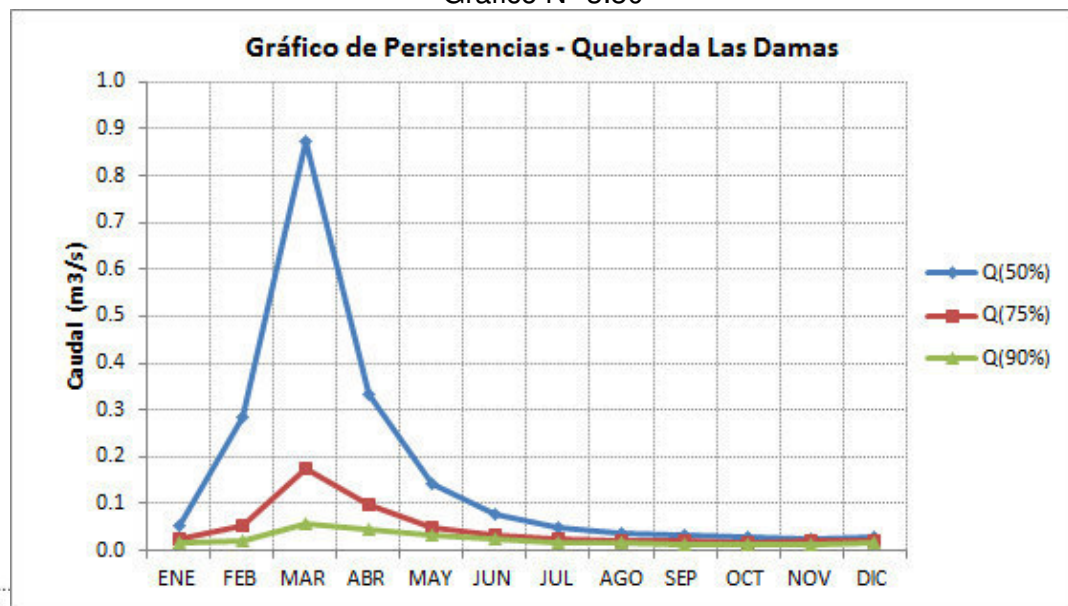
Gráfico N° 3.79



Cuadro N° 3.70

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA LAS DAMAS - QUEBRADA LAS DAMAS (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	0.32	1.06	2.08	1.56	0.54	0.21	0.09	0.06	0.04	0.04	0.03	0.07	0.51
Q(50%)	0.05	0.28	0.87	0.33	0.14	0.08	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.16
Q(75%)	0.02	0.05	0.17	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04
Q(90%)	0.02	0.02	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02

Gráfico N° 3.80

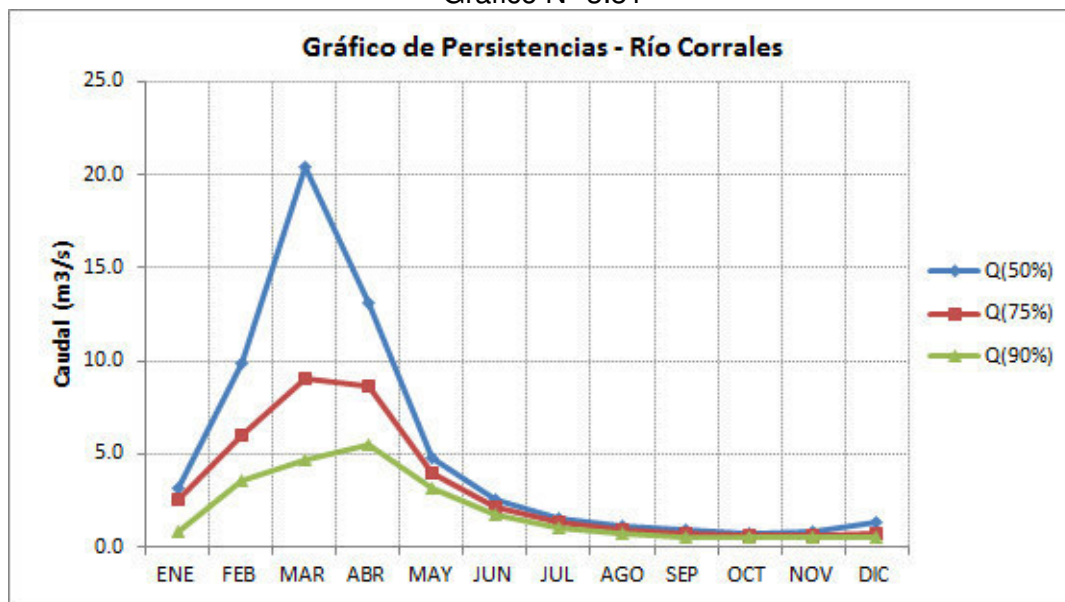


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.71

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA CORRALES - RIO CORRALES (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	5.15	14.48	22.67	16.65	7.07	3.56	1.95	1.30	1.05	0.96	1.03	2.12	6.50
Q(50%)	3.16	9.82	20.38	13.06	4.80	2.53	1.56	1.07	0.87	0.73	0.77	1.36	5.01
Q(75%)	2.50	5.95	9.08	8.64	3.96	2.12	1.27	0.88	0.71	0.65	0.59	0.76	3.09
Q(90%)	0.78	3.54	4.64	5.48	3.13	1.68	1.02	0.68	0.52	0.51	0.51	0.51	1.92

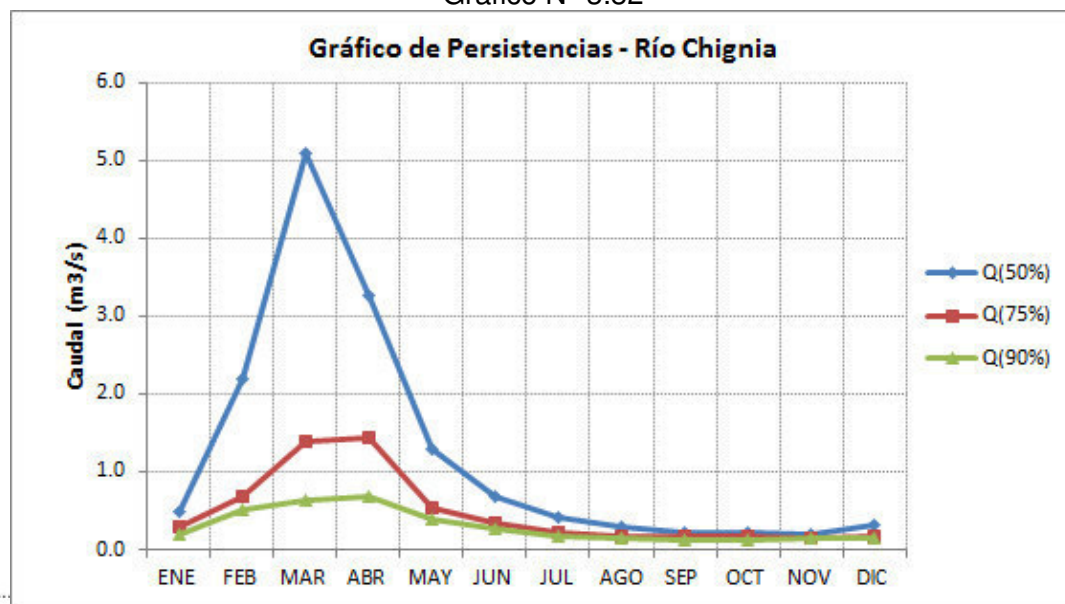
Gráfico N° 3.81



Cuadro N° 3.72

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA CHIGNIA - RIO CHIGNIA (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	1.28	3.87	6.90	4.90	2.03	0.99	0.55	0.37	0.29	0.27	0.27	0.58	1.86
Q(50%)	0.49	2.20	5.10	3.27	1.28	0.69	0.41	0.29	0.22	0.22	0.20	0.31	1.22
Q(75%)	0.29	0.68	1.39	1.45	0.53	0.34	0.23	0.18	0.17	0.16	0.16	0.17	0.48
Q(90%)	0.19	0.51	0.64	0.69	0.39	0.27	0.18	0.13	0.12	0.13	0.14	0.14	0.29

Gráfico N° 3.82

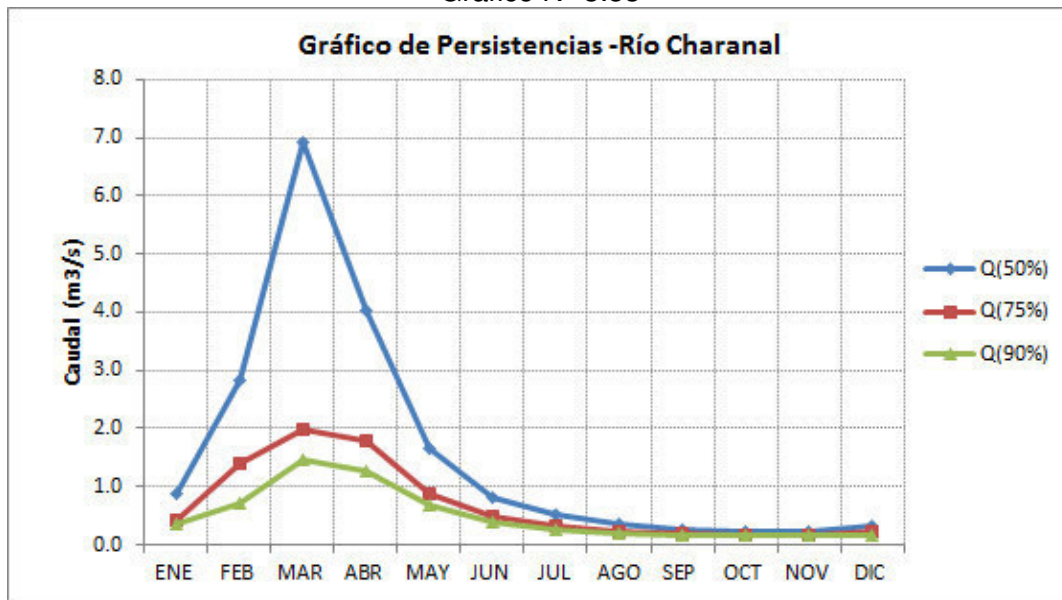


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.73

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA CHARANAL - RÍO CHARANAL (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	1.94	5.30	8.33	5.84	2.72	1.25	0.61	0.40	0.32	0.27	0.27	0.53	2.31
Q(50%)	0.87	2.82	6.92	4.02	1.64	0.81	0.53	0.35	0.27	0.24	0.22	0.31	1.58
Q(75%)	0.44	1.41	2.00	1.79	0.88	0.47	0.31	0.21	0.18	0.17	0.17	0.22	0.69
Q(90%)	0.35	0.72	1.45	1.26	0.67	0.40	0.25	0.18	0.15	0.15	0.15	0.17	0.49

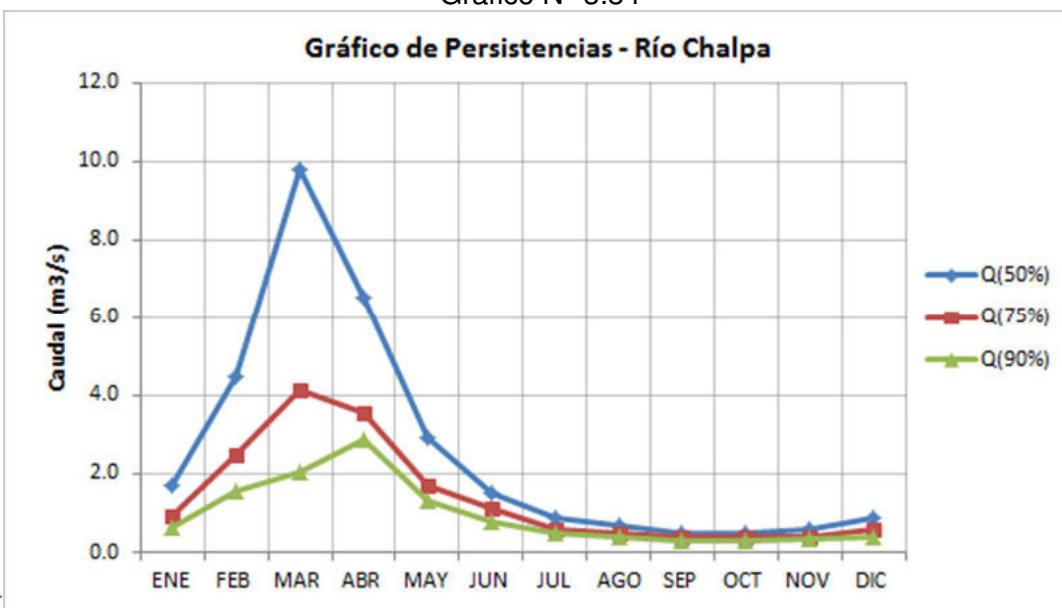
Gráfico N° 3.83



Cuadro N° 3.74

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA CHALPA - RÍO CHALPA (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	2.52	7.12	11.50	8.51	3.71	1.92	1.12	0.77	0.62	0.61	0.64	1.42	3.37
Q(50%)	1.73	4.50	9.80	6.55	2.86	1.55	0.95	0.67	0.49	0.51	0.56	0.88	2.59
Q(75%)	0.92	2.49	4.10	3.54	1.75	1.11	0.64	0.50	0.45	0.38	0.40	0.58	1.40
Q(90%)	0.64	1.60	2.08	2.83	1.32	0.81	0.53	0.37	0.32	0.33	0.33	0.36	0.96

Gráfico N° 3.84

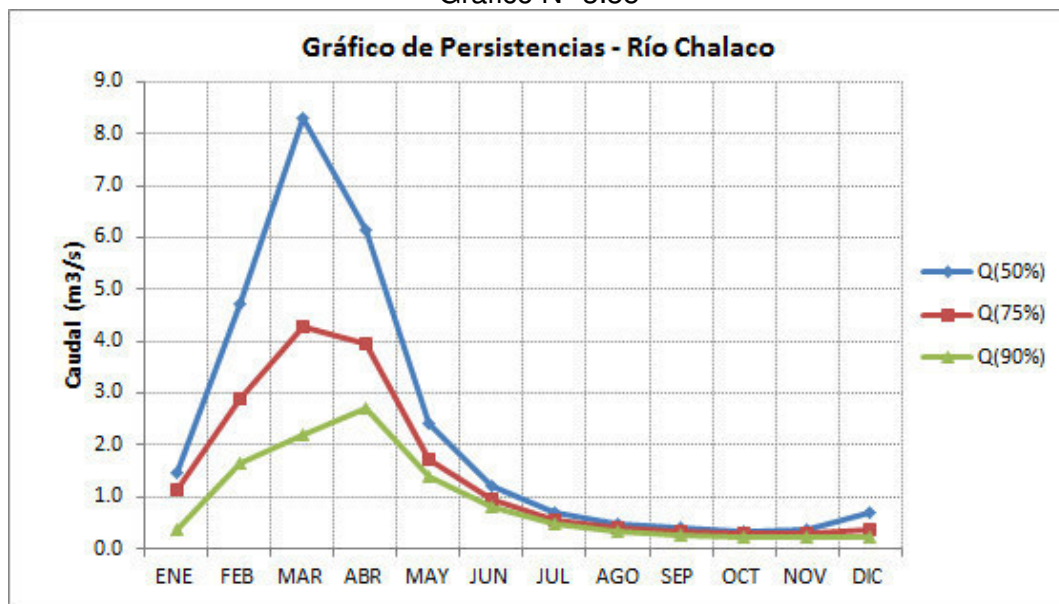


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.75

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA CHALACO - RIO CHALACO (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	2.37	6.34	9.43	7.01	3.05	1.57	0.88	0.59	0.48	0.44	0.49	1.01	2.81
Q(50%)	1.48	4.71	8.30	6.16	2.43	1.20	0.69	0.48	0.39	0.33	0.37	0.68	2.27
Q(75%)	1.12	2.89	4.26	3.96	1.73	0.96	0.55	0.41	0.33	0.30	0.28	0.35	1.43
Q(90%)	0.38	1.65	2.19	2.71	1.40	0.79	0.49	0.32	0.24	0.23	0.22	0.22	0.90

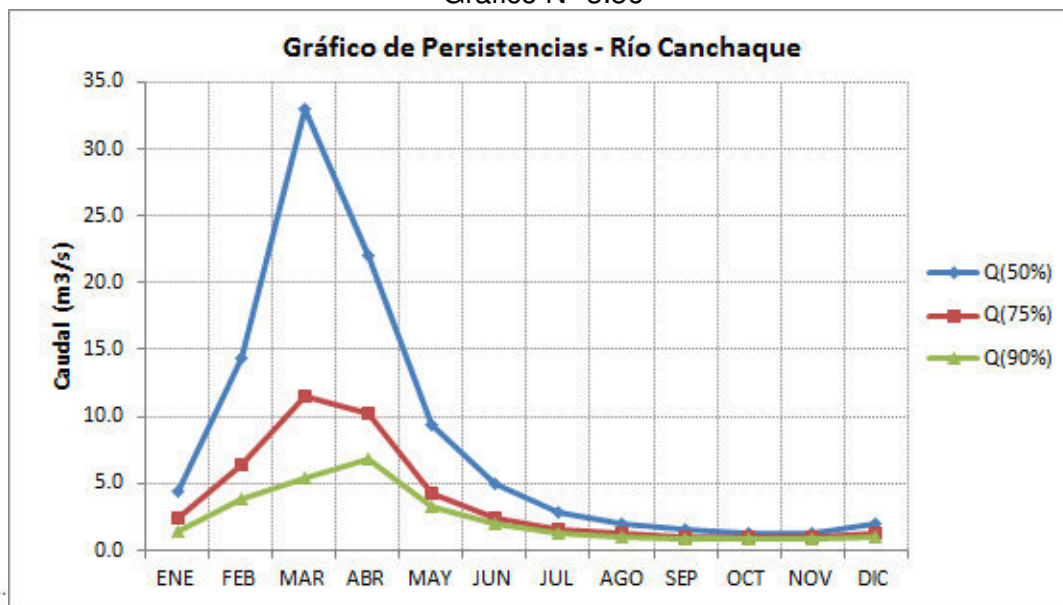
Gráfico N° 3.85



Cuadro N° 3.76

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA CANCHAQUE-HUARMACA - RIO CANCHAQUE-HUARMACA (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	7.71	23.29	38.57	26.65	11.00	5.49	3.06	2.07	1.66	1.55	1.58	3.72	10.53
Q(50%)	4.38	14.42	33.01	22.00	9.34	4.99	2.87	2.02	1.52	1.34	1.35	2.02	8.27
Q(75%)	2.48	6.44	11.45	10.21	4.21	2.46	1.57	1.21	1.02	0.98	1.02	1.34	3.70
Q(90%)	1.45	3.88	5.36	6.76	3.30	1.99	1.33	0.98	0.84	0.82	0.83	1.01	2.38

Gráfico N° 3.86

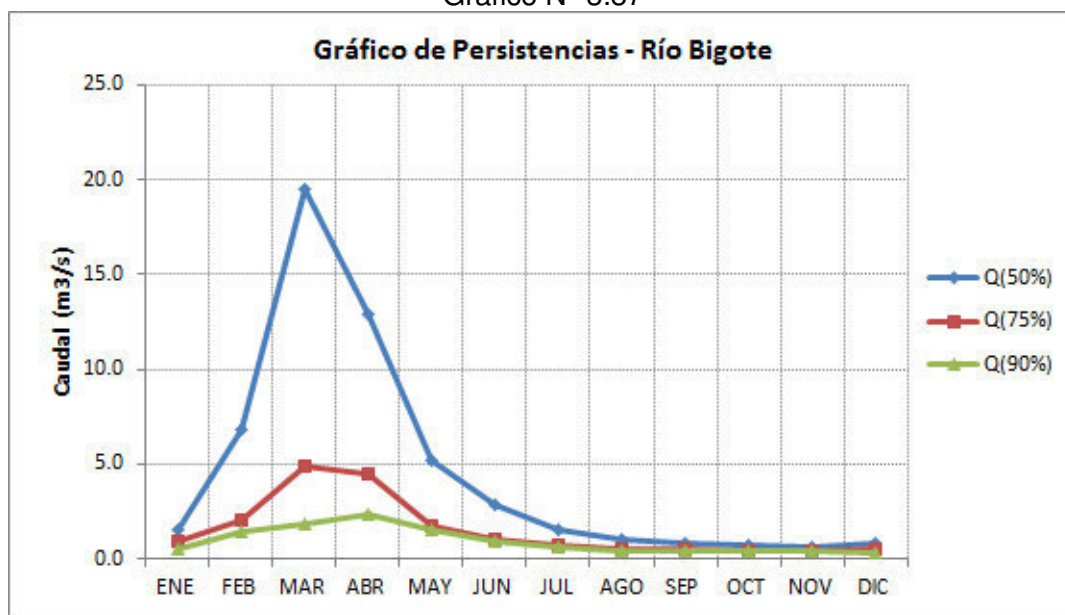


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.77

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - SUBCUENCA BIGOTE - RÍO BIGOTE (m ³ /s.)													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM.	3.37	13.09	24.42	16.41	6.51	3.29	1.66	1.09	0.85	0.73	0.70	1.64	6.15
Q(50%)	1.50	6.78	19.54	12.87	5.15	2.85	1.54	0.98	0.76	0.67	0.61	0.80	4.50
Q(75%)	0.90	2.02	4.90	4.51	1.71	1.04	0.71	0.55	0.47	0.44	0.39	0.47	1.51
Q(90%)	0.46	1.40	1.84	2.37	1.48	0.89	0.58	0.44	0.41	0.37	0.36	0.33	0.91

Gráfico N° 3.87



3.6. EVENTOS HIDROLOGICOS EXTREMOS

3.6.1. Análisis de Máximas Avenidas

En este capítulo conoceremos el comportamiento hidrológico extremo de la cuenca Piura y su crecida máxima, en diferentes periodos de retorno, a fin de promover las medidas preventivas necesarias, delimitar los cauces de los ríos, fajas marginales.

En este sentido, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha elaborado Estudios de Máximas Avenidas con el objeto de evaluar el comportamiento de estos procesos, a fin de plantear los programas de prevención y mitigación por estos fenómenos.

Cabe mencionar que el análisis de máximas avenidas en las subcuencas de la cuenca Piura, tomando los resultados del Estudio de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Vertiente del Pacífico - Cuencas de la Costa Norte, realizado por la ANA en Diciembre del 2010.

3.6.2. Máximas Avenidas en Subcuencas

A. Función de Distribución de Probabilidad

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 III

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(k) \theta^k} \left(\frac{x}{\theta} \right)^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}} \left(\frac{x}{\theta} \right)^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}}$$

Donde:

θ, k, α Son los parámetros de la función

$\Gamma(k)$ Función Gamma

Los parámetros θ, k, α se evalúan a partir de los datos observados (lluvia máxima de 24 horas), mediante el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\theta = \frac{1}{k} \left(\frac{\alpha}{\Gamma(k)} \right)^{\frac{1}{k-1}}; \quad k = \frac{\alpha}{\theta^k \Gamma(k)}; \quad \alpha = \theta^k \Gamma(k)$$

Donde:

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

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

La función de distribución de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{n \Gamma(2g+1) s^{2g+1}} \left(\frac{x - \bar{x}}{s} \right)^{2g} e^{-\left(\frac{x - \bar{x}}{s} \right)^2}$$

Sustituyendo

$\frac{x - \bar{x}}{s}$, la ecuación anterior se escribe como:

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(2g+1) s^{2g+1}} \left(\frac{x - \bar{x}}{s} \right)^{2g} e^{-\left(\frac{x - \bar{x}}{s} \right)^2}$$

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

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(g) 2^g} \left(\frac{x - \bar{x}}{s} \right)^{2g-2} e^{-\left(\frac{x - \bar{x}}{s} \right)^2}$$

La función chi cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.

a) 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:

$$\mu = \bar{x} + \delta$$

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

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

Siendo γ el sesgo.

b) 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. Ajuste de Funciones de Probabilidad

Permite conocer el mejor ajuste de una función de distribución teórica con los datos de precipitación. Para ello se usa la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(X_m)$ y la estimada $F(X_m)$.

$$D = \max |F_o(X_m) - F(X_m)|$$

Y se compara con un valor crítico d_α que depende del número de datos y del nivel de significación seleccionado.

Si $D < d_\alpha$, se acepta la hipótesis nula

C. Determinación de caudales máximos para diferentes períodos de retorno

Con la función de distribución seleccionada de acuerdo a las pruebas de ajuste, se determinaron los caudales máximos para periodos de retorno, aplicando los coeficientes de frecuencia:

$$P_{\max} = \bar{P} + k\sigma$$

Dónde: P_{\max} Precipitación máxima, \bar{P} Precipitación media, σ desviación estándar de la precipitación y coeficiente de frecuencia.

D. Características físicas de las microcuencas

Las subcuencas que componen la cuenca en estudio en gran parte son las subcuencas delimitadas a través de la metodología de Pfafstetter, siempre que su área no exceda los 1 000 km², en ese caso fue necesario dividir en dos o tres microcuencas, debido a los límites de aplicación de los modelos de transformación de precipitación a escorrentía.

Las principales características que se analizaron de las microcuencas son: área, cauce más largo (L), longitud del cauce hasta el centroide (Lc), pendiente media de la cuenca (S), longitud de tramo del río Principal (RivLen) y pendiente del tramo del río principal (River S).

Las características se muestran en los cuadro N° 3.78

Cuadro N° 3.78
Características Físicas de las subcuencas del río Piura

Subcuencas	Ríos	RivLen (m)	River S (m/m)	L (m)	Lc (m)	S (m/m)
San Francisco	R60	29371.60	0.002860	48372.06	24712.50	0.002860
Bajo Piura 2	R30	25315.32	0.000356	54235.69	14650.32	0.000360
Medio Bajo Piura 1	R90	29392.16	0.000646	65343.98	20292.39	0.000010
Bajo Piura 1	R270	56028.50	0.003891	76711.29	36297.47	0.000010
Corrales	R260	14164.56	0.057750	48994.88	39801.11	0.057750
Medio Piura	R310	13584.21	0.000883	21382.93	11262.61	0.030000
Medio Bajo Piura 2	R170	19699.47	0.000812	54590.41	17065.82	0.060000
Bigote	R340	3127.00	0.022066	57089.38	30895.46	0.022070
Unidad 13784	R370	16392.94	0.000976	65008.45	40818.16	0.000980
Medio Alto Piura	R380	25573.53	0.001290	56015.89	24038.70	0.020000
Alto Piura	R480	19093.12	0.003038	69512.91	43834.68	0.003040

Fuente: Estudio de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Vertiente del Pacífico - Cuencas de la Costa Norte.
Diciembre 2010

3.6.3. Modelo precipitación-escorrentía

A. Modelación de cuencas grandes

La modelación hidrológica de cuencas grandes, mayores a 1000 millas cuadradas (2589 km²), son comúnmente desarrollados con métodos determinísticos. Estos métodos dependen principalmente de los principios físicos, útiles para diseñar las diferentes interrelaciones hidrológicas que permiten determinar los hidrogramas de avenida.

En estas cuencas, la estimación de las abstracciones hidrológicas son complicadas debido al rango de condiciones anteriores de humedad, así mismo la selección de los parámetros que gobiernan el tránsito en los cauces y la distribución espacial y temporal de la tormentas que producirán el pico máximo de la avenida son grandemente complicados y requieren de una estimación cuidadosa.

El desarrollo del método determinístico ha dado grandes avances, apoyado en el desarrollo de la computación y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

B. Modelación hidrológica - Hec Hms

HEC-HMS es un modelo hidrológico desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC), del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, que simula el proceso de precipitación - escorrentía.

HEC-HMS dispone de las siguientes opciones para esta simulación:

- Varias alternativas para la determinación de las abstracciones.
- Métodos agregados o lineales de transformación de la escorrentía distribuida.
- Opciones de tránsito hidrológico
- Un sistema de optimización de parámetros.

C. Determinación de abstracciones

Las abstracciones se refieren a la cantidad de lluvia infiltrada en la tierra. HEC-HMS emplea los métodos más comunes para calcular las pérdidas o abstracciones (como el initial/constant, C N de SCS, C N gridded SCS y el Green y Ampt) y provee una opción de abatimiento de la humedad para simular en los períodos de tiempo extendidos.

El método que mejor se ajusta para el presente trabajo es el SCS (Soil conservation Service), en base a la curva numero característico, calculado a partir la cobertura de la cuenca.

Los valores de Numero de Curva de las subcuencas fueron calculadas a partir de los planos de cobertura vegetal, mapa de uso de suelo y el mapa de pendientes, el valor final resulta de la ponderación de los valores individuales distribuidos espacialmente asignados según la tabla de Ven Te Chow.

Los datos de vegetación, suelos y pendientes, se obtuvieron a través de los trabajos de campo realizados en el área de estudio, imágenes satelitales y estudios recientes de suelos y ZEE.

D. Transformación de escorrentía (Runoff Transformation)

Este módulo convierte el exceso de precipitación en la subcuenca a escorrentía directa en la salida. Tiene disponible los métodos agregados y distribuidos. En el método agregado, la escorrentía es determinada usando hidrogramas unitarios tales como: Clark, Snyder o SCS o métodos de onda cinemática.

En las cuencas estudiadas se emplea el método del Hidrograma Unitario de Snyder, es un hidrograma que toma en cuenta las características del cauce y de la subcuenca, como parámetros de cálculo del hidrograma, lo cual hace que sea más representativa.

E. Tránsito en cauces (Channel Routing)

El tránsito en cauces permite la conocer el movimiento del flujo en el tramo del cauce desde las salidas de la subcuenca hasta la salida de la cuenca. Las opciones para el tránsito son: Muskingum, el Pulso Modificado, la Onda Cinemática y el métodos de Muskingum-Cunge.

La selección de la técnica a emplearse se basa en el tiempo de flujo del cauce y el delta de tiempo empleado para la simulación. Si el tiempo de traslado del flujo en el cauce es menor al delta de tiempo analizado (Δt) el tránsito en el canal se desarrolla con el método de desfase puro (lag), en caso contrario el tránsito se desarrolla con el método Muskingum.

F. Modelamiento hidrológico de la Cuenca Piura - Hec HMS

En la simulación con el Sistema de Modelamiento Hidrológico (HEC HMS) de la cuenca del Piura se emplearon los siguientes parámetros:

a. Modelo de cuenca

El área total de la cuenca es subdividido en: subcuencas, los parámetros fueron calculados para todas las subcuencas y la interconexión de cauces los cuales se encuentran detallados en los Cuadros N° 3.79 - 3.82.

Cuadro N° 3.79
Parámetros de pérdida en las subcuencas

Rios	CN	S (pulg)	S (mm)	Ia
R60	47.743	10.94547892	278.02	55.6
R30	56.565	7.678776629	195.04	39.01
R90	54.889	8.218586602	208.75	41.75
R270	47.214	11.18015843	283.98	56.8
R260	80.26	2.459506604	62.47	12.49
R310	57.354	7.435575548	188.86	37.77
R170	62.759	5.93396963	150.72	30.14
R340	80.57	2.411567581	61.25	12.25
R370	48.699	10.53430255	267.57	53.51
R380	70.705	4.143271339	105.25	21.05
R480	78.526	2.734635662	69.46	13.89

Cuadro N° 3.80
Parámetros de las subcuencas e hidrograma Snyder

Codigo	Nombre Subcuenca	Parametros de Subcuenca				Parametros Hidrograma Snyder		
		L (ft)	L (milla)	Lc (ft)	Lc (milla)	Ct	Tp (hr)	Cp
R60	San Francisco	96362.4	18.3	81076.8	15.4	2	10.847	0.6
R30	Bajo Piura 2	83054.5	15.7	48064.8	9.1	2	8.868	0.6
R90	Medio Bajo Piura 1	96429.8	18.3	66575.3	12.6	2	10.226	0.6
R270	Bajo Piura 1	183818.3	34.8	119084.7	22.6	2	14.775	0.6
R260	Corrales	46471.1	8.8	130579.5	24.7	2	10.055	0.6
R310	Medio Piura	44567.1	8.4	36950.4	7.0	2	6.799	0.6
R170	Medio Bajo Piura 2	64630.0	12.2	55989.5	10.6	2	8.61	0.6
R340	Bigote	10259.1	1.9	101361.8	19.2	2	5.923	0.6
R370	Unidad 13784	53782.0	10.2	133916.2	25.4	2	10.585	0.6
R380	Medio Alto Piura	83901.6	15.9	78866.2	14.9	2	10.319	0.6
R480	Alto Piura	62640.7	11.9	143812.8	27.2	2	11.32	0.6

Cuadro N° 3.81
Cálculo de Flujo Base

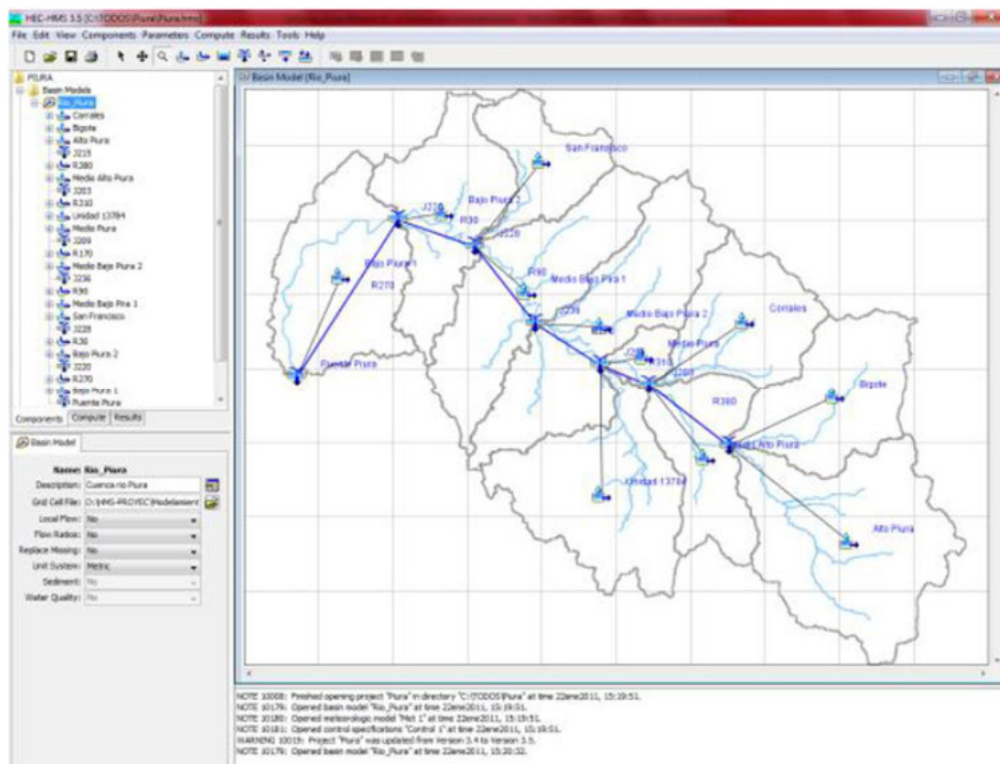
Rios	Area	Flujo inicial (Q inicial)	K (Coef. Recesion)	Q inflexion (Therhold Q)
R60	383.52	1.249703476	0.85	3.499169732
R30	699.93	2.280728394	0.85	6.386039504
R90	867.28	2.826039921	0.85	7.912911778
R270	812.97	2.649070282	0.85	7.41739679
R260	572.16	1.864388665	0.85	5.220288261
R310	109.58	0.357067446	0.85	0.999788849
R170	987.15	3.216637427	0.85	9.006584796
R340	686.51	2.2369992	0.85	6.263597759
R370	878.77	2.863480192	0.85	8.017744538
R380	508.95	1.658418294	0.85	4.643571222
R480	1165.4	3.797466705	0.85	10.63290677

Cuadro N° 3.82
Cálculo de Parámetros de Muskingum

Cauce	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Lv/Vs	ΔT (seg)	Metodo de Transito	Parametros de Maskingum		
						n (subterranos)	Ks	X
R60	1.00	29371.60	29371.6035	900	Maskingum	11	8.1588	0.2
R30	1.00	25315.32	25315.3221	900	Maskingum	10	7.0320	0.2
R90	1.00	29392.16	29392.1568	900	Maskingum	11	8.1645	0.2
R270	1.00	56028.50	56028.4993	900	Maskingum	21	15.5635	0.2
R260	1.00	14164.56	14164.557	900	Maskingum	6	3.9346	0.2
R310	1.00	13584.21	13584.2144	900	Maskingum	6	3.7734	0.2
R170	1.00	19699.47	19699.4664	900	Maskingum	8	5.4721	0.2
R340	1.00	3127.00	3127.0005	900	Maskingum	2	0.8686	0.2
R370	1.00	16392.94	16392.9412	900	Maskingum	7	4.5536	0.2
R380	1.00	25573.53	25573.5337	900	Maskingum	10	7.1038	0.2
R480	1.00	19093.12	19093.12	900	Maskingum	8	5.3036	0.2

La delimitación de la cuenca aportante y subcuencas se desarrolló aplicando el Geo HMS, para exportar directamente al HMS.

Figura N° 3.19
Modelo de Cuenca e Interconexión de subcuencas - Piura



b. Modelo meteorológico

El modelo meteorológico se construyó con la información de las isoyetas de precipitación para diferentes períodos de retorno, interpolando el valor para el centroide de la subcuenca

Cuadro N° 3.83
Lámina de precipitación máxima calculado para cada subcuenca

Cuencas	Ppmedio	PP_25	PP_50	PP_75	PP_100	PP_200
San Francisco	492.81	123.36	150.47	167.83	181.48	218.12
Bajo Piura 2	374.2	132.58	165.88	187.93	205.63	254.77
Medio Bajo Piura 1	387.17	136.35	168.25	189.17	205.88	251.93
Bajo Piura 1	283.87	123.79	161.51	187.69	209.12	270.77
Corrales	561.63	91.51	103.21	109.76	114.45	125.34
Medio Piura	416.96	134.69	156.45	169.18	178.61	201.34
Medio Bajo Piura 2	417.37	137.89	163.73	179.67	191.93	223.95
Bigote	564.52	49.26	53.66	55.83	57.28	60.01
Unidad 13784	202.01	115.01	135.81	148.75	158.85	185.76
Medio Alto Piura	280.31	104.75	120.05	128.83	135.29	151.01
Alto Piura	440.87	82.87	94.23	100.66	105.31	116.12

c. Modelo de control

El período de simulación es variable, se encuentra en el rango de 24 horas a 7 días, dependiendo del tamaño de la subcuenca.

d. Hidrogramas resultantes

Los hidrogramas de avenida fueron calculados con el HEC-HMS, para los períodos de retorno de 25, 50, 75, 100 y 200 años.

Los máximos caudales modelados en los hidrogramas se muestran en el Cuadro 3.84, donde se observan los hidrogramas de caudales máximos de cada subcuenca.

Cuadro N° 3.84
Caudales máximos simulados para diferentes períodos de retorno

Cuenca	Subcuencas	CODIGO	Area	Q25	Q50	Q75	Q100	Q200
RIO PIURA	Alto Piura	Alto Piura	1165.4	457.9	574.6	643.3	693.9	814.8
	Bigote	Bigote	686.51	151	182.5	198.9	210.1	231.7
	Medio Alto Piura	Medio Alto Piura	508.95	226.4	293.3	333.8	364.5	441.8
	Corrales	Corrales	572.16	311.6	381.0	421.1	450.3	519.0
	Unidad	Unidad	878.77	127.6	208.3	266.0	314.5	457.6
	Medio Piura	Medio Piura	109.58	52.4	73.7	87.4	98.0	125.9
	Medio Bajo Piura	Medio Bajo Piura	1854.43	890.5	1314.4	1609.2	1851.7	2546.4
	San Francisco	San Francisco	383.52	62.8	110.6	146.4	117.0	268.3
	Bajo Piura	Bajo Piura	1512.9	380.9	676.8	911.1	1117.7	1765.8

3.6.4. Máximas Avenidas en el río Piura

El análisis de Máximas Avenidas en la cuenca del río Piura se realizó utilizando los registros de caudales máximos de cuatro estaciones hidrométricas ubicadas en el mismo río, dichas estaciones son: Malacasi, Carrasquillo, Nacara y Tambo Grande.

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. En el cuadro N° 3.85, se presenta el registro de los caudales máximos de las 4 estaciones en el río Piura.

Cuadro N° 3.85
Caudales máximos registrados en el río Piura

Año	Malacasi	Carrasquillo	Ñacara	Tambo Grande
1965		46.20		
1966		19.26		
1967		1318.50		
1968		46.41		
1969		126.70		
1970				
1971		266.49		
1972	318		737.80	1191.30
1973	400	609.28	576.10	778.30
1974	33	1100.00	26.10	46.40
1975	192	665.60	194.80	168.50
1976	241	26.35	286.10	255.70
1977	387	198.34	651.20	445.90
1978	134	270.50	183.20	84.00
1979	67	1083.70	103.60	73.60
1980	33	86.60	27.70	19.00
1981	281	46.83	510.00	537.40
1982	280	16.50	287.00	356.20
1983	773	614.00	1046.70	483.90
1984	208		561.70	
1985	57		132.00	
1986	115		64.10	45.40
1987	346		480.00	
1988	27		38.90	
1989	468		571.30	
1990	7		571.30	
1991	30		30.20	
1992	377			1345.90
1993	399			
1994				
1995				
1996				
1997			188.00	521.00
1998			2165.00	3287.00
1999			714.00	1593.00
2000			511.00	882.30
2001			744.70	1100.00
2002			1868.40	3228.90
2003			220.60	205.70

El análisis de los datos para distintas distribuciones de probabilidad se realizó en la plataforma del Software hidrológico HYFRAN 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.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Gráfico N° 3.88
 Caudal Máximo para diferentes Distribuciones de Probabilidad - Estación Malacasi

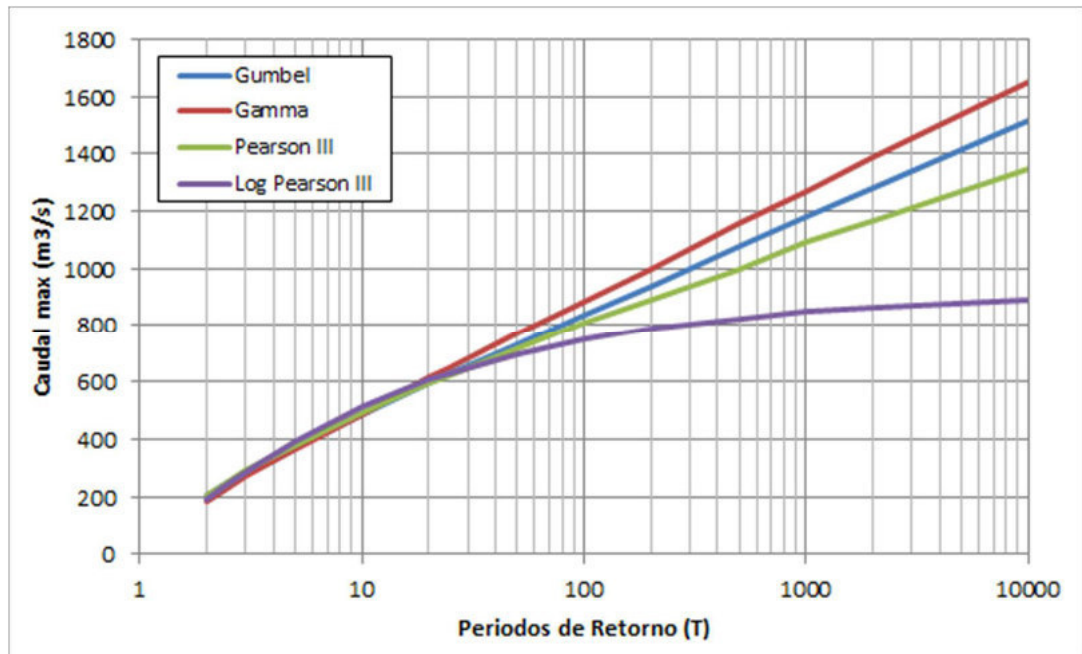
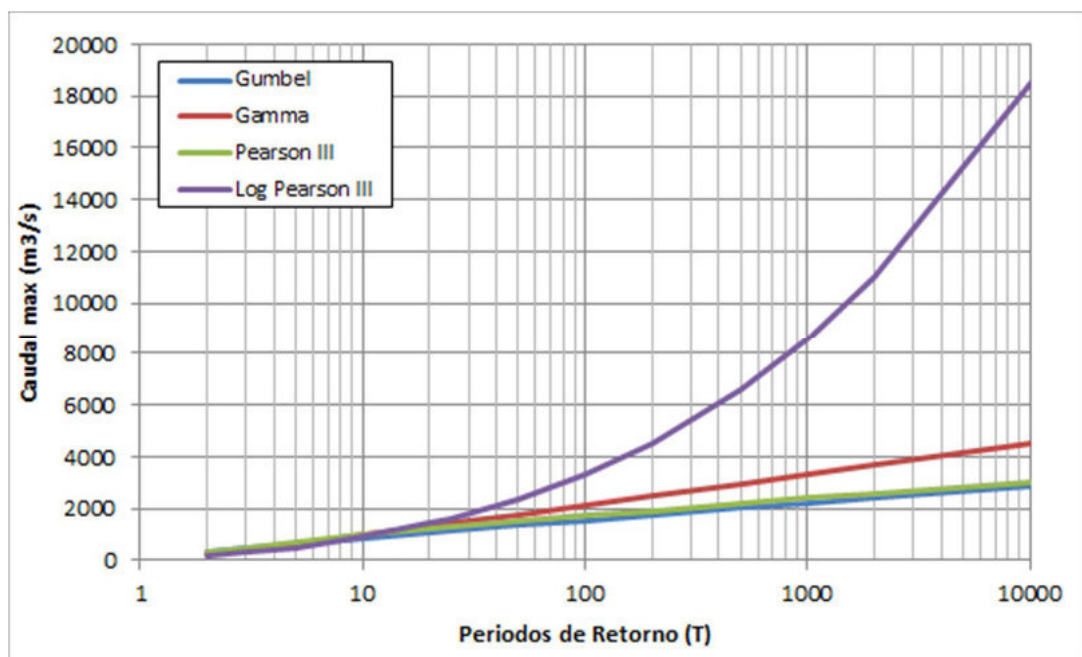


Gráfico N° 3.89
 Caudal Máximo para diferentes Distribuciones de Probabilidad - Estación Carrasquillo




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

Gráfico N° 3.90
 Caudal Máximo para diferentes Distribuciones de Probabilidad - Estación Ñacara

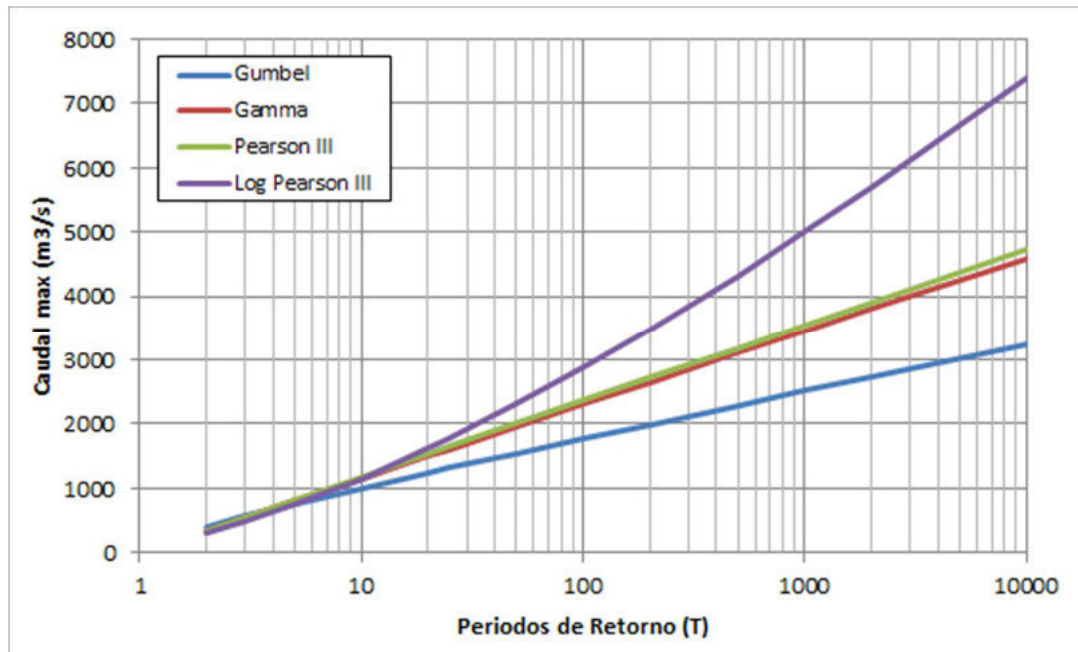
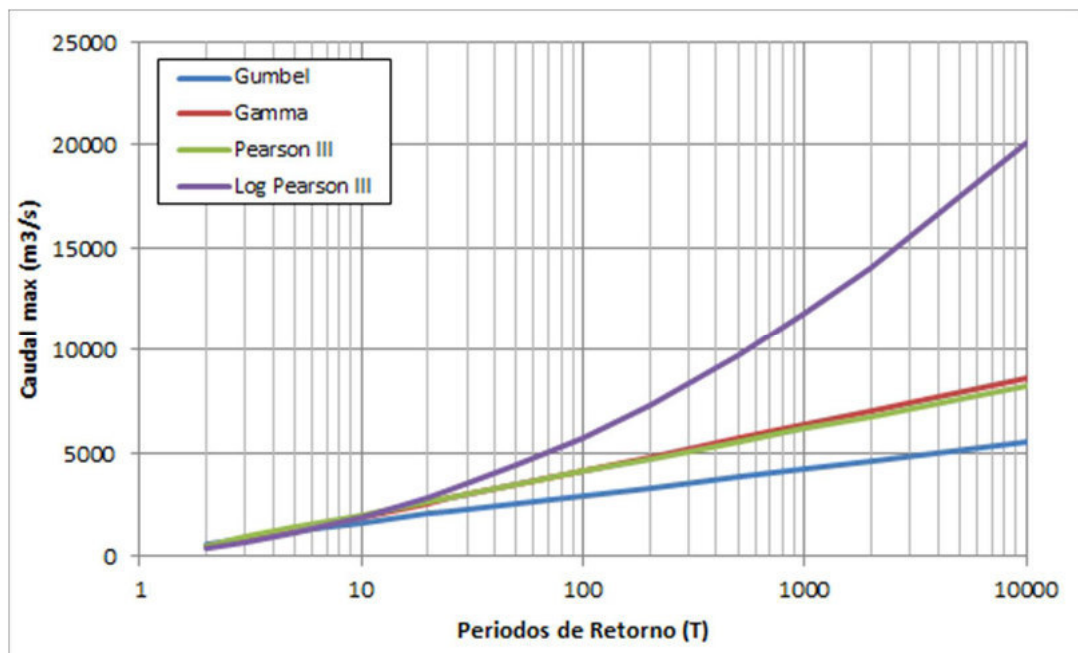


Gráfico N° 3.91
 Caudal Máximo para diferentes Distribuciones de Probabilidad - Estación Tambo-Grande



En los gráficos anteriores se puede apreciar que la distribución Log Pearson III parámetros presenta crecidas muy altas conforme aumenta el periodo de retorno, a excepción de la estación Malacasí que ocurre lo contrario; 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 la Prueba de Chi Cuadrado y los resultados se muestran en los cuadros siguientes, donde se aprecia un buen ajuste para la distribución Gumbel en todas las estaciones.

Cuadro N° 3.86
Prueba Chi Cuadrado - Estación Malacasí

Distribución	Calculado	Tabular (0.05%)	Conclusión
Gumbel	5.82	7.81	Se ajusta
Gamma	12.91	7.81	No se ajusta
Pearson Tipo III	3.64	5.99	Se ajusta
Log Pearson Tipo III	4.73	5.99	Se ajusta

Cuadro N° 3.87
Prueba Chi Cuadrado - Estación Carrasquillo

Distribución	Calculado	Tabular (0.05%)	Conclusión
Gumbel	6.65	7.81	Se ajusta
Gamma	1.00	7.81	Se ajusta
Pearson Tipo III	15.00	5.99	No se ajusta
Log Pearson Tipo III	4.53	5.99	Se ajusta

Cuadro N° 3.88
Prueba Chi Cuadrado - Estación Ñacara

Distribución	Calculado	Tabular (0.05%)	Conclusión
Gumbel	7.48	9.49	Se ajusta
Gamma	6.44	9.49	Se ajusta
Pearson Tipo III	3.85	7.81	Se ajusta
Log Pearson Tipo III	4.89	7.81	Se ajusta

Cuadro N° 3.89
Prueba Chi Cuadrado - Estación Tambo Grande

Distribución	Calculado	Tabular (0.05%)	Conclusión
Gumbel	1.57	7.81	Se ajusta
Gamma	1.00	7.81	Se ajusta
Pearson Tipo III	7.86	5.99	Se ajusta
Log Pearson Tipo III	2.71	5.99	Se ajusta

Como se puede observar en los cuadros anteriores, los datos se ajustan a las distintas distribuciones de probabilidad evaluadas, pero en todos los casos se ajusta a la distribución Gumbel, como también se puede comprobar mediante la prueba de Chi Cuadrado.

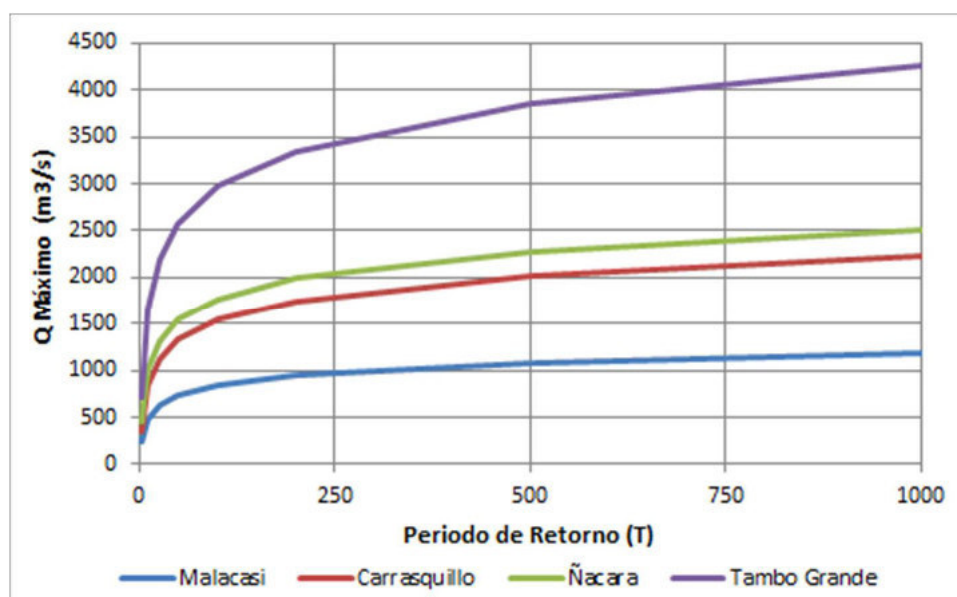
Por lo tanto los Caudales de Avenida Máxima para diferentes Periodos de Retorno, considerados en los diferentes puntos del río Piura, según la Distribución Gumbel, se presentan en el Cuadro y Gráfico siguientes.

Cuadro N° 3.90
Caudales máximos para diferentes períodos de retorno

Estación	Periodos de Retorno T							
	2.33	10	25	50	100	200	500	1000
Malacasi	235	485	627	732	836	940	1080	1180
Carrasquillo	352	852	1130	1340	1540	1740	2010	2220
Ñacara	465	1010	1320	1540	1770	1990	2280	2510
Tambo Grande	716	1660	2190	2580	2970	3350	3860	4250

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.92
Caudales Máximos y Periodos de Retorno



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

A. 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:

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

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.

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

Cuadro N° 3.91

ESTACION	Área Km ²
TAMBOGRANDE	6191.96
ÑACARA	4644.99
CARRASQUILLO	2958.76
MALACASI	1150.88

Aplicando la formula con las áreas respectivas, obtenemos los caudales máximos instantáneos para diferentes periodos de retorno estos caudales se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 3.92

Periodo de Retorno T	Malacasi		Carrasquillo		Ñacara		Tambo Grande	
	Q_{max}	Q_{inst}	Q_{max}	Q_{inst}	Q_{max}	Q_{inst}	Q_{max}	Q_{inst}
2.33	235.0	310.4	351.8	436.9	465.4	563.7	716.3	855.2
10	485.0	640.7	852.0	1058.1	1010.0	1223.4	1660.0	1981.7
25	627.0	828.3	1130.0	1403.3	1320.0	1598.8	2190.0	2614.4
50	732.0	967.0	1340.0	1664.1	1540.0	1865.3	2580.0	3080.0
100	836.0	1104.4	1540.0	1912.5	1770.0	2143.9	2970.0	3545.6
200	940.0	1241.8	1740.0	2160.8	1990.0	2410.4	3350.0	3999.2
500	1080.0	1426.7	2010.0	2496.1	2280.0	2761.6	3860.0	4608.0
1000	1180.0	1558.8	2220.0	2756.9	2510.0	3040.2	4250.0	5073.6

Elaboración propia



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

3.6.5. Determinación del caudal máximo mediante medición en campo

A. Descripción del Método:

El método consiste en seccionar el río en el punto seleccionado 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 (Numero 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)

B. Descripción de actividades:

Dentro del estudio `Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura` contempla la determinación del caudal del río Piura tomando como referencia las diferentes estaciones hidrométricas que se encuentran en su cauce, por tal motivo se procedió a visitar las Estaciones Hidrométricas de Puente Ñacara, Malacasi, Carrasquillo y Tambogrande 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 mucho más aproximada del río, posteriormente se procedió a determinar en forma aproximada 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 paso 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 Malacasi

Se realizó el seccionamiento del río donde se encuentra ubicada la Estación Hidrométrica Puente Malacasi en las coordenadas Norte 9408959 y Este 628789 a una altitud de 168 msnm, en este punto se determinó que el río tiene un ancho de 102m, una altura máxima de huella de agua de 4.40m y una pendiente de 0.50% y de acuerdo al tipo de material en el fondo y paredes del río se determinó el Numero de Manning en 0.06 con estos datos se procedió a determinar el caudal máximo que es de 598.06 m³/s.

Cuadro N° 3.93

Estacion Hidrometrica Malacasi		
Lecho	Arenoso, con presencia de vegetacion arbustiva	
Cauce	Regular	
Mat. Predominante	Arenas Finas	
Ancho Promedio	102.00	m
Area Hidraulica	357.29	m ²
Perimetro Mojado	211.07	m
Pendiente	0.5	%
Numero de Manning	0.06	
Radio Hidraulico	1.69	m
Caudal	598.06	m ³ /seg

SECCION DEL RIO

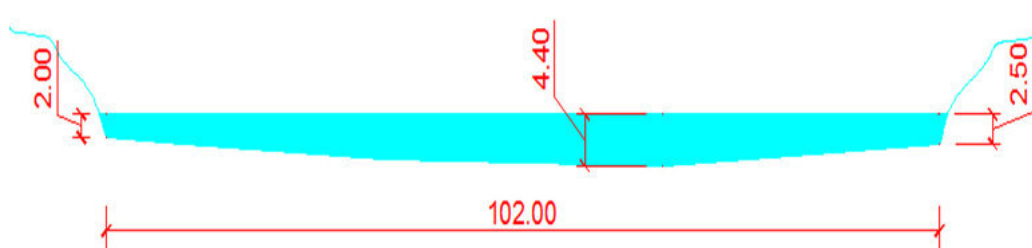


Foto N° 3.30 - Puente Salitral - Malacasi




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

D. Estación Hidrométrica Carrasquillo

Se realizó el seccionamiento del río donde se encuentra ubicada la Estación Hidrométrica Carrasquillo en las coordenadas Norte 9423499 y Este 608850 a una altitud de 107 msnm, en este punto se determinó que el río tiene un ancho de 121.30m, una altura máxima de huella de agua de 7.76m y una pendiente de 0.20% y de acuerdo al tipo de material en el fondo y paredes del río se determinó el Numero de Manning en 0.06 con estos datos se procedió a determinar el caudal máximo que es de 908.33 m³/s.

Cuadro N° 3.94

Estacion Hidrometrica Carrasquillo		
Lecho	Arenoso, con presencia de vegetacion arbustiva	
Cauce	Regular	
Mat. Predominante	Arenas Finas, palizadas	
Ancho Promedio	121.30	m
Area Hidraulica	745.27	m ²
Perimetro Mojado	287.25	m
Pendiente	0.2	%
Numero de Manning	0.06	
Radio Hidraulico	2.59	m
Caudal	908.33	m ³ /seg

SECCION DEL RIO

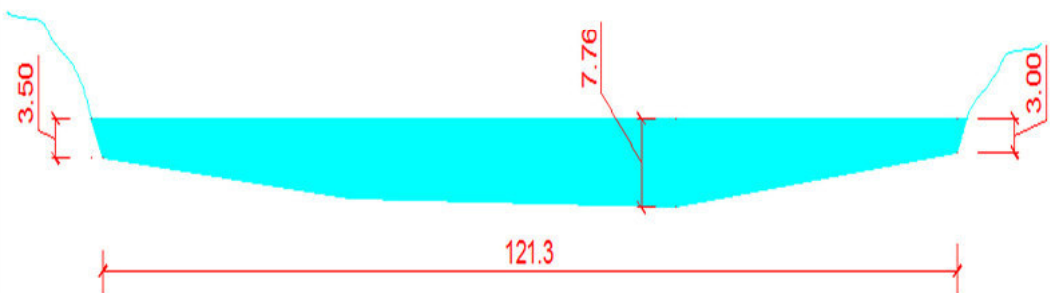


Foto N° 3.31 - Puente Carrasquillo (antiguo)



E. Estación Hidrométrica Puente Ñacara

Se realizó el seccionamiento del río donde se encuentra ubicada la Estación Hidrométrica Puente Ñacara en las coordenadas Norte 9434780 y Este 591674 a una altitud de 84 msnm, en este punto se determinó que el río tiene un ancho de 115m, una altura máxima de huella de agua de 6.50m, una pendiente de 0.20% 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 1082.40 m³/s.

Cuadro N° 3.95

Estacion Hidrometrica Puente Ñacara		
Lecho	Arenoso, con presencia de vegetacion arbustiva	
Cauce	Regular	
Mat. Predominante	Arenas Finas	
Ancho Promedio	115.00	m
Area Hidraulica	627.15	
Perimetro Mojado	233.97	m
Pendiente	0.2	%
Numero de Manning	0.05	
Radio Hidraulico	2.68	m
Caudal	1082.40	m ³ /seg

SECCION DEL RIO

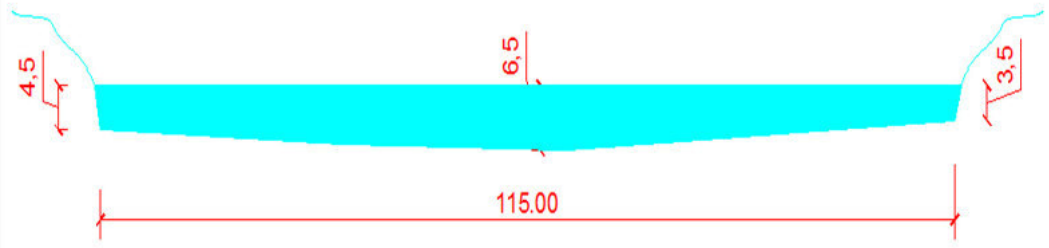


Foto N° 3.32 - Puente Ñacara




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

F. Estación Hidrométrica Tambo Grande

Se realizó el seccionamiento del río donde se encuentra ubicada la Estación Hidrométrica Tambogrande en las coordenadas Norte 9454345 y Este 572533 a una altitud de 65 msnm, en este punto se determinó que el río tiene un ancho de 251.51 m, una altura máxima de huella de agua de 5.81 m y una pendiente de 0.20% 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 1,166.69 m³/s.

Cuadro N° 3.96

Estacion Hidrometrica Tambogrande		
Lecho	Arenoso, con presencia de vegetacion arbustiva	
Cauce	Regular	
Mat. Predominante	Arenas Finas, palizadas	
Ancho Promedio	251.51	m
Area Hidraulica	881.28	m ²
Perimetro Mojado	503.37	m
Pendiente	0.2	%
Numero de Manning	0.05	
Radio Hidraulico	1.75	m
Caudal	1173.30	m ³ /seg

SECCION DEL RIO

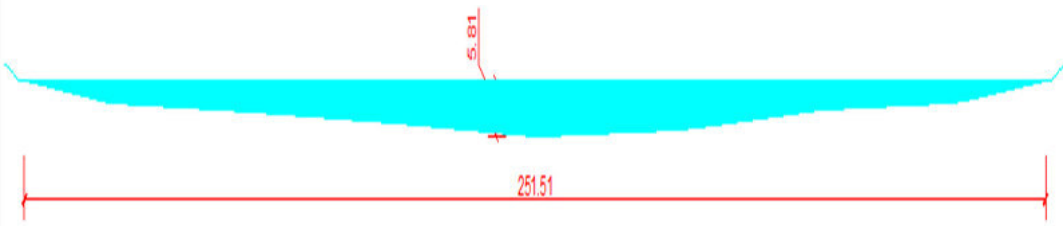


Foto N° 3.33 - Puente Tambogrande




 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
 CIP N° 97413

3.6.6. 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 con los que es calculada.

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:

$$f(x) = \frac{1}{\phi \Gamma(\phi)} \left(\frac{x}{\phi} \right)^{\phi-1} e^{-\frac{x}{\phi}}$$

Dónde:

X es la precipitación,

ϕ es un parámetro de escala de X,

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.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

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° 3.97

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 Piura

En el presente estudio se ha considerado diferentes escalas temporales que reflejan el impacto de la sequía sobre la disponibilidad de las diferentes fuentes del agua. 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.

En los siguientes cuadros y gráficos se presentan los resultados del análisis de sequias para la cuenca Piura en el periodo 1964-2008 y considerando las escalas temporales de 6 meses, 12 meses y 24 meses.

Cuadro N° 3.98
Cuenca Piura - SPI 6 meses

VALOR SPI	CATEGORIA DE LA SEQUIA	Ocurrencia
mas de 2	Extremadamente Húmedo	3.74%
1.50 a 1.99	Muy Húmedo	1.87%
1.00 a 1.49	Moderadamente Húmedo	3.36%
-0.99 a 0.99	Normal	80.93%
-1.00 a -1.49	Moderadamente Seco	1.31%
-1.50 a -1.99	Severamente Seco	0.19%
menos de -2	Extremadamente Seco	8.60%

Cuadro N° 3.99
Cuenca Piura - SPI 12 meses

VALOR SPI	CATEGORIA DE LA SEQUIA	Ocurrencia
mas de 2	Extremadamente Húmedo	4.54%
1.50 a 1.99	Muy Húmedo	2.65%
1.00 a 1.49	Moderadamente Húmedo	8.70%
-0.99 a 0.99	Normal	72.40%
-1.00 a -1.49	Moderadamente Seco	3.78%
-1.50 a -1.99	Severamente Seco	1.70%
menos de -2	Extremadamente Seco	6.24%

Cuadro N° 3.100
Cuenca Piura - SPI 24 meses

VALOR SPI	CATEGORIA DE LA SEQUIA	Ocurrencia
mas de 2	Extremadamente Húmedo	4.06%
1.50 a 1.99	Muy Húmedo	4.45%
1.00 a 1.49	Moderadamente Húmedo	1.93%
-0.99 a 0.99	Normal	74.47%
-1.00 a -1.49	Moderadamente Seco	8.12%
-1.50 a -1.99	Severamente Seco	2.32%
menos de -2	Extremadamente Seco	4.64%

Gráfico N° 3.93

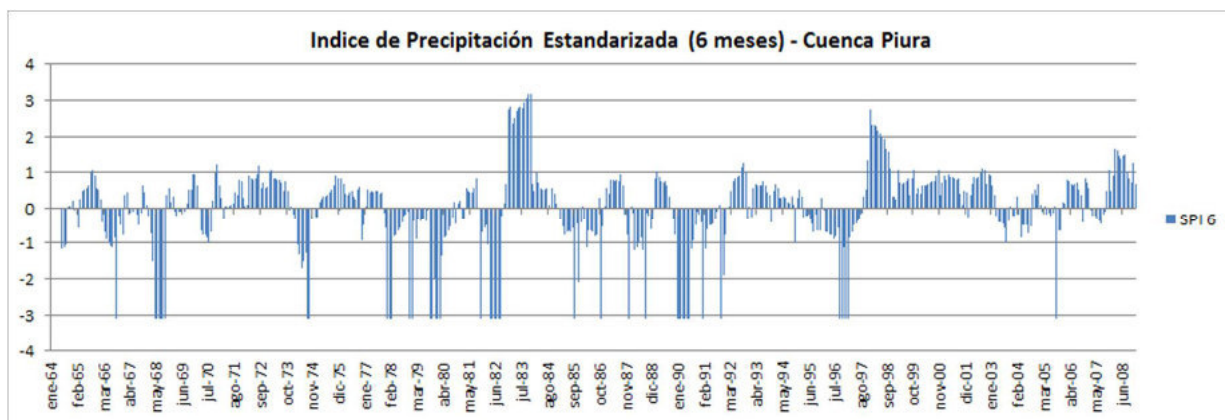


Gráfico N° 3.94

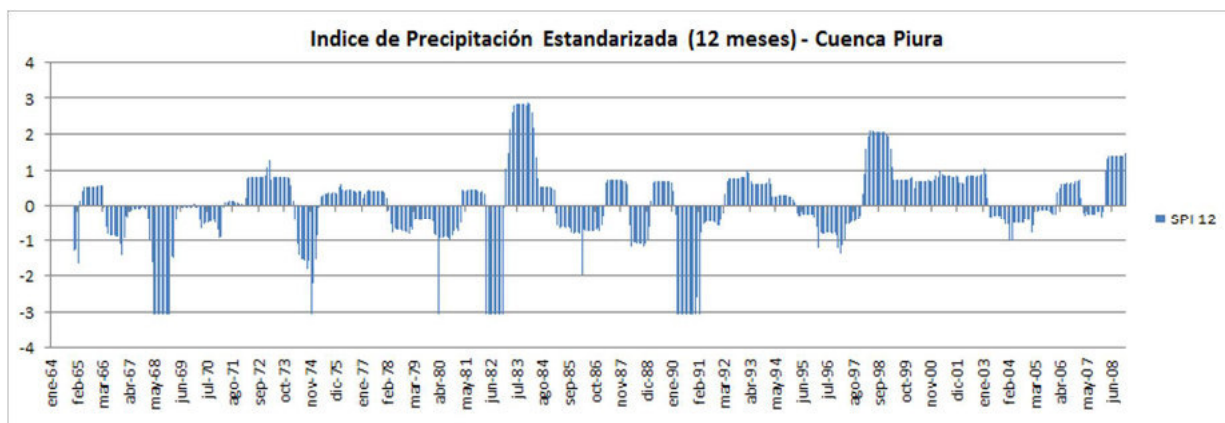
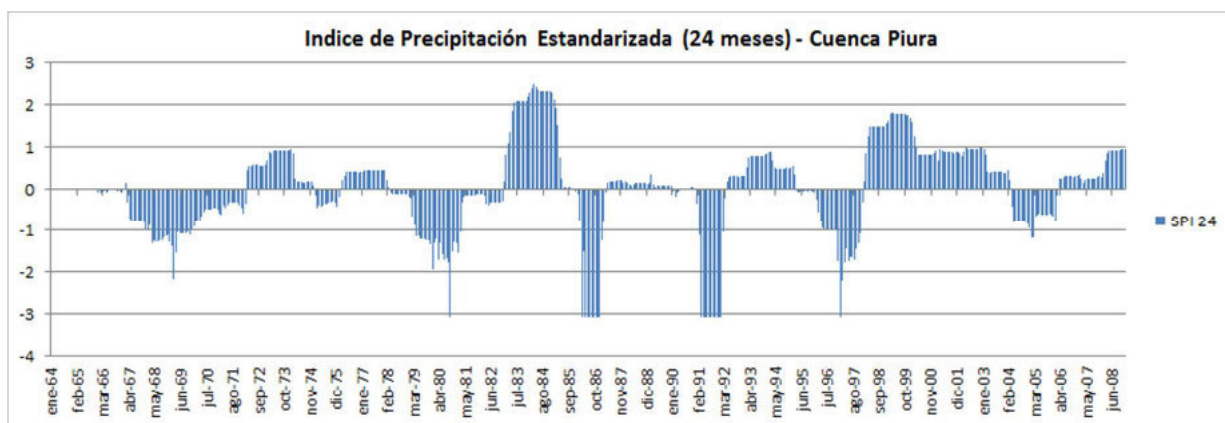


Gráfico N° 3.95



Del resultado del análisis de sequía de la precipitación mensual en la cuenca Piura, se observa que las precipitaciones están afectadas por sequías considerando la escala de 6 meses; en cambio considerando las escalas de 12 y 24 meses, se observa que en general no están afectadas por sequías extremas salvo los episodios registrados en los años 1968/1969, 1981/1982 y 1990/1991, donde se registraron sequías de categoría severamente seco y extremadamente seco, sin embargo su porcentaje de ocurrencia es bajo, de 6.24% y 4.64%, para 12 y 24 meses respectivamente, para un periodo de 44 años.

De la misma forma se puede observar un alto porcentaje de años normales superando el 70% de ocurrencia, asimismo se observa una categoría moderadamente húmeda con 8.7% de ocurrencia en la escala de 12 meses, y una categoría moderadamente seca con 8.12% de ocurrencia en la escala de 24 meses, pero en general es posible indicar que la cuenca Piura presenta condiciones normales, con periodos moderadamente secos y/o húmedos para el periodo de análisis (1964- 2008).

Para la estimación de los periodos de sequía de la cuenca Piura, se han utilizado las precipitaciones de las estaciones que influyen directamente en el área estudiada, el cual se extiende desde la U.H. Medio Bajo Piura, hacia el Alto Piura que representa un área de 5695.2 km² del total de la cuenca; dichas estaciones son: Morropón, Chalaco, Barrios, Canchaque, Chignia Huarmaca, Frías y Chulucanas, con las cuales se realizó el cálculo de la precipitación media de la cuenca mediante el Método de los Polígonos de Thiessen.

En el cuadro N° 3.101, se muestra la serie de precipitación media mensual en la cuenca Piura, obtenida por el método de los Polígonos de Thiessen.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 3.101
Serie de Precipitación media en la cuenca - Thiessen

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	31.59	44.93	33.06	59.52	1.82	1.85	0.20	1.24	2.79	14.99	9.04	9.64	210.67
1965	37.55	42.57	290.77	168.81	38.30	3.07	2.01	1.31	4.24	11.66	15.30	24.18	639.78
1966	39.16	30.99	87.77	14.55	6.43	0.07	0.99	0.25	1.59	10.14	4.84	7.06	203.84
1967	81.27	137.63	82.58	34.31	14.74	5.03	4.66	0.00	0.45	17.88	7.22	11.99	397.76
1968	29.04	40.31	32.70	20.70	4.71	1.51	1.43	1.86	8.59	13.12	11.44	8.74	174.14
1969	56.87	56.47	138.03	86.63	12.05	5.20	0.71	1.78	6.81	10.54	23.46	37.53	436.09
1970	53.83	35.80	49.46	28.09	25.14	8.66	2.85	5.78	9.69	15.94	14.60	15.60	265.44
1971	35.56	45.49	224.26	51.06	17.52	19.88	1.07	1.40	5.25	7.56	8.22	26.35	443.62
1972	32.08	104.68	470.74	77.28	23.19	14.30	2.18	3.40	2.45	2.37	13.03	39.52	785.22
1973	126.48	242.02	188.56	114.55	20.20	4.27	1.63	4.04	5.18	1.66	7.97	20.92	737.47
1974	29.28	71.08	37.08	14.36	3.49	3.52	0.97	2.51	3.07	5.41	10.09	10.89	191.75
1975	33.45	133.16	211.31	91.03	16.94	10.14	2.43	13.88	0.37	16.09	2.17	2.85	533.82
1976	124.71	153.33	157.63	72.34	31.51	4.94	0.98	1.27	2.45	0.97	2.77	20.56	573.44
1977	53.84	180.02	208.51	84.27	6.64	4.56	1.84	0.34	6.09	1.00	3.39	4.56	555.06
1978	7.43	56.93	119.34	37.26	17.39	0.59	0.29	0.28	1.23	0.95	1.46	5.09	248.26
1979	52.62	40.21	163.20	30.01	4.85	0.01	0.02	2.84	4.32	0.06	0.22	2.07	300.44
1980	11.61	38.66	93.97	71.58	6.26	0.32	0.26	0.09	0.00	11.20	16.02	18.32	268.30
1981	19.19	71.38	378.03	57.31	2.71	0.60	0.33	2.91	0.00	10.66	1.21	12.48	556.78
1982	30.60	41.93	12.64	43.65	9.10	0.06	0.94	0.00	2.04	12.43	25.15	231.63	410.17
1983	481.62	345.89	649.83	760.60	396.29	126.26	6.16	0.47	4.19	15.64	7.36	33.41	2827.72
1984	56.03	274.18	173.72	38.81	11.24	5.26	3.54	0.93	4.39	14.80	4.67	15.01	602.58
1985	37.00	56.74	102.71	12.79	13.27	0.10	0.01	2.12	0.04	2.54	2.48	23.13	252.94
1986	48.82	56.73	29.72	79.92	4.12	0.03	0.16	1.95	1.38	3.95	10.23	22.81	259.82
1987	85.15	111.35	359.17	120.91	6.26	0.21	3.17	2.31	1.70	6.25	1.35	4.40	702.22
1988	65.81	74.66	4.75	41.37	14.26	0.64	0.49	0.09	2.18	1.87	11.46	15.89	233.46
1989	125.45	253.17	225.37	56.93	4.42	3.33	0.05	0.04	0.90	10.17	0.54	5.95	686.32
1990	12.67	35.86	55.36	37.68	8.58	1.00	0.19	0.57	0.10	10.37	10.09	9.05	181.52
1991	6.76	58.69	121.41	60.03	9.85	1.85	0.00	0.00	0.07	3.32	2.57	18.96	283.52
1992	52.92	94.26	310.98	205.71	59.64	3.02	0.10	1.79	1.98	1.11	12.77	23.10	767.37
1993	24.49	210.53	283.71	79.54	18.65	0.86	1.37	0.26	5.85	4.60	6.29	38.60	674.74
1994	80.02	136.94	151.45	70.45	13.97	1.95	0.14	1.05	4.85	1.85	2.70	39.20	504.56
1995	70.20	101.10	65.07	42.43	8.82	0.31	2.50	0.61	2.46	3.00	7.48	33.06	337.04
1996	27.83	35.86	100.11	24.69	5.98	1.85	0.46	0.63	0.13	7.65	0.95	7.30	213.45
1997	19.80	66.93	104.71	68.28	5.23	5.93	1.39	0.77	12.39	12.25	28.64	215.96	542.26
1998	263.42	535.37	486.31	300.99	53.49	2.66	0.53	2.56	6.25	12.35	7.96	20.59	1692.48
1999	46.58	332.26	141.60	102.35	43.77	12.24	1.75	0.41	8.00	7.89	3.71	39.83	740.39
2000	49.88	184.12	251.44	102.84	42.50	14.75	0.43	1.21	16.08	0.13	0.90	49.95	714.22
2001	103.31	164.83	351.84	80.06	10.30	2.20	1.57	1.17	3.83	4.64	22.95	21.38	768.09
2002	12.10	162.18	335.91	203.48	11.50	2.70	2.80	0.29	0.00	29.16	13.20	33.54	806.85
2003	56.65	100.34	50.80	30.12	8.86	9.76	0.58	0.16	1.21	2.03	8.38	22.22	291.11
2004	67.84	45.66	41.43	81.40	10.18	1.46	2.02	0.00	3.85	20.66	5.42	35.02	314.95
2005	19.56	70.86	185.88	21.58	6.07	1.45	0.00	0.00	1.57	8.60	4.32	30.46	350.36
2006	40.67	247.69	244.24	78.59	5.21	6.99	1.71	0.00	2.27	2.04	31.75	31.57	692.72
2007	55.94	36.46	125.71	43.43	10.74	2.52	2.36	0.24	1.12	18.99	26.62	8.32	332.44
2008	115.08	499.59	367.44	135.68	15.72	5.55	1.61	4.13	1.51	19.69	26.16	12.88	1205.04
Promedio	64.70	130.22	184.45	89.73	23.60	6.74	1.35	1.53	3.44	8.67	9.75	29.37	553.56
Max	481.62	535.37	649.83	760.60	396.29	126.26	6.16	13.88	16.08	29.16	31.75	231.63	3278.64
Min	6.76	30.99	4.75	12.79	1.82	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.22	2.07	59.47

Fuente: Elaboración propia

3.6.7. Análisis de Años Secos y Húmedos

Las precipitaciones en la cuenca en estudio 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.

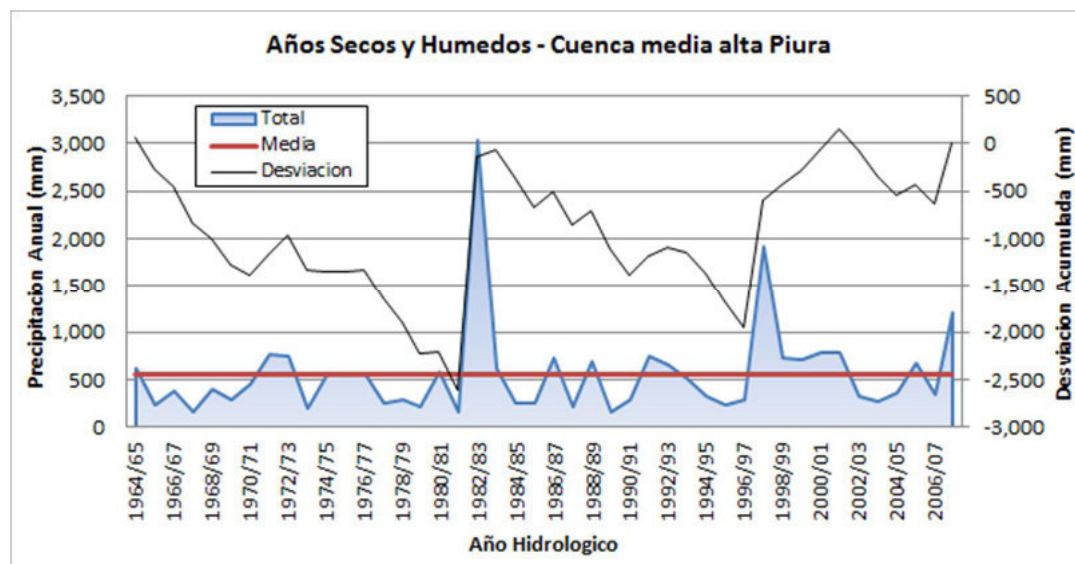
Los registros anuales de precipitación deben ser extensos y continuos, por este motivo se utilizaron las series extendidas y completadas de las estaciones: Chignia, Huarmaca, Canchaque, Barrios, Chalaco, Frias, Morropón y Chulucanas, considerando el periodo de análisis 1964-2008.

El análisis se realizó elaborando un gráfico con los valores completados de precipitación anual, el valor medio de la serie, la curva de desviaciones acumuladas y el agrupamiento en periodos húmedos y secos.

Considerando como año `seco` aquel con una pluviometría al menos un 15% inferior a la media aritmética de la serie; año `húmedo` aquel en que las precipitaciones superan al menos en un 15% a la media y año `medio` al comprendido entre ambos extremos.

En el Gráfico N° 3.96 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 Piura.

Gráfico N° 3.96



La evolución histórica de los años húmedos y secos se presentan de manera diferenciada en toda el territorio de la cuenca Piura, en todas las estaciones se observa que los años húmedos en el ámbito de Piura, se presentan en los años que ocurrió el Fenómeno del Niño, es así que se observan los picos máximos en los años 1982/83 y 1997/98;

El periodo analizado fue de 44 años (1964 - 2008) y del cuadro generado de precipitación total mensual se han detectado 14 años húmedos, 23 años secos y 7

años normales, con lo cual se evidencia que se tiene un mayor periodo seco en la cuenca Piura, en el cuadro siguiente se presenta la serie de precipitación areal completada y extendida utilizada.

Cuadro N° 3.102
Precipitación Total Mensual - Completada y Extendida
Cuenca Piura

Año	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	Total	Media	Diferencia	Desviación	Año Tipo
1964/65	2.8	15.0	9.0	9.6	37.5	42.6	290.8	168.8	38.3	3.1	2.0	1.3	620.9	560.8	60.0	60.0	Medio
1965/66	4.2	11.7	15.3	24.2	39.2	31.0	87.8	14.6	6.4	0.1	1.0	0.2	235.6	560.8	-325.2	-265.2	Seco
1966/67	1.6	10.1	4.8	7.1	81.3	137.6	82.6	34.3	14.7	5.0	4.7	0.0	383.8	560.8	-177.0	-442.1	Seco
1967/68	0.5	17.9	7.2	12.0	29.0	40.3	32.7	20.7	4.7	1.5	1.4	1.9	169.8	560.8	-391.0	-833.2	Seco
1968/69	8.6	13.1	11.4	8.7	56.9	56.5	138.0	86.6	12.1	5.2	0.7	1.8	399.6	560.8	-161.2	-994.3	Seco
1969/70	6.8	10.5	23.5	37.5	53.8	35.8	49.5	28.1	25.1	8.7	2.9	5.8	288.0	560.8	-272.9	-1,267.2	Seco
1970/71	9.7	15.9	14.6	15.6	35.6	45.5	224.3	51.1	17.5	19.9	1.1	1.4	452.1	560.8	-108.7	-1,375.9	Seco
1971/72	5.3	7.6	8.2	26.4	32.1	104.7	470.7	77.3	23.2	14.3	2.2	3.4	775.2	560.8	214.4	-1,161.5	Humedo
1972/73	2.4	2.4	13.0	39.5	126.5	242.0	188.6	114.5	20.2	4.3	1.6	4.0	759.1	560.8	198.3	-963.2	Humedo
1973/74	5.2	1.7	8.0	20.9	29.3	71.1	37.1	14.4	3.5	3.5	1.0	2.5	198.0	560.8	-362.8	-1,326.0	Seco
1974/75	3.1	5.4	10.1	10.9	33.4	133.2	211.3	91.0	16.9	10.1	2.4	13.9	541.8	560.8	-19.0	-1,345.0	Medio
1975/76	0.4	16.1	2.2	2.9	124.7	153.3	157.6	72.3	31.5	4.9	1.0	1.3	568.2	560.8	7.4	-1,337.7	Medio
1976/77	2.5	1.0	2.8	20.6	53.8	180.0	208.5	84.3	6.6	4.6	1.8	0.3	566.8	560.8	6.0	-1,331.7	Medio
1977/78	6.1	1.0	3.4	4.6	7.4	56.9	119.3	37.3	17.4	0.6	0.3	0.3	254.6	560.8	-306.2	-1,637.9	Seco
1978/79	1.2	0.9	1.5	5.1	52.6	40.2	163.2	30.0	4.9	0.0	0.0	2.8	302.5	560.8	-258.3	-1,896.3	Seco
1979/80	4.3	0.1	0.2	2.1	11.6	38.7	94.0	71.6	6.3	0.3	0.3	0.1	229.4	560.8	-331.4	-2,227.7	Seco
1980/81	0.0	11.2	16.0	18.3	19.2	71.4	378.0	57.3	2.7	0.6	0.3	2.9	578.0	560.8	17.2	-2,210.5	Medio
1981/82	0.0	10.7	1.2	12.5	30.6	41.9	12.6	43.6	9.1	0.1	0.9	0.0	163.3	560.8	-397.5	-2,608.0	Seco
1982/83	2.0	12.4	25.1	231.6	481.6	345.9	649.8	760.6	396.3	126.3	6.2	0.5	3,038.4	560.8	2,477.5	-130.5	Humedo
1983/84	4.2	15.6	7.4	33.4	56.0	274.2	173.7	38.8	11.2	5.3	3.5	0.9	624.3	560.8	63.5	-67.0	Medio
1984/85	4.4	14.8	4.7	15.0	37.0	56.7	102.7	12.8	13.3	0.1	0.0	2.1	263.6	560.8	-297.2	-364.2	Seco
1985/86	0.0	2.5	2.5	23.1	48.8	56.7	29.7	79.9	4.1	0.0	0.2	2.0	249.6	560.8	-311.2	-675.3	Seco
1986/87	1.4	4.0	10.2	22.8	85.2	111.3	359.2	120.9	6.3	0.2	3.2	2.3	726.9	560.8	166.1	-509.3	Humedo
1987/88	1.7	6.3	1.3	4.4	65.8	74.7	4.8	41.4	14.3	0.6	0.5	0.1	215.8	560.8	-345.1	-854.3	Seco
1988/89	2.2	1.9	11.5	15.9	125.4	253.2	225.4	56.9	4.4	3.3	0.1	0.0	700.1	560.8	139.3	-715.0	Humedo
1989/90	0.9	10.2	0.5	6.0	12.7	35.9	55.4	37.7	8.6	1.0	0.2	0.6	169.5	560.8	-391.3	-1,106.3	Seco
1990/91	0.1	10.4	10.1	9.0	6.8	58.7	121.4	60.0	9.8	1.9	0.0	0.0	288.2	560.8	-272.6	-1,378.9	Seco
1991/92	0.1	3.3	2.6	19.0	52.9	94.3	311.0	205.7	59.6	3.0	0.1	1.8	753.4	560.8	192.5	-1,186.4	Humedo
1992/93	2.0	1.1	12.8	23.1	24.5	210.5	283.7	79.5	18.6	0.9	1.4	0.3	658.3	560.8	97.5	-1,088.8	Humedo
1993/94	5.9	4.6	6.3	38.6	80.0	136.9	151.5	70.4	14.0	1.9	0.1	1.0	511.3	560.8	-49.5	-1,138.4	Medio
1994/95	4.8	1.9	2.7	39.2	70.2	101.1	65.1	42.4	8.8	0.3	2.5	0.6	339.6	560.8	-221.2	-1,359.5	Seco
1995/96	2.5	3.0	7.5	33.1	27.8	35.9	100.1	24.7	6.0	1.8	0.5	0.6	243.4	560.8	-317.4	-1,676.9	Seco
1996/97	0.1	7.6	1.0	7.3	19.8	66.9	104.7	68.3	5.2	5.9	1.4	0.8	289.1	560.8	-271.7	-1,948.7	Seco
1997/98	12.4	12.3	28.6	216.0	263.4	535.4	486.3	301.0	53.5	2.7	0.5	2.6	1,914.6	560.8	1,353.7	-594.9	Humedo
1998/99	6.2	12.3	8.0	20.6	46.6	332.3	141.6	102.3	43.8	12.2	1.8	0.4	728.1	560.8	167.3	-427.6	Humedo
1999/00	8.0	7.9	3.7	39.8	49.9	184.1	251.4	102.8	42.5	14.7	0.4	1.2	706.6	560.8	145.8	-281.9	Humedo
2000/01	16.1	0.1	0.9	49.9	103.3	164.8	351.8	80.1	10.3	2.2	1.6	1.2	782.4	560.8	221.5	-60.3	Humedo
2001/02	3.8	4.6	22.9	21.4	12.1	162.2	335.9	203.5	11.5	2.7	2.8	0.3	783.8	560.8	222.9	162.6	Humedo
2002/03	0.0	29.2	13.2	33.5	56.7	100.3	50.8	30.1	8.9	9.8	0.6	0.2	333.2	560.8	-227.7	-65.0	Seco
2003/04	1.2	2.0	8.4	22.2	67.8	45.7	41.4	81.4	10.2	1.5	2.0	0.0	283.8	560.8	-277.0	-342.0	Seco
2004/05	3.9	20.7	5.4	35.0	19.6	70.9	185.9	21.6	6.1	1.5	0.0	0.0	370.4	560.8	-190.4	-532.5	Seco
2005/06	1.6	8.6	4.3	30.5	40.7	247.7	244.2	78.6	5.2	7.0	1.7	0.0	670.0	560.8	109.2	-423.2	Humedo
2006/07	2.3	2.0	31.7	31.6	55.9	36.5	125.7	43.4	10.7	2.5	2.4	0.2	345.0	560.8	-215.8	-639.0	Seco
2007/08	1.1	19.0	26.6	8.3	115.1	499.6	367.4	135.7	15.7	5.6	1.6	4.1	1,199.8	560.8	639.0	0.0	Humedo
2008/09	1.5	19.7	26.2	12.9													
MEDIA	3.5	8.4	9.4	29.7	65.5	132.2	187.9	90.4	24.1	6.9	1.4	1.5	560.81				
D.EST.	12.1	18.9	19.0	23.8	36.2	37.9	36.3	29.6	15.7	12.3	10.3	15.5					

Fuente: Elaboración propia

3.7. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL

El Inventario de fuentes naturales de agua superficial en la cuenca del río Piura 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 Piura, como productos se cuentan con; 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 2 477 fuentes hídricas comprendiendo; ríos, quebradas, manantiales, lagunas y humedales, en el cuadro N° 3.103 se presenta el resumen del inventario.

Cuadro N° 3.103
Resumen de Inventario de las fuentes de agua superficial cuenca Piura

N°	NOMBRE DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA	FUENTE PRINCIPAL	NUMERO DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL						TOTAL
			RIOS Y QUEBRADAS	MANANTIALES	HUMEDALES	BOFEDALES	LAGUNAS		
							NATURALES	REPRESADAS	
1	BAJO PIURA	RIO PIURA					4		4
SUB TOTAL			0	0	0	0	4	0	4
2	SAN FRANCISCO	QUEBRADA SAN FRANCISCO	52						52
SUB TOTAL			52	0	0	0	0	0	52
3	MEDIO BAJO PIURA	RIO SANCOR	77	18	0	0			95
		RIO SECO	67	9	0	0			76
		QUEBRADA ANCHA	28						28
		RIO YAPATERA	124	27	1	2			154
		RIO CHARANAL	133	53	0	0	1	1	188
		QUEBRADA LAS DAMAS	56						56
		ZANJON DE ZORROS	36						36
QUEBRADAS INDEPENDIENTES 1			56					56	
SUB TOTAL			577	107	1	2	1	1	689
4	MEDIO PIURA	QUEBRADA EL CEREZO (Quebradas Independietes 2)	14						14
SUB TOTAL			14	0	0	0	0	0	14
5	CORRALES	RIO LAS GALLEGAS	109	54	1	2			166
		RIO CORRALES	208	67	0	0			275
SUB TOTAL			317	121	1	2	0	0	441
6	MEDIO ALTO PIURA	RIO SECO 2 (BUENO AIRES)	54	6	0	0			60
SUB TOTAL			54	6	0	0	0	0	60
7	BIGOTE	RIO BIGOTE	238	93	0	0			331
SUB TOTAL			238	93	0	0	0	0	331
8	ALTO PIURA	RIO CANCHAQUE	41						41
		RIO HUARMACA	112						112
		RIO PUSMALCA	121	46	0	0			167
		RIO PATA	57	50	0	0			107
		RIO CHALPA	240	83	0	0			323
		RIO CHIGNIA	86						86
		QUEBRADAS INDEPENDIENTES 3	50						50
SUB TOTAL			707	179	0	0	0	0	886
			1959	506	2	4	5	1	2477

También se ha clasificado las fuentes hídricas superficiales de acuerdo al uso actual, en el cuadro N° 3.103 se presenta el resumen del inventario respecto al uso actual. Asimismo en el Anexo 01 se presentan el reporte final del Inventario de Fuentes Naturales de Agua Superficial, así como la base cartográfica digital en formato shapefile.

Cuadro N° 3.104
Resumen de Uso actual de las fuentes de agua superficial cuenca Piura

N°	NOMBRE DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA	FUENTE PRINCIPAL	RIOS Y QUEBRADAS				MANANTIALES				HUMEDALES				BOFEDALES				LAGUNAS		TOTAL
			P	PR	PO	S/U	P	PR	PO	S/U	P	PR	PO	S/U	P	PR	PO	S/U	NATURALES	REPRESADAS	
1	BAJO PIURA	RIO PIURA																	4		4
		SUB TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
2	SAN FRANCISCO	QUEBRADA SAN FRANCISCO	0	0	0	52															52
		SUB TOTAL	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
3	MEDIO BAJO PIURA	RIO SANCOR	15	9	0	53	0	18	0												95
		RIO SECO	35	3		29	0	9	0	0											76
		QUEBRADA ANCHA	14	1		13															28
		RIO YAPATERA	58	30		36	0	26	1	0		1				2					154
		RIO CHARANAL	22	26	1	84		52	1										1	1	188
		QUEBRADA LAS DAMAS		5		51															56
		ZANJON DE ZORROS	28	5		3															36
		QUEBRADAS INDEPENDIENTES 1				56															56
		SUB TOTAL	172	79	1	325	0	105	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	1	689
4	MEDIO PIURA	QUEBRADA EL CEREZO(Quebradas Independientes 2)				14															14
		SUB TOTAL	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
5	CORRALES	RIO LAS GALLEGAS		39	2	68		50	4			1				2					166
		RIO CORRALES	1	55	1	151	6	58	3	0											275
		SUB TOTAL	1	94	3	219	6	108	7	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	441
6	MEDIO ALTO PIURA	RIO SECO 2	0	0		54	5	0	1	0											60
		SUB TOTAL	0	0	0	54	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
7	BIGOTE	RIO BIGOTE	1	57		180	2	79	9	3											331
		SUB TOTAL	1	57	0	180	2	79	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	331
8	ALTO PIURA	RIO CANCHAQUE	7	1		33															41
		RIO HUARMACA	10	2		100															112
		RIO PUSMALCA	16	26	3	76	2	37	3	4											167
		RIO PATA		6	2	49	2	41	6	1											107
		RIO CHALPA	1	35		204	10	63	1	9											323
		RIO CHIGNIA	0	10	75	1															86
		QUEBRADAS INDEPENDIENTES 3				50															50
		SUB TOTAL	34	80	80	513	14	141	10	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	886
		TOTAL	208	310	84	1357	27	433	29	17	0	2	0	0	0	4	0	0	5	1	2477

Donde: P= uso primario; PR=uso productivo; PO=poblacional; y S/U= sin uso.

IV. DEMANDAS EXISTENTES

En este Capítulo se describe la infraestructura de aprovechamiento hídrico en la parte alta de la cuenca Piura, tomando como referencia, la información existente en la Administración Local de Agua Alto Piura Huancabamba.

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

4.1. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA DEL SISTEMA ALTO PIURA

4.1.1. Comisión de Regantes Bigote

4.1.1.1 Bocatomas

Limón Sifón Colorado:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9413250, Este 643063 y a una altitud de 269 msnm es de tipo rústica, y está construida con rocas del mismo río, esta bocatoma capta las aguas del río Bigote en los meses de; Enero, Febrero y Marzo.

Guanabo:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9416119, Este 645200 y a una altitud de 333 msnm es de tipo rústica y está construida con piedra y tierra, la captación se realiza a través de tuberías de PVC de 4" y de 6", esta bocatoma capta las aguas del río Bigote en los meses de Enero, Febrero y Marzo en forma directa en los demás meses se tiene que canalizar la margen derecha del río en las coordenadas indicadas para poder captar el agua.

Echevarría:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9415935, Este 644735 y a una altitud de 327 msnm, es de tipo rústica y está construida con piedra y tierra, esta bocatoma no cuenta con ningún tipo de obra de captación, capta las aguas del río Bigote en los meses de Enero, Febrero y Marzo en forma directa en los demás meses se tiene que canalizar la margen derecha del río en las coordenadas indicadas para poder captar el agua.

Coco Mango, Bado de Garza:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9412719, Este 638352 y a una altitud de 213 msnm, es de tipo rústica y está construida de concreto la cual una parte se encuentra destruida pero en general se encuentra en buen estado, esta bocatoma capta las aguas del río Bigote en los meses de Enero, Febrero y Marzo en forma directa en los demás meses se tiene que canalizar la margen izquierda del río para poder captar el agua.

Manzanares, Cerezo:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9413065, Este 637674 y a una altitud de 200 msnm, es de tipo rústica y está construida de mampostería, en general se encuentra en mal estado, esta bocatoma capta las aguas del río Bigote y, toma las aguas en los meses de Enero, Febrero y Marzo.

Tortola, Manga Manga:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9416412 y Este 617342 y a una altitud de 119 msnm, es de tipo rústica y está construida de mampostería, en

general se encuentra en mal estado, esta bocatoma capta las aguas del río Bigote y, toma las aguas en los meses de Enero, Febrero y Marzo.

4.1.2. Comisión de Regantes Yapatera

4.1.2.1 Bocatomas

Chapica Alta, Baja y Media:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9443063, Este 602342 y a una altitud de 217 msnm, es de tipo rústica y está construida con tierra y un tubo metálico tipo alcantarilla, en general se encuentra en un estado regular, esta bocatoma capta las aguas del río Yapatera en los meses de Enero, Febrero y Marzo.

Yapatera Derecha, Baja Infiltración:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9441849, Este 600132 y a una altitud de 163 msnm, es de tipo rústica y está construida de tierra, en general se encuentra en un estado regular, esta bocatoma capta las aguas del río Yapatera en los meses de Enero, Febrero y Marzo.

4.1.3. Comisión de Regantes Charanal

4.1.3.1 Bocatomas

Quebrada Las Damas:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9435213, Este 606670 y a una altitud de 140 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en estado regular.

Tomas Directas:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9438523, Este 609163 y a una altitud de 244 msnm es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en estado regular.

Monte Los Padres:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9438151, Este 608972 y a una altitud de 224 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en estado regular.

Talandracas:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9436893, Este 606842 y a una altitud de 169 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en un estado regular.

Huerequeque:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9434241, Este 602207 y a una altitud de 112 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en estado regular.

4.1.4. Comisión de Regantes Serran

4.1.4.1 Bocatomas

Coco Horno Pampa:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9395238, Este 600223 y a una altitud de 223 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en estado regular.

Tranca Aterrizaje Sánchez:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9400330, Este 635758 y a una altitud de 198 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en mal estado.

Limedos Cisneros Palacios:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9400954, Este 634630y a una altitud de 193 msnm, es de tipo semi rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en buen estado.

El Carmen y Coco:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9404222, Este 632309 y a una altitud de 177 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en mal estado.

Concha y Nieves:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9407424, Este 631615 y a una altitud de 171 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en mal estado.

Mango La Majada:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9413383, Este 649684 y una altitud de 735 msnm, es de tipo rústica y está construida con mampostería, en general se encuentra en mal estado.

4.1.5. Comisión de Regantes Pabur

4.1.5.1 Bocatomas

Pabur:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9423050 y Este 610723, es de tipo rústica y está construida con material propio del río rocas y tierra, en general se encuentra en estado regular.

4.1.6. Comisión de Regantes Malacasi

4.1.6.1 BOCATOMAS

Periquillo:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9409071 y Este 628784, esta bocatoma cuenta con una buena captación de concreto armado y canal de conducción, en general se encuentra en buen estado situacional y operacional.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

El Ala:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9413478 y Este 618888, esta bocatoma no cuenta con captación su toma es rústica y de material propio del río rocas y tierra, además la diferencia de niveles entre la captación y el canal de conducción es de 4 m aproximadamente por lo que los usuarios tienen que usar motobomba para poder usar el recurso hídrico en general la Bocatoma El Ala se encuentra en mal estado.

4.1.7. Comisión de Regantes Sancor

4.1.7.1 BOCATOMAS

Sancor:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9449755, Este 591876 y a una altitud de 117 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación rústica hecha con mampostería, en general La Bocatoma Sancor se encuentra en estado regular.

Solsol:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9445569, Este 594229 y a una altitud de 113 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación de concreto armado en buen estado, además cuenta con un barraje de L=35 m el cual se encuentra en mal estado en general la Bocatoma Solsol se encuentra en un estado regular.

Rio Seco:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9445128, Este 593806 y una altitud de 108 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación de concreto armado en buen estado, además cuenta con un barraje de L=15 m el cual se encuentra en buen estado pero esta bocatoma nunca funciona porque el nivel del agua era menor con respecto a la captación, en general esta bocatoma se encuentra en un buen estado situacional pero está totalmente inoperativa.

San Eduardo:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9446675, Este 595158 y a una altitud de 128 msnm, esta bocatoma cuenta con captación de concreto en buen estado, además cuenta con un barraje en estado regular, el recurso es conducido mediante un canal sin revestir.

Paredones:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9453185, Este 595852 y a una altitud de 191 msnm, esta bocatoma no cuenta con captación de concreto, su captación es del tipo rústico y el recurso hídrico es conducido mediante una canal sin revestir.

4.1.8. Comisión de Regantes Vicus

4.1.8.1 BOCATOMAS

Malingas:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9441576, Este 585689 y a una altitud de 83 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación rústica hecha con mampostería, la cual se encuentra en estado regular.

4.1.9. Comisión de Regantes La Gallega - Morropón

4.1.9.1 BOCATOMAS

Santa Angélica:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9430885, Este 618963 y a una altitud de 249 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación semirústica hecha de concreto, la cual se encuentra en buen estado.

Piedra El Toro:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9430135, Este 617784 y a una altitud de 210 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación semirústica hecha de concreto, en general La Bocatoma Piedra El Toro se encuentra en buen estado.

Huaquilla Baja:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9424429, Este 614009 y a una altitud de 125 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación rústica hecha de mampostería, la cual se encuentra en estado regular.

4.1.10. Comisión de Regantes Ingenio - Buenos Aires

4.1.10.1 BOCATOMAS

Bombeo Olguín:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9415287, Este 618055 y a una altitud de 127 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación rústica hecha de mampostería, la cual se encuentra en estado regular.

Margen Izquierda Río Piura:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9416412, Este 617342 y a una altitud de 123 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación rústica hecha de mampostería, la cual se encuentra en estado regular.

La Maravilla, La Pilca:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9422164, Este 617207 y a una altitud de 129 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación semi-rústica hecha de mampostería, la cual se encuentra en buen estado.

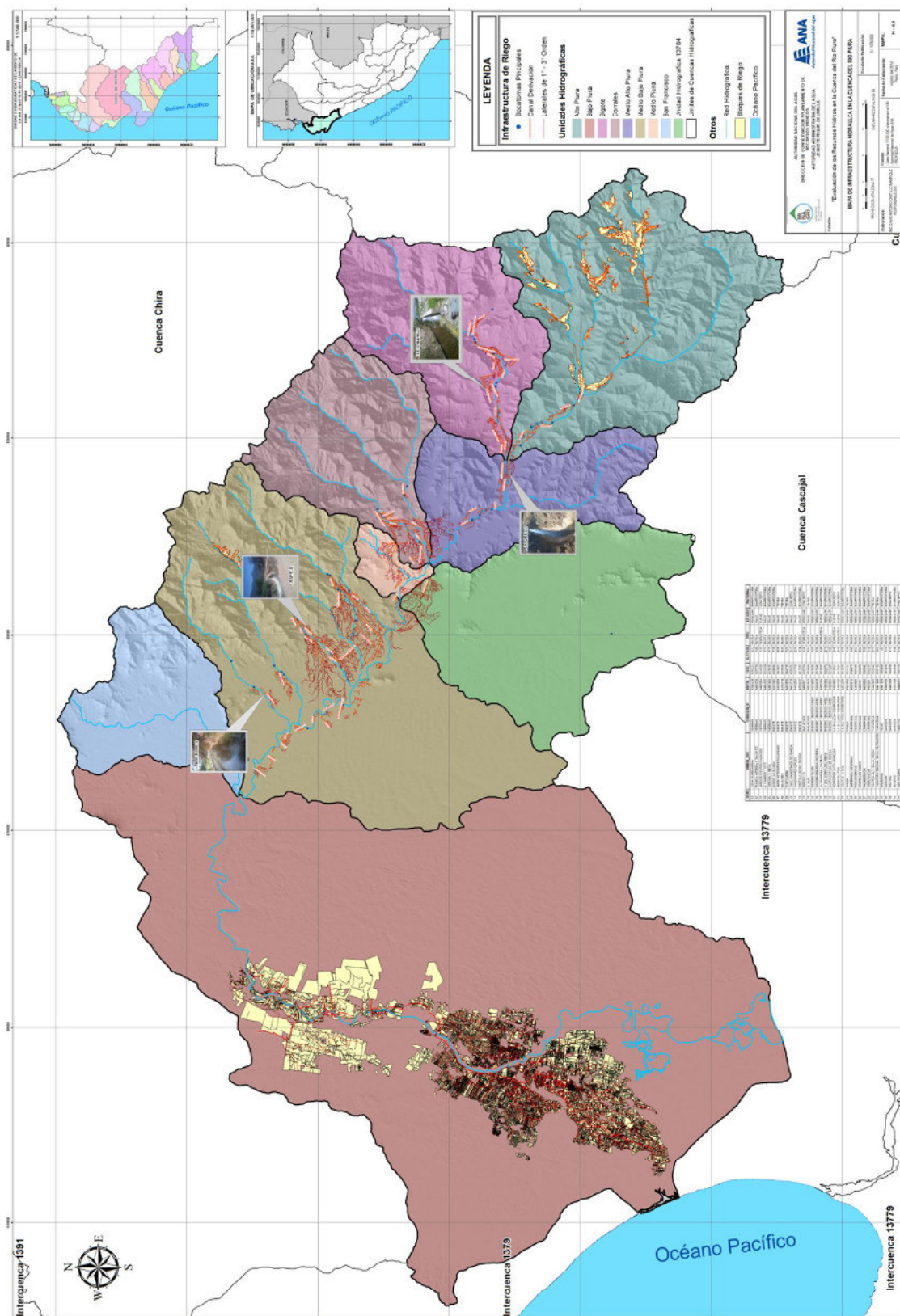
Margen Izquierda Corral del Medio:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9426382, Este 622672 y está a una altitud de 213 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación rústica hecha de mampostería, la cual se encuentra en estado regular.

Santa Catalina de Mossa:

Se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9426834, Este 621297 y a una altitud de 180 msnm, esta bocatoma cuenta con una captación rústica hecha de mampostería, la cual se encuentra en estado regular.

Figura N° 4.1 - Mapa de Infraestructura Hidráulica





 Ing. Petrov Neil Arias Vásquez

 CIP N° 97413

4.2. DEMANDA DE AGUA EN LA CUENCA

La determinación del uso y demanda del agua en la cuenca del río Piura tiene como principal objetivo la determinación del balance hídrico con énfasis en el consumo de agua con fines agrícolas.

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

Respecto a la estimación de las demandas agrícolas que se presentan, se recomienda tomar los resultados como una primera aproximación, en consideración que son necesarios estudios específicos de eficiencia de riego y los valores de referencia de la demanda agrícola, que actualmente se utilizan en los estudios y planes de gestión en la cuenca Piura, provienen del Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua - PROFODUA que fue elaborada en el año 2005

La demanda industrial no es muy significativa, de acuerdo a estudios realizados anteriormente, se registran 5 autorizaciones de Uso Industrial pero se encuentran en la provincia de Huancabamba, quedando prácticamente fuera de la cuenca del río Piura, y por estar fuera de este ámbito, no se ha considerado la demanda industrial en la cuenca.

En cuanto a la demanda energética, actualmente existen 5 centrales hidroeléctricas - CH, entre las que se encuentran la CH Canchaque, CH Chalaco, CH Huancabamba; CH Santo Domingo y CH Curumuy. Estas hidroeléctricas están ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Piura, donde se concentra la mayor cantidad de recurso hídrico aprovechable para la generación de energía eléctrica a través de los caudales máximos que ocurren en época de avenidas.

4.2.1. Demanda de Uso Poblacional del Agua

4.2.1.1 Sistema Medio Bajo Piura y Sistema Alto Piura

Se tiene dentro del área de estudio una demanda formalizada a nivel de cuenca para uso poblacional de 2298.33 l/s según registros del RADA - Administración Local de Agua Alto Piura Huancabamba y según datos proporcionados por la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque Zarumilla - V, en el caso del Sistema Alto Piura Huancabamba se tiene una demanda formalizada de 49.85 l/s en cuanto a JASS (Junta Administradora de Servicios de Saneamiento) según registros del RADA y en cuanto a un uso general poblacional que incluye JASS, Municipalidades, Proyectos de Agua Potable se tiene una demanda formalizada de 161.64 l/s.

Cuadro N° 4.1 Demanda Estimada (Hm³) por provincia dentro del ámbito de estudio

PROVINCIA	POBLACION (habitantes)			Demanda			
	Servida	No Servida	Total	Servida		No Servida	Total
				Per - Capita (lt/dia/hab.)	Volumen (Hm ³)	Volumen (Hm ³)	
Piura	380095	322881	702976	287	39.79	23.57	63.36
Morropón	49260	123600	172860	167	3	6.12	9.12
Total	429355	446481	875836	-	42.79	29.69	72.48

Fuente: Autoridad Administrativa del Agua JZ - V

4.2.2. Demanda de Uso Productivo del Agua

El uso agrario abarca dos sectores los cuales son, el sector pecuario y sector agrícola.

4.2.2.1 Demanda de Uso Pecuario

Si tratamos lo referente al uso pecuario en la Cuenca Chira-Piura, solo se cuenta con una licencia de uso para este sector, la cual pertenece al Sistema Medio y Bajo Piura, exactamente en la zona de Los Ejidos, cuyo tipo de fuente es subterránea con pozo a tajo abierto. Dicha licencia les otorga un caudal de 60 l/s, consumiéndose un volumen anual de 1.89 Hm³, en cuanto al Sistema Alto Piura no se tiene registrado ningún tipo de uso.

4.2.2.2 Demanda de Uso Agrícola

En el uso agrícola, la distribución de derechos de uso se realiza también por sistemas de riego, las cuales son: Chira, San Lorenzo, Medio y Bajo Piura y Alto Piura y para nuestro caso analizaremos el Sistema de Riego Alto Piura.

A. Demanda de Uso Agrícola Sistema Medio Bajo Piura

La Junta de Usuarios Medio y Bajo Piura en lo que respecta a su demanda mensual en promedio es de 32.62 Hm³, para los años 2007-2011, en el año 2007 con 424.09 Hm³ se considera como el de máxima demanda anual, caso contrario para el 2008 con 355.63 Hm³, como el año de menor demanda, pero en promedio anual la Junta de Usuarios tiene una demanda de 391.46 Hm³. El Cuadro N° 4.2 presenta la demanda agrícola total anual para la Junta de Usuarios Medio y Bajo Piura.

Cuadro N° 4.2 Consolidado de la Demanda Agrícola por Comisiones para la Junta de Usuarios Medio y Bajo Piura durante los años 2007 - 2011 (Hm³)

Comision de Usuarios	JUNTA DE USUARIOS MEDIO Y BAJO PIURA - DEMANDA AGRICOLA				
	2007	2008	2009	2010	2011
M.P.M Derecha	74.16	51.22	61.55	51.36	51.84
M.P.M Izquierda	14.29	12.32	20.23	16.58	24.56
Castilla	4.73	2.91	3.08	2.28	2.11
La Bruja	50.56	44.5	48.49	45.36	40.86
Puyuntalá	54.4	50.08	53.68	59.11	55.69
Palo Parado	18.15	18.98	23.13	22.23	18.06
Cumbibirá	43.93	36.36	42.7	39.61	35.72
Shaz	24.98	27.46	27.48	28.34	23.17
Casarana	42.14	41.79	39.97	39.89	36.21
S.P, Alta	18.17	18.18	20.57	18.82	16.9
Chato	39.57	17.55	34.19	41.86	38.13
Seminario	39.02	34.28	28.5	33.15	32.16
Total Anual	424.09	355.63	403.58	398.59	375.41

Fuente : Proyecto de Modernización de la Gestion de los Recursos Hidricos

B. Demanda de Uso Agrícola Sistema Alto Piura

i. Áreas Bajo Riego

El sistema Alto Piura está conformado por 10 Comisiones de Usuarios: Bigote, Serrán, Malacasi, Ingenio-Buenos Aires, La Gallega Morropón, Pabur, Charanal, Yapatera y Sancor y Vicús, los cuales conforman un total de 49 bloques de riego, los que a su vez forman 16821 predios, dichos predios en su totalidad integran un área total de 41601.72 ha de las cuales están bajo riego un área de 19678.25 ha.

La demanda para los 49 bloques de riego conformados están distribuidos en las diez (10) Comisiones de Usuarios, según como se describe a continuación:

a. Comisión de Usuarios Serrán:

Está conformada por 05 bloques de riego y con un área bajo riego de 913.76 ha, dichos bloques son abastecidos con agua proveniente de los ríos Huarmaca, Chignia, Pata y Pusmalca.

b. Comisión de Usuarios Bigote:

Está conformada por 05 bloques de riego y con un área bajo riego de 2848.71 hectáreas, abastecidos con agua proveniente de los ríos Bigote y Singocate.

c. Comisión de Usuarios Malacasi:

Está conformada por 02 bloques de riego y con un área bajo riego de 675.0 hectáreas, abastecidos con agua proveniente del río Piura.

d. Comisión de Usuarios El Ingenio - Buenos Aires:

Está conformada por 07 bloques de riego y con un área bajo riego de 1891.50 hectáreas, abastecidos con agua de los ríos Piscan, Chalaco, Piura (bombeo) y el principal Corral del Medio (Río Corrales).

e. Comisión de Usuarios La Gallega - Morropón:

Está conformada por 08 bloques de riego con un área bajo riego de 2957.00 hectáreas, abastecidos con agua proveniente del río La Gallega.

f. Comisión de Usuarios Pabur:

Está conformada por 08 bloques de riego y con un área bajo riego de 1985.25 hectáreas, abastecidos con agua proveniente del río Piura.

g. Comisión de Usuarios Charanal:

Está conformada por 05 bloques de riego y con un área bajo riego de 1673.37 hectáreas estas se abastecen con agua proveniente del río Charanal y quebrada Las Damas.

h. Comisión de Usuarios Yapatera:

Está conformada por 03 bloques de riego y con un área bajo riego de 4121.74 hectáreas y se abastecen con agua proveniente del río Yapatera.

i. Comisión de Usuarios Sancor:

Está conformada por 04 bloques y con un área bajo riego de 1719.92 hectáreas y son abastecidos con agua proveniente de los ríos Sancor y Río Seco.

j. Comisión de Usuarios Vicus:

Está conformada por 02 bloques y con un área bajo riego de 892.00 hectáreas que se abastecen con agua proveniente del río Piura (bombeo) y aguas subterráneas.

Para la distribución de áreas unitarias por bloque de riego se ha tenido que recopilar información proporcionada por la Administración Local de Agua Alto Piura Huancabamba y además se ha tomado como referencia el estudio 'Actualización de La Propuesta de Asignación de Agua en Bloques (Volúmenes Anuales Y Mensuales) Para la Formalización de Derechos de Uso de Agua en el Valle Alto Piura_ ejecutado por el INRENA en el año 2005.

Cuadro N° 4.3 Conformación de Bloques de Riego y Areas Mensualizadas por Comision de Usuarios (Hás)

ÁREAS BAJO RIEGO SEGÚN ACTUALIZACIÓN DE CONFORMACIÓN DE BLOQUES DE RIEGO POR BLOQUE DE RIEGO Y COMISIÓN DE USUARIO
VALLE ALTO PIURA

COMISIÓN DE USUARIOS	N° BLOQUE	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	ÁREA TOTAL
SERRAÍ	1	42.88	42.88	42.88	42.88	65.34	102.09	102.09	102.09	102.09	98.01	49.00	46.96	102.09
	2	40.91	40.91	40.91	40.91	62.34	97.41	97.41	97.41	97.41	93.51	46.76	44.81	97.41
	3	56.06	56.06	56.06	56.06	85.42	133.47	133.47	133.47	133.47	128.13	64.07	61.40	133.47
	4	234.42	234.42	234.42	234.42	357.21	558.14	558.14	558.14	558.14	535.82	267.91	256.75	558.14
	5	9.51	9.51	9.51	9.51	14.49	22.64	22.64	22.64	22.64	21.74	10.87	10.42	22.64
SUBTOTAL		383.78	383.78	383.78	383.78	584.81	913.76	913.76	913.76	913.76	877.21	438.60	420.33	913.76
MALACASI	6	242.29	208.48	208.48	208.48	208.48	253.56	540.93	563.47	563.47	552.20	552.20	405.70	563.47
	7	47.96	41.27	41.27	41.27	41.27	50.19	107.07	111.53	111.53	109.30	109.30	80.30	111.53
SUBTOTAL		290.25	249.75	249.75	249.75	249.75	303.75	648.00	675.00	675.00	661.50	661.50	486.00	675.00
BIGOTE	8	113.34	113.34	113.34	113.34	172.71	269.87	269.87	269.87	269.87	248.28	118.74	118.74	269.87
	9	171.76	171.76	171.76	171.76	261.73	408.95	408.95	408.95	408.95	376.24	179.94	179.94	408.95
	10	448.65	448.65	448.65	448.65	683.66	1068.22	1068.22	1068.22	1068.22	982.76	470.02	470.02	1068.22
	11	223.35	223.35	223.35	223.35	340.35	531.79	531.79	531.79	531.79	489.25	233.99	233.99	531.79
	12	239.35	239.35	239.35	239.35	364.72	569.88	569.88	569.88	569.88	524.29	250.75	250.75	569.88
SUBTOTAL		1196.46	1196.46	1196.46	1196.46	1823.17	2848.71	2848.71	2848.71	2848.71	2620.81	1253.43	1253.43	2848.71
INGENIO BUENOS ARES	13	44.32	44.32	44.32	44.32	67.53	105.52	105.52	105.52	105.52	101.30	50.65	50.65	105.52
	14	19.92	19.92	19.92	19.92	30.36	47.44	47.44	47.44	47.44	45.54	22.77	22.77	47.44
	(*) 15	154.91	154.91	154.91	154.91	236.05	368.83	368.83	368.83	368.83	354.07	177.04	177.04	368.83
		154.91	154.91	154.91	154.91	236.05	368.83	368.83	368.83	368.83	354.07	177.04	177.04	368.83
		309.81	309.81	309.81	309.81	472.10	737.65	737.65	737.65	737.65	708.14	354.07	354.07	737.65
	16	229.31	229.31	229.31	229.31	349.43	545.99	545.99	545.99	545.99	524.15	262.07	262.07	545.99
	17	221.76	221.76	221.76	221.76	337.92	528.00	528.00	528.00	528.00	506.88	253.44	253.44	528.00
	18	41.32	41.32	41.32	41.32	62.97	98.39	98.39	98.39	98.39	94.45	47.23	47.23	98.39
	19	82.88	82.88	82.88	82.88	126.30	197.34	197.34	197.34	197.34	189.45	94.72	94.72	197.34
SUBTOTAL		949.34	949.34	949.34	949.34	1446.61	2260.33	2260.33	2260.33	2260.33	2169.91	1084.96	1084.96	2260.33
LA GALLE GA MORROPON	20	17.53	15.09	15.09	15.09	15.09	18.35	39.14	40.77	40.77	39.96	39.96	29.35	40.77
	21	47.29	40.69	40.69	40.69	40.69	49.49	105.57	109.97	109.97	107.77	107.77	79.18	109.97
	22	200.32	172.37	172.37	172.37	172.37	209.64	447.23	465.87	465.87	456.55	456.55	335.42	465.87
	23	289.46	249.07	249.07	249.07	249.07	302.92	646.23	673.16	673.16	659.70	659.70	484.67	673.16
	24	370.65	318.93	318.93	318.93	318.93	387.89	827.50	861.98	861.98	844.74	844.74	620.63	861.98
	25	97.52	83.92	83.92	83.92	83.92	102.06	217.73	226.80	226.80	222.27	222.27	163.30	226.80
	26	230.57	198.40	198.40	198.40	198.40	241.30	514.77	536.22	536.22	525.49	525.49	386.08	536.22
	27	18.16	15.63	15.63	15.63	15.63	19.01	40.54	42.23	42.23	41.39	41.39	30.41	42.23
SUBTOTAL		1271.51	1094.09	1094.09	1094.09	1094.09	1330.65	2838.72	2957.00	2957.00	2897.86	2897.86	2129.04	2957.00
PABUR	28	100.15	86.18	86.18	86.18	86.18	104.81	223.59	232.91	232.91	228.25	228.25	167.69	232.91
	29	52.80	45.44	45.44	45.44	45.44	55.26	117.89	122.80	122.80	120.34	120.34	88.41	122.80
	30	30.50	26.24	26.24	26.24	26.24	31.92	68.09	70.93	70.93	69.51	69.51	51.07	70.93
	31	82.50	70.99	70.99	70.99	70.99	86.34	184.20	191.87	191.87	188.03	188.03	138.15	191.87
	32	213.83	183.99	183.99	183.99	183.99	223.78	477.39	497.28	497.28	487.34	487.34	358.04	497.28
	33	122.39	105.31	105.31	105.31	105.31	128.08	273.24	284.63	284.63	278.93	278.93	204.93	284.63
	34	158.54	136.42	136.42	136.42	136.42	165.92	353.96	368.70	368.70	361.33	361.33	265.47	368.70
	35	92.94	79.97	79.97	79.97	79.97	97.26	207.49	216.14	216.14	211.81	211.81	155.62	216.14
SUBTOTAL		853.66	734.54	734.54	734.54	734.54	893.36	1905.84	1985.25	1985.25	1945.55	1945.55	1429.38	1985.25
CHARANAL	36	13.92	11.97	11.97	11.97	11.97	14.56	31.07	32.36	32.36	31.71	31.71	23.30	32.36
	37	313.63	269.87	269.87	269.87	269.87	328.22	700.20	729.37	729.37	714.78	714.78	525.15	729.37
	38	175.64	151.14	151.14	151.14	151.14	183.81	392.14	408.48	408.48	400.31	400.31	294.10	408.48
	39	20.92	18.00	18.00	18.00	18.00	21.89	46.70	48.65	48.65	47.67	47.67	35.03	48.65
	40	195.44	168.17	168.17	168.17	168.17	204.53	436.34	454.52	454.52	445.43	445.43	327.25	454.52
SUBTOTAL		719.55	619.15	619.15	619.15	619.15	753.02	1606.44	1673.37	1673.37	1639.90	1639.90	1204.83	1673.37
YAPATERA	41	515.96	443.96	443.96	443.96	443.96	539.95	1151.90	1199.90	1199.90	1175.90	1175.90	863.93	1199.90
	42	718.73	618.44	618.44	618.44	618.44	752.16	1604.60	1671.46	1671.46	1638.03	1638.03	1203.45	1671.46
	43	537.66	462.64	462.64	462.64	462.64	562.67	1200.37	1250.38	1250.38	1225.37	1225.37	900.27	1250.38
SUBTOTAL		1772.35	1525.04	1525.04	1525.04	1525.04	1854.78	3956.87	4121.74	4121.74	4039.31	4039.31	2967.65	4121.74
SAICOR	44	269.92	239.93	239.93	239.93	239.93	581.83	581.83	599.82	599.82	599.82	419.88	269.92	599.82
	45	180.52	160.46	160.46	160.46	160.46	389.11	389.11	401.15	401.15	401.15	280.80	180.52	401.15
	46	63.01	56.01	56.01	56.01	56.01	135.82	135.82	140.03	140.03	140.03	98.02	63.01	140.03
	47	260.52	231.57	231.57	231.57	231.57	561.56	561.56	578.92	578.92	578.92	405.25	260.52	578.92
SUBTOTAL		773.96	687.97	687.97	687.97	687.97	1668.32	1668.32	1719.92	1719.92	1719.92	1203.94	773.96	1719.92
VCUS	48	127.38	113.23	113.23	113.23	113.23	274.58	274.58	283.07	283.07	283.07	198.15	127.38	283.07
	49	274.02	243.57	243.57	243.57	243.57	590.66	590.66	608.93	608.93	608.93	426.25	274.02	608.93
SUBTOTAL		401.40	356.80	356.80	356.80	356.80	865.24	865.24	892.00	892.00	892.00	624.40	401.40	892.00
TOTAL		8612.25	7796.92	7796.92	7796.92	9121.93	13691.92	19512.22	20047.08	20047.08	19463.97	15789.45	12150.98	19678.25

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 4.4 - Resumen de Areas Bajo Riego por Bloque de Riego según Campaña Agrícola 2014 - 2015

COMISION DE REGANTES	CÓDIGO DE BLOQUES	NOMBRE DE BLOQUES	ÁREA BAJO RIEGO (HA)
SERRAN	PAPH-0501-B01	COCA HORNOPAMPA	102.09
	PAPH-0501-B02	TRANCA ATERRIZAJE SANCHEZ	97.41
	PAPH-0501-B03	LIMENOS, CISNEROS, PALACIOS	133.47
	PAPH-0501-B04	EL CARMEN Y COCO	558.14
	PAPH-0501-B05	CONCHA Y NIEVES	22.64
			913.76
MALACASI	PAPH-05-B06	PERIQUILLO	563.47
	PAPH-05-B07	EL ALA	111.53
			675.00
BIGOTE	PAPH-051601-B08	MANGO LA MAJADA	269.87
	PAPH-0516-B09	LIMON DOTOR, SIFON COLORADO	408.95
	PAPH-0516-B10	GUANABANO, ECHEVARRIA, PAMPAS QUEMAZON, FAICAL, PAREJA LIMONAL	1068.22
	PAPH-0516-B11	MANZANARES, CEREZO, CHAQUIRO, CARRIZO	531.79
	PAPH-0516-B12	SIFON GRANDE, SIFON CHICO, TORTOLA - MANGA MANGA	569.88
			2848.71
INGENIO BUENOS AIRES	PAPH-051401-B13	COCA MANBLUQUE	105.52
	PAPH-051401-B14	MARGEN IZQUIERDA CORRAL DEL MEDIO	47.44
	PAPH-051401-B15	SANTA CATALINA DE MOSSA	368.83
	PAPH-051401-B16	EL INGENIO	545.99
	PAPH-051401-B17	LA MARAVILLA, LA PILCA, BUENOS AIRES	528.00
	PAPH-05-B18	BOMBEO OLGUIN	98.39
	PAPH-05-B19	MARGEN IZQUIERDA RIO PIURA	197.34
			1891.50
LA GALLEGA	PAPH-051402-B20	LA GALLEGA PARTE ALTA MARGEN DERECHA	40.77
	PAPH-051402-B21	LA GALLEGA PARTE ALTA MARGEN IZQUIERDA	109.97
	PAPH-051402-B22	CASA BLANCA, GUAYAQUIL, ALVA JARA, PALTAL	465.87
	PAPH-051402-B23	PIEDRA EL TORO	673.16
	PAPH-051402-B24	MORROPON FRANCO	861.98
	PAPH-051402-B25	HUAQUILLA BAJA	226.80
	PAPH-051402-B26	SANTA ANGELICA FRANCO	536.22
	PAPH-05-B27	BOMBEO FRANCO TALANQUERA	42.23
			2957.00
PABUR	PAPH-05-B28	SANTO TOME GRANDE	232.91
	PAPH-05-B29	CHANCHAPE	122.80
	PAPH-05-B30	ROSO LOS CARRASQUILLOS	70.93
	PAPH-05-B31	CARRASCO ALTO, MANGO ALTO	191.87
	PAPH-05-B32	PRAXEDES SANTA MARCELA	497.28
	PAPH-05-B33	SANTA JULIA	284.63
	PAPH-05-B34	PAMPAS II - ANGELICA	368.70
	PAPH-05-B35	BOMBEO LOMA NEGRA	216.14
			1985.25
CHARANAL	PAPH-0510-B36	TOMAS DIRECTAS	32.36
	PAPH-0510-B37	MONTE LOS PADRES, CHARANAL	729.37
	PAPH-0510-B38	TALANDRACAS	408.48
	PAPH-0512-B39	QUEBRADA LAS DAMAS	48.65
	PAPH-0510-B40	HUEREQUEQUE	454.52
			1673.37
YAPATERA	PAPH-0508-B41	YAPATERA MARGEN DERECHA-FILTRACIONES	1199.90
	PAPH-0508-B42	CHAPICA	1671.46
	PAPH-0508-B43	YAPATERA PARTE BAJA	1250.38
			4121.74
SANCOR	PAPH-0506-B44	RIO SECO MARGEN DERECHA	599.82
	PAPH-0506-B45	RIO SECO MARGEN IZQUIERDA	401.15
	PAPH-0502-B46	SANCOR MARGEN DERECHA	140.03
	PAPH-0502-B47	SANCOR MARGEN IZQUIERDA	578.92
			1719.92
VICUS	PAPH-05-B48	MALINGAS MALINGUITAS	283.07
	PAPH-B49	SOLO AGUAS SUBTERRANEAS	608.93
			892.00
TOTAL			19678.25

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"
La determinación de áreas se basó en porcentajes de áreas proporcionados por el ALA APH


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

ii. Evapotranspiración Potencial (ETp)

Existen diversos métodos para determinar la evapotranspiración en una determinada zona, éstos se basan tanto en principios físicos rigurosos como en la medida directa de la evaporación y en fórmulas empíricas establecidas en base a datos meteorológicos; ésta última son de uso más práctico, ya que es fácil disponer en cada cuenca, de la información necesaria, sin embargo, tienen el inconveniente de haber sido desarrolladas en condiciones climáticas normalmente diferentes a las del país, lo cual puede inducir cierto margen de error que, en el caso del nivel de este estudio, podría considerarse aceptable.

Estudios comparativos realizados han permitido concluir que las fórmulas que toman en cuenta los factores climáticos más importantes (temperatura, humedad, viento, luz solar y elevación entre otros) son las más convenientes y las que ofrecen un mayor grado de correlación. En muchos casos la elección de la fórmula está limitado a la disponibilidad de la información climatológica, como es el caso de la cuenca del río Piura, puesto que las estaciones climatológicas disponibles en la cuenca no disponen de algunos parámetros tales como velocidad del viento y horas de sol, por lo que, se ha seleccionado el método propuesto por George Hargreaves, ya que se dispone de registros de temperatura y humedad relativa.

Entonces la evapotranspiración potencial en el ámbito de la cuenca del río Piura ha sido calculada por el método de Hargreaves ya que se dispone de información climatológica en la cuenca.

El método presenta la siguiente fórmula:

$$ET_p = 0.166 \cdot T_m \cdot E \cdot CH$$

$$ET_p = 0.166 \cdot T_m \cdot E \cdot CH, \text{ para } HR > 64\%, \text{ y } CH = 1 \text{ para } HR < 64\%$$

$$ET_p = 1.0 \cdot T_m \cdot 0.04 \cdot \frac{E}{2000}$$

Donde:

- ETP = Evapotranspiración Potencial (mm/mes)
- MF = Factor de energía solar en mm/mes
- TMF = Temperatura media mensual en grados Fahrenheit
- CH = Corrección por humedad relativa (HR), si HR>65%.
- CE = Factor de corrección por altitud
- E = Altitud sobre el nivel del mar

Se ha estimado la ETp, empleando la metodología de Hargreaves; para lo cual se han utilizado los datos Temperatura media mensual y Humedad Relativa de cada estación.

En el Cuadro N° 4.5 se muestra el resumen de los cálculos de la Evapotranspiración Potencial mensual para cada estación.

Cuadro N° 4.5 - Variación de la Evapotranspiración Potencial Mensual dentro del ámbito de estudio

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Chulucanas	184.40	153.90	159.70	146.90	132.00	115.80	127.30	147.20	161.10	179.40	178.80	182.20
Chusis	103.50	97.70	112.30	93.90	86.20	72.90	73.50	78.70	85.80	98.40	99.70	101.80
CRU-Huarmaca	155.10	137.80	145.80	131.40	130.60	122.00	132.60	147.90	155.20	164.50	160.70	163.50
Miraflores	197.80	184.50	198.00	169.40	147.00	124.00	127.60	138.90	149.20	167.40	169.80	185.20
Monte Grande	176.30	166.90	175.90	152.20	128.70	109.10	107.40	113.00	121.00	133.00	148.10	163.30
Morropón	184.40	155.60	159.00	142.30	138.20	118.70	127.80	147.60	163.10	181.60	180.20	185.10
San Miguel	176.50	162.70	174.90	145.20	124.20	105.60	110.00	121.30	135.10	154.10	156.90	166.60
Tejedores	199.50	180.00	177.30	164.00	144.00	126.30	132.70	148.70	162.20	177.10	175.40	190.60
Promedio	172.19	154.89	162.86	143.16	128.86	111.80	117.36	130.41	141.59	156.94	158.70	167.29

iii. Cedula de Cultivo

La cédula de cultivo ha sido elaborada en base a la información recabada de la Administración Local de Agua Alto Piura - Huancabamba y la Junta de Usuarios Alto Piura, se obtuvo información de los últimos años en cuanto a los PCR, con lo cual se ha podido verificar que según los últimos años los cultivos de preferencia de los agricultores del Valle Alto Piura son: frutales, arroz, maíz amarillo en su mayor porcentaje y otros cultivos como frejol, pastos cebolla, en menor proporción.

En el cuadro N° 4.6 se muestra la instalación de cultivos mensualizados en diferentes épocas del año por cada comisión de usuarios (Cedula de Cultivo).

Cuadro N° 4.6 - Cédulas de Cultivo por Comision de Usuarios

CEDULAS DE CULTIVO POR COMISION DE USUARIOS - ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA ALTO PIURA HUANCABAMBA

Cedula de Cultivo Tipo A - Valle Alto Piura													
Comision de Usuarios Serran		913.76 Has.											
Comision de Usuarios Bigote		2848.71 Has.											
Comision de Usuarios Buenos Aires		1891.50 Has.											
Cultivos	Periodo Vegetativo	Hectareas	Tiempo en meses										
	(meses)		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV
ARROZ	6	20.00											
FREJOL DE PALO	7	4.00											
FRUJOL	4	2.00											
FRUTALES	Permanente	40.00											
MAIZ GRANO	5	28.00											
PASTOS	Permanente	2.00											
SOYA	4	2.00											
YUCA	8	2.00											
Cedula de Cultivo Tipo B - Valle Alto Piura													
Comision de Usuarios Yapatera		4121.74 Has.											
Comision de Usuarios Malacasi		675.00 Has.											
Comision de Usuarios La Gallega		2957.00 Has.											
Comision de Usuarios Pabur		1985.25 Has.											
Comision de Usuarios Charanal		1673.37 Has.											
Cultivos	Periodo Vegetativo	Hectareas	Tiempo en meses										
	(meses)		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV
ALGODÓN PIMA	6	4.00											
ARROZ	6	25.00											
FREJOL DE PALO	7	4.00											
FRUJOL	4	2.00											
FRUTALES	Permanente	35.00											
MAIZ GRANO	5	26.00											
PASTOS	Permanente	2.00											
YUCA	8	2.00											
Cedula de Cultivo Tipo C - Valle Alto Piura													
Comision de Usuarios Sancor		1719.92 Has.											
Cultivos	Periodo Vegetativo	Hectareas	Tiempo en meses										
	(meses)		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV
ALGODÓN PIMA	6	3.00											
ARROZ	6	25.00											
FRUTALES	Permanente	40.00											
MAIZ GRANO	5	30.00											
YUCA	8	2.00											
Cedula de Cultivo Tipo D - Valle Alto Piura													
Comision de Usuarios Vicus		892.00 Has.											
Cultivos	Periodo Vegetativo	Hectareas	Tiempo en meses										
	(meses)		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV
FRUJOL	4	25.00											
FRUTALES	Permanente	50.00											
MAIZ GRANO	5	25.00											

Fuente : Administracion Local de Agua Alto Piura Huancabamba


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

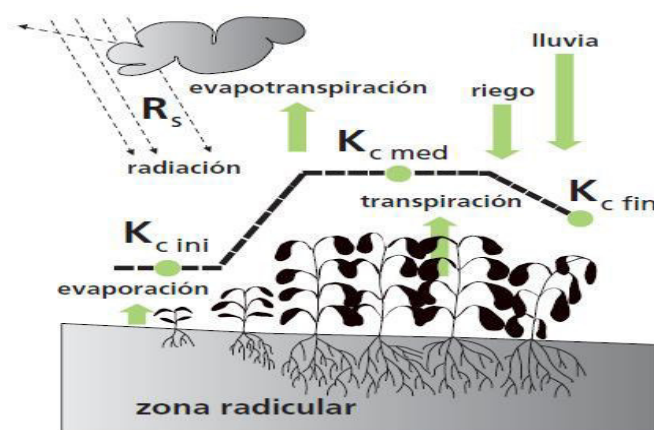
iv. Coeficiente de Cultivo (K_c)

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente del cultivo. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectarán al valor del coeficiente K_c . Por último, debido a que la evaporación es un componente de la evapotranspiración del cultivo, los factores que afectan la evaporación en el suelo también afectarán al valor de K_c . Los valores de K_c comienzan siendo pequeños y aumentan a medida que la planta cubre más el suelo. Los coeficientes de cultivo varían de un cultivo a otro y a su vez a lo largo de su ciclo vegetativo, normalmente se distinguen 3 periodos: el primero que se inicia con la siembra con un valor K_c pequeño incrementándose hasta que la planta alcanza la cobertura plena; el segundo periodo dura hasta el inicio de la maduración, durante el cual el valor K_c decrece gradualmente y el tercero termina con la cosecha.

En la Figura N° 01 se muestra la variación del cultivo en los diferentes estados de desarrollo del cultivo.

En el cuadro N° 4.7 se muestran los coeficientes de cultivo promedio mensualizados por comisión de usuarios del valle Alto Piura Huancabamba, estos valores muestran un valor promedio de todos los cultivos que se siembran en el área de influencia de cada comisión de usuarios y bloques de riego.

Figura N°01 - Variación del Coeficiente de Cultivo con el desarrollo del cultivo



Cuadro N° 4.7 - Coeficientes de Cultivo Promedio Mensualizados por Comision de Usuarios en el ambito de la zona de estudio

COEFICIENTES DE CULTIVOS - COMISIONES DE USUARIOS: SERRÁN, BIGOTE e INGENIO BUENOS AIRES											
TIEMPO EN MESES											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0.52	0.72	0.86	0.87	0.70	0.39	0.48	0.46	0.46	0.46	0.46	0.53
COEFICIENTES DE CULTIVOS - COMISIONES DE USUARIOS: MALACASÍ, LA GALLEGA - MORROPON Y PABUR											
TIEMPO EN MESES											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0.20	0.45	0.64	0.88	0.91	0.92	0.72	0.45	0.40	0.40	0.40	0.38
COEFICIENTES DE CULTIVOS - COMISIONES DE USUARIOS: CHARANAL Y YAPATERA											
TIEMPO EN MESES											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0.20	0.45	0.64	0.88	0.91	0.92	0.72	0.45	0.40	0.40	0.40	0.38
COEFICIENTES DE CULTIVOS - COMISIONES DE USUARIOS: SANCOR											
TIEMPO EN MESES											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0.44	0.61	0.85	0.89	0.81	0.61	0.48	0.48	0.44	0.44	0.44	0.42
COEFICIENTES DE CULTIVOS - COMISIONES DE USUARIOS: VICUS											
TIEMPO EN MESES											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0.45	0.60	0.77	0.78	0.46	0.40	0.53	0.55	0.55	0.55	0.55	0.52

Fuente : Administracion Local de Agua Alto Piura Huancabamba

v. Precipitación Efectiva (Pe)

La precipitación efectiva utilizada con el fin de desarrollar proyectos de irrigación, se define como la parte de la lluvia estacional o anual total que es útil directa o indirectamente para la producción de los cultivos. En el caso de deficiencias, se complementa (cuando sea necesario y disponible) a través del suministro de agua de riego superficial.

El CROPWAT utiliza el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (USDA Soil Conservation Service Method) para el cálculo de la precipitación efectiva, el otro método útil incorporado en el CROPWAT es el 'Fixed Percentage', en el cual se coloca un porcentaje de la precipitación total como la precipitación efectiva. En climas secos, las lluvias inferiores a 5 mm no añaden humedad a la reserva del suelo. Así, si la precipitación es inferior a 5 mm se considera una precipitación efectiva nula. Por otro lado, por seguridad se colocara un porcentaje del 75 % de la lluvia total que se puede considerar efectiva. Por lo tanto se puede usar la expresión:

$$Pe = 0,75 \times (\text{precipitación mensual} - 5 \text{ mm})$$

En el Cuadro N° 4.9 se muestra la Precipitación Efectiva (Pe) en las diferentes estaciones meteorológicas instaladas dentro de la zona de influencia del estudio, cabe indicar que las comisiones de usuarios están dentro de la zona de influencia de la Estación Chulucanas y la Estación Morropón es por esta razón que en la determinación de la demanda de agua se ha utilizado la Precipitación Efectiva de estas estaciones, según este cuadro se puede verificar que los meses donde hay mayor precipitación efectiva son los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril.

Cuadro N° 4.8 - Precipitación Total Mensual y Anual (mm)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Tejedores	30.20	48.90	97.20	31.10	4.50	1.70	0.80	0.40	1.80	6.80	2.20	6.70	232.30
Chulucanas	23.60	66.20	108.90	17.80	2.60	0.40	0.20	0.70	0.50	1.10	1.50	7.30	230.80
Miraflores	6.60	12.90	26.30	8.50	1.90	0.20	0.10	0.10	0.20	0.80	1.80	2.10	61.50
Chusis	6.60	6.40	15.80	4.30	1.10	0.50	0.50	0.70	1.20	2.60	1.10	1.80	42.60
Huarmaca	105.00	204.20	257.70	156.00	47.60	15.40	5.30	6.70	13.80	33.80	39.60	80.10	965.20
Chignia	25.70	70.80	144.20	55.10	7.00	1.00	0.20	0.80	1.40	4.50	3.80	18.00	332.50
Canchaque	117.50	187.60	256.40	126.60	27.70	8.20	2.80	3.20	3.70	13.20	13.80	53.50	814.20
Barrios	48.20	120.20	211.50	82.60	12.70	1.40	0.40	2.00	2.20	5.60	4.40	29.00	520.20
Chalaco	149.20	252.80	311.80	172.90	48.80	13.60	3.80	4.90	11.30	28.00	35.60	87.40	1120.10
Morropón	40.20	114.90	220.30	62.90	5.80	0.90	0.20	0.70	0.30	7.50	2.20	17.30	473.20

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

Cuadro N° 4.9 - Precipitación Efectiva (mm)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Tejedores	18.90	32.93	69.15	19.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	1.28
Chulucanas	13.95	45.90	77.93	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73
Miraflores	1.20	5.93	15.98	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chusis	1.20	1.05	8.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Huarmaca	75.00	149.40	189.53	113.25	31.95	7.80	0.23	1.28	6.60	21.60	25.95	56.33
Chignia	15.53	49.35	104.40	37.58	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.75
Canchaque	84.38	136.95	188.55	91.20	17.03	2.40	0.00	0.00	0.00	6.15	6.60	36.38
Barrios	32.40	86.40	154.88	58.20	5.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	18.00
Chalaco	108.15	185.85	230.10	125.93	32.85	6.45	0.00	0.00	4.73	17.25	22.95	61.80
Morropón	26.40	82.43	161.48	43.43	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.88	0.00	9.23

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

vi. Eficiencia de Riego (Er)

Para satisfacer unas necesidades de riego es preciso aplicar algo más de lectura, debido a las limitaciones del propio sistema de riego, y se puede definir el rendimiento de la aplicación como la relación entre el agua que se desea aplicar y la que realmente se debe proporcionar.

Se podría definir la eficiencia a nivel de parcela Er, como la relación entre el agua consumida por el cultivo y el agua realmente aplicada al mismo. En general, cada etapa desde el embalse (superficial o subterráneo) hasta la planta puede presentar una eficiencia y así definimos la eficiencia global de riego como la relación entre el agua consumida por los cultivos y el agua derivada para riego desde sus fuentes.

Para la determinación de las eficiencias de riego de las diferentes comisiones de usuarios se ha tenido que recopilar información pertinente, en el Cuadro N°16 se muestran las eficiencias de riego proporcionadas por la Administración Local de Agua Alto Piura Huancabamba, estas se han corroborado en las visitas de campo que se han realizado en el desarrollo del estudio y se ha determinado que los valores son ciertamente adecuados considerando las condiciones actuales de la infraestructura de riego y teniendo en consideración las pérdidas que ocurren a lo largo de su sistema de distribución y haciendo una comparación con las labores culturales y las prácticas de riego y los tipos de cultivos instalados dentro del ámbito de estudio.

Cuadro N° 4.10 - Eficiencia de Riego por Comision de Usuarios

COMISION DE USUARIOS	SERRÁN	MALACASI	BIGOTE	INGENIO BUENOS AIRES	LA GALLEGA MORROPON	PABUR	CHARANAL	YAPATERA	SANCOR	VICUS
EFICIENCIA DE RIEGO (%)	44.00	37.00	45.00	45.00	45.00	30.00	42.00	45.00	40.00	35.00

Fuente : Administración Local de Agua Alto Piura Huancabamba

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

vii. Demanda Hídrica Neta y Bruta

Con la información climática y de cultivos: ETP, cédula de cultivos, coeficientes de cultivos y sus características de desarrollo y áreas bajo riego, se procedió al cálculo de la Demanda Hídrica Neta (DN) de los cultivos a nivel de subcuenca, la Demanda Hídrica Bruta (DB), se obtiene de dividir la demanda hídrica neta de los cultivos entre la eficiencia de riego, es decir:

$$DB = \frac{DN}{Er}$$

Donde:

DB = Demanda Bruta
DN = Demanda Neta
Er = Eficiencia de Riego

Con estos datos se procedió a determinar la demanda para uso agrícola en cada comisión de usuarios y a su vez en cada bloque de riego en forma mensual y anual, la determinación de la demanda agrícola estuvo en función de la evapotranspiración potencial (ET_p), del coeficiente de cultivo (K_c) promedio dependiendo de la zona de influencia de cada comisión de usuarios, de la precipitación efectiva (P_e), del área bajo riego cuyas áreas corresponden a la campaña agrícola 2014 - 2015 el cual fue proporcionado por la Administración Local de Agua Alto Piura Huancabamba y de la eficiencia de riego.

a) Requerimiento Neto Unitario de los Cultivos

De acuerdo con la evaluación realizada acerca de la preferencia de los cultivos actual e histórica se señala que el patrón de cultivos tradicional es sustancialmente el mismo variando el número de hectáreas de cada cultivo año tras año en función de las disponibilidades hídricas del agua superficial, complementado con el agua subterránea, en tal sentido se han considerado las mismas cedulas de cultivo del estudio inicial del PROFODUA, según se muestra a continuación:

Cuadro N° 4.11 - Cedula de Cultivo Tipo A

REQUERIMIENTOS DE AGUA UNITARIOS DE LOS CULTIVOS - CÉDULA TIPO A
COMISIONES DE USUARIOS: SERRÁN, BIGOTE e INGENIO BUENOS AIRES
ESTACIÓN MORROPÓN

TIEMPO (Meses)	Eto (mm/mes)	ÁREA SEMBRADA (%)	Kc DE CULTIVO	REQUERIMIENTO	PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm/mes)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)	REQUERIMIENTO NETO Req. (mm/mes)	REQUERIMIENTO UNITARIO (l/s)
ENE	184.40	100.00	0.52	95.89	40.20	26.40	81.99	0.31
FEB	155.60	100.00	0.72	112.03	114.90	82.43	82.95	0.34
MAR	159.00	100.00	0.86	136.74	220.30	161.48	50.76	0.19
ABR	142.30	100.00	0.87	123.80	62.90	43.43	106.68	0.41
MAY	138.20	96.00	0.70	96.74	5.80	0.60	91.47	0.34
JUN	118.70	48.00	0.39	46.29	0.90	0.00	50.82	0.20
JUL	127.80	48.00	0.48	61.34	0.20	0.00	68.24	0.25
AGO	147.60	42.00	0.46	67.90	0.70	0.00	70.69	0.26
SET	163.10	42.00	0.46	75.03	0.30	0.00	74.27	0.29
OCT	181.60	42.00	0.46	83.54	7.50	1.88	81.22	0.30
NOV	180.20	42.00	0.46	82.89	2.20	0.00	79.80	0.31
DIC	185.10	64.00	0.53	98.10	17.30	9.23	92.03	0.34
TOTAL	1883.60	68.67	0.58	1080.29	473.20	325.43	930.92	0.30

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 4.12 - Cedula de Cultivo Tipo B

REQUERIMIENTOS DE AGUA UNITARIOS DE LOS CULTIVOS - CÉDULA TIPO B
COMISIONES DE USUARIOS: MALACASÍ, LA GALLEGA - MORROPON Y PABUR
ESTACIÓN MORROPÓN

TIEMPO (Meses)	Eto (mm/mes)	ÁREA SEMBRADA (%)	Kc DE CULTIVO	REQUERIMIENTO	PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm/mes)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)	REQUERIMIENTO NETO Req. (mm/mes)	REQUERIMIENTO UNITARIO (l/s)
ENE	184.40	45.00	0.20	36.88	40.20	26.40	30.32	0.11
FEB	155.60	96.00	0.45	70.02	114.90	82.43	45.54	0.19
MAR	159.00	100.00	0.64	101.76	220.30	161.48	18.36	0.07
ABR	142.30	100.00	0.88	125.22	62.90	43.43	107.27	0.41
MAY	138.20	98.00	0.91	125.76	5.80	0.60	119.53	0.45
JUN	118.70	98.00	0.92	109.20	0.90	0.00	118.54	0.46
JUL	127.80	72.00	0.72	92.02	0.20	0.00	101.52	0.38
AGO	147.60	43.00	0.45	66.42	0.70	0.00	69.09	0.26
SET	163.10	37.00	0.40	65.24	0.30	0.00	65.36	0.25
OCT	181.60	37.00	0.40	72.64	7.50	1.88	71.49	0.27
NOV	180.20	37.00	0.40	72.08	2.20	0.00	70.23	0.27
DIC	185.10	37.00	0.38	70.34	17.30	9.23	66.04	0.25
TOTAL	1883.60	66.67	0.56	1007.58	473.20	325.43	883.29	0.28

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

Cuadro N° 4.13 - Cedula de Cultivo Tipo B

REQUERIMIENTOS DE AGUA UNITARIOS DE LOS CULTIVOS - CÉDULA TIPO B
COMISIONES DE USUARIOS: CHARANAL Y YAPATERA
ESTACIÓN CHULUCANAS

TIEMPO (Meses)	Eto (mm/mes)	ÁREA SEMBRADA (%)	Kc DE CULTIVO	REQUERIMIENTO	PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm/mes)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)	REQUERIMIENTO NETO Req. (mm/mes)	REQUERIMIENTO UNITARIO (l/s)
ENE	184.40	45.00	0.20	36.88	23.60	13.95	35.73	0.13
FEB	153.90	96.00	0.45	69.26	66.20	45.90	58.30	0.24
MAR	159.70	100.00	0.64	102.21	108.90	77.93	96.78	0.36
ABR	146.90	100.00	0.88	129.27	17.80	9.60	129.74	0.50
MAY	132.00	98.00	0.91	120.12	2.60	0.00	133.56	0.50
JUN	115.80	98.00	0.92	106.54	0.40	0.00	129.69	0.50
JUL	127.30	72.00	0.72	91.66	0.20	0.00	108.77	0.41
AGO	147.20	43.00	0.45	66.24	0.70	0.00	73.05	0.27
SET	161.10	37.00	0.40	64.44	0.50	0.00	69.00	0.27
OCT	179.40	37.00	0.40	71.76	1.10	0.00	76.30	0.28
NOV	178.80	37.00	0.40	71.52	1.50	0.00	76.62	0.30
DIC	182.20	37.00	0.38	69.24	7.30	1.73	74.45	0.28
TOTAL	1868.70	66.67	0.56	999.12	230.80	149.10	1061.99	0.34

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

Cuadro N° 4.14 - Cedula de Cultivo Tipo C

REQUERIMIENTOS DE AGUA UNITARIOS DE LOS CULTIVOS - CÉDULA TIPO C

COMISIONES DE USUARIOS: SANCOR

ESTACIÓN CHULUCANAS

TIEMPO (Meses)	Eto (mm/mes)	ÁREA SEMBRADA (%)	Kc DE CULTIVO	REQUERIMIENTO	PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm/mes)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)	REQUERIMIENTO NETO Req. (mm/mes)	REQUERIMIENTO UNITARIO (l/s)
ENE	184.40	97.00	0.44	81.14	23.60	13.95	79.36	0.30
FEB	153.90	97.00	0.61	93.88	66.20	32.93	82.54	0.34
MAR	159.70	100.00	0.85	135.75	108.90	69.15	132.81	0.50
ABR	146.90	100.00	0.89	130.74	17.80	19.58	131.39	0.51
MAY	132.00	100.00	0.81	106.92	2.60	0.00	118.47	0.44
JUN	115.80	70.00	0.61	70.64	0.40	0.00	86.30	0.33
JUL	127.30	45.00	0.48	61.10	0.20	0.00	73.09	0.27
AGO	147.20	45.00	0.48	70.66	0.70	0.00	77.64	0.29
SET	161.10	40.00	0.44	70.88	0.50	0.00	75.15	0.29
OCT	179.40	40.00	0.44	78.94	1.10	0.00	83.09	0.31
NOV	178.80	40.00	0.44	78.67	1.50	0.00	83.49	0.32
DIC	182.20	40.00	0.42	76.52	7.30	1.73	82.24	0.31
TOTAL	1868.70	67.83	0.58	1055.84	230.80	137.33	1105.57	0.35

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

Cuadro N° 4.15 - Cedula de Cultivo Tipo D

REQUERIMIENTOS DE AGUA UNITARIOS DE LOS CULTIVOS - CÉDULA TIPO D

COMISIONES DE USUARIOS: VICUS

ESTACIÓN CHULUCANAS

TIEMPO (Meses)	Eto (mm/mes)	ÁREA SEMBRADA (%)	Kc DE CULTIVO	REQUERIMIENTO	PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm/mes)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)	REQUERIMIENTO NETO Req. (mm/mes)	REQUERIMIENTO UNITARIO (l/s)
ENE	184.40	100.00	0.45	82.98	23.60	13.95	82.12	0.31
FEB	153.90	100.00	0.60	92.34	66.20	45.90	81.97	0.34
MAR	159.70	100.00	0.77	122.97	108.90	77.93	119.76	0.45
ABR	146.90	100.00	0.78	114.58	17.80	9.60	115.37	0.45
MAY	132.00	75.00	0.46	60.72	2.60	0.00	67.06	0.25
JUN	115.80	50.00	0.40	46.32	0.40	0.00	55.92	0.22
JUL	127.30	50.00	0.53	67.47	0.20	0.00	80.95	0.30
AGO	147.20	50.00	0.55	80.96	0.70	0.00	89.56	0.33
SET	161.10	50.00	0.55	88.61	0.50	0.00	93.94	0.36
OCT	179.40	50.00	0.55	98.67	1.10	0.00	103.84	0.39
NOV	178.80	50.00	0.55	98.34	1.50	0.00	104.36	0.40
DIC	182.20	50.00	0.52	94.74	7.30	1.73	102.79	0.38
TOTAL	1868.70	68.75	0.56	1048.70	230.80	149.10	1097.64	0.35

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

b) Requerimiento Neto de Cultivos por Bloque de Riego y Comisión de Usuarios

Para los requerimientos netos de agua se han tenido en cuenta los 49 bloques independientemente de su fuente de agua de abastecimiento.

En el Cuadro N° 4.16 Resumen de Requerimiento Netos de Agua de Cultivos, se puede observar que el requerimiento neto de los cultivos para los 49 bloques de riego con fuente de aguas superficiales y subterráneas con un área bajo riego de 19678.25 hectáreas, es de 136.88 MMC, y cuyo caudal promedio es de 4.353 m³/s.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 4.16 - Resumen de Requerimiento Neto de los Cultivos a Nivel de Comisión de Usuarios

COMISIÓN DE USUARIOS	UNIDAD	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	REQUE.(MMC)	PROMEDIO
SERRÁN	Has	383.78	383.78	383.78	383.78	584.81	913.76	913.76	913.76	913.76	877.21	438.60	420.33	913.76	
	m³/s	0.10	0.110	0.116	0.118	0.201	0.280	0.313	0.173	0.376	0.300	0.086	0.107	2.28	0.190
	MMC	0.27	0.29	0.31	0.31	0.54	0.75	0.76	0.46	0.97	0.80	0.22	0.29	5.97	
MALACASÍ	Has	290.25	249.75	249.75	249.75	249.75	303.75	648.00	675.00	675.00	661.50	661.50	486.00	675.00	
	m³/s	0.07	0.063	0.067	0.068	0.062	0.034	0.122	0.046	0.279	0.295	0.303	0.184	1.60	0.133
	MMC	0.20	0.16	0.18	0.18	0.16	0.09	0.30	0.12	0.72	0.79	0.78	0.49	4.19	
BIGOTE	Has	1196.46	1196.46	1196.46	1196.46	1823.17	2848.71	2848.71	2848.71	2848.71	2620.81	1253.43	1253.43	2848.71	
	m³/s	0.32	0.343	0.363	0.368	0.626	0.872	0.977	0.540	1.172	0.895	0.246	0.319	7.04	0.586
	MMC	0.85	0.89	0.97	0.95	1.68	2.34	2.36	1.45	3.04	2.40	0.64	0.86	18.41	
EL INGENIO BUENO ARES	Has	794.43	794.43	794.43	794.43	1210.56	1891.50	1891.50	1891.50	1891.50	1815.84	907.92	907.92	1891.50	
	m³/s	0.21	0.228	0.241	0.245	0.416	0.579	0.649	0.358	0.778	0.620	0.178	0.231	4.73	0.394
	MMC	0.56	0.59	0.65	0.63	1.11	1.55	1.57	0.96	2.02	1.66	0.46	0.62	12.38	
LA GALLEGA MORROPON	Has	1271.51	1094.09	1094.09	1094.09	1094.09	1330.65	2838.72	2957.00	2957.00	2897.86	2897.86	2129.04	2957.00	
	m³/s	0.33	0.276	0.292	0.296	0.270	0.151	0.534	0.203	1.224	1.293	1.325	0.807	7.00	0.583
	MMC	0.88	0.72	0.78	0.77	0.72	0.40	1.29	0.54	3.17	3.46	3.44	2.16	18.34	
PABUR	Has	853.66	734.54	734.54	734.54	734.54	893.36	1905.84	1985.25	1985.25	1945.55	1945.55	1429.38	1985.25	
	m³/s	0.22	0.185	0.196	0.199	0.181	0.101	0.359	0.136	0.822	0.868	0.890	0.542	4.70	0.392
	MMC	0.59	0.48	0.53	0.52	0.49	0.27	0.87	0.36	2.13	2.33	2.31	1.45	12.31	
CHARANAL	Has	719.55	619.15	619.15	619.15	619.15	753.02	1606.44	1673.37	1673.37	1639.90	1639.90	1204.83	1673.37	
	m³/s	0.20	0.165	0.176	0.183	0.172	0.100	0.387	0.605	0.838	0.818	0.821	0.489	4.95	0.412
	MMC	0.53	0.43	0.47	0.47	0.46	0.27	0.94	1.62	2.17	2.19	2.13	1.31	12.98	
YAPATERA	Has	1772.35	1525.04	1525.04	1525.04	1525.04	1854.78	3956.87	4121.74	4121.74	4039.31	4039.31	2967.65	4121.74	
	m³/s	0.48	0.406	0.434	0.451	0.424	0.247	0.954	1.489	2.063	2.014	2.021	1.205	12.19	1.016
	MMC	1.29	1.05	1.16	1.17	1.14	0.66	2.31	3.99	5.35	5.39	5.24	3.23	31.98	
SANCOR	Has	773.96	687.97	687.97	687.97	687.97	1668.32	1668.32	1719.92	1719.92	1719.92	1203.94	773.96	1719.92	
	m³/s	0.22	0.199	0.213	0.222	0.211	0.494	0.569	0.853	0.872	0.761	0.401	0.211	5.23	0.436
	MMC	0.60	0.52	0.57	0.57	0.57	1.32	1.38	2.28	2.26	2.04	1.04	0.57	13.72	
VICUS	Has	401.40	356.80	356.80	356.80	356.80	865.24	865.24	892.00	892.00	892.00	624.40	401.40	892.00	
	m³/s	0.13	0.129	0.138	0.144	0.137	0.265	0.293	0.399	0.399	0.223	0.135	0.121	2.52	0.210
	MMC	0.36	0.34	0.37	0.37	0.37	0.71	0.71	1.07	1.03	0.60	0.35	0.32	6.59	
AREA TOTAL = 19678.25	Has	8457.35	7642.01	7642.01	7642.01	8885.88	13323.09	19143.40	19678.25	19678.25	19109.90	15612.41	11973.95	19678.25	
DEMANDA NETO	m³/s	2.29	2.10	2.24	2.29	2.70	3.12	5.16	4.80	8.82	8.09	6.40	4.22	52.24	4.353
	MMC	6.13	5.45	5.99	5.94	7.23	8.37	12.48	12.86	22.86	21.66	16.60	11.30	136.88	11.407

Fuente: Elaboración Proyecto "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

c) Requerimiento Bruto de Cultivos por Bloque de Riego y Comisión de Usuarios

En el valle Alto Piura no existen estudios específicos sobre la determinación de las eficiencias de riego, sin embargo el Estudio de Factibilidad, Sub - Proyecto Alto Piura I, elaborado en 1983 por el INAF, Ministerio de Agricultura, en su Volumen I, menciona las probables eficiencias en este valle, aunque no se encuentra con nombre propio de cada comisión de regante, se nombra a las cooperativas existentes, con eficiencias de riego que oscilan entre 30 % a 45 %.

Los requerimientos brutos de agua de los cultivos se han obtenido a partir de los requerimientos netos calculados en el Cuadro N° 4.17.

En el Cuadro N° 4.17 se presentan los volúmenes brutos para los 49 bloques de riego en las 10 Comisiones de Usuarios, el requerimiento bruto a nivel del Valle Alto Piura asciende a 330.23 MMC, para un área bajo riego de 19678.25 hectáreas, el caudal promedio anual es de 10.502 m³/s, siendo el requerimiento promedio por hectárea de 10274.00 m³/ha.

Cuadro N° 4.17 - Resumen de Requerimiento Bruto de los Cultivos a Nivel de Comision de Usuarios

COMISIÓN DE USUARIOS	UNIDAD	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	REQUE. (MMC)	PROMEDIO
SERRÁN	Has	383.78	383.78	383.78	383.78	584.81	913.76	913.76	913.76	913.76	877.21	438.60	420.33	913.76	
	m3/s	0.23	0.250	0.264	0.269	0.457	0.636	0.712	0.394	0.855	0.681	0.195	0.243	5.19	0.432
	MMC	0.62	0.65	0.71	0.70	1.22	1.70	1.72	1.05	2.22	1.82	0.51	0.65	13.57	
MALACASI	Has	290.25	249.75	249.75	249.75	249.75	303.75	648.00	675.00	675.00	661.50	661.50	486.00	675.00	
	m3/s	0.20	0.170	0.180	0.183	0.166	0.093	0.330	0.125	0.755	0.798	0.818	0.498	4.32	0.360
	MMC	0.54	0.44	0.48	0.47	0.45	0.25	0.80	0.33	1.96	2.14	2.12	1.33	11.31	
BIGOTE	Has	1196.46	1196.46	1196.46	1196.46	1823.17	2848.71	2848.71	2848.71	2848.71	2620.81	1253.43	1253.43	2848.71	
	m3/s	0.70	0.762	0.806	0.819	1.392	1.938	2.171	1.200	2.605	1.989	0.546	0.710	15.64	1.303
	MMC	1.88	1.97	2.16	2.12	3.73	5.19	5.25	3.21	6.75	5.33	1.42	1.90	40.92	
EL INGENIO BUENO AIRES	Has	794.43	794.43	794.43	794.43	1210.56	1891.50	1891.50	1891.50	1891.50	1815.84	907.92	907.92	1891.50	
	m3/s	0.47	0.506	0.535	0.544	0.924	1.287	1.441	0.797	1.730	1.378	0.396	0.514	10.52	0.876
	MMC	1.25	1.31	1.43	1.41	2.48	3.45	3.49	2.13	4.48	3.69	1.03	1.38	27.52	
LA GALLEGA MORROPON	Has	1271.51	1094.09	1094.09	1094.09	1094.09	1330.65	2838.72	2957.00	2957.00	2897.86	2897.86	2129.04	2957.00	
	m3/s	0.73	0.613	0.649	0.659	0.599	0.335	1.187	0.450	2.719	2.874	2.945	1.793	15.55	1.296
	MMC	1.95	1.59	1.74	1.71	1.61	0.90	2.87	1.21	7.05	7.70	7.63	4.80	40.75	
PABUR	Has	853.66	734.54	734.54	734.54	734.54	893.36	1905.84	1985.25	1985.25	1945.55	1945.55	1429.38	1985.25	
	m3/s	0.73	0.617	0.654	0.663	0.604	0.337	1.196	0.454	2.739	2.894	2.966	1.806	15.66	1.305
	MMC	1.97	1.60	1.75	1.72	1.62	0.90	2.89	1.21	7.10	7.75	7.69	4.84	41.04	
CHARANAL	Has	719.55	619.15	619.15	619.15	619.15	753.02	1606.44	1673.37	1673.37	1639.90	1639.90	1204.83	1673.37	
	m3/s	0.47	0.392	0.420	0.436	0.410	0.239	0.922	1.440	1.994	1.947	1.954	1.165	11.79	0.982
	MMC	1.25	1.02	1.12	1.13	1.10	0.64	2.23	3.86	5.17	5.21	5.06	3.12	30.91	
YAPATERA	Has	1772.35	1525.04	1525.04	1525.04	1525.04	1854.78	3956.87	4121.74	4121.74	4039.31	2967.65	4121.74	4121.74	
	m3/s	1.07	0.902	0.965	1.002	0.942	0.550	2.119	3.310	4.585	4.476	4.491	2.678	27.09	2.258
	MMC	2.88	2.34	2.59	2.60	2.52	1.47	5.13	8.86	11.88	11.99	11.64	7.17	71.07	
SANCOR	Has	773.96	687.97	687.97	687.97	687.97	1668.32	1668.32	1719.92	1719.92	1719.92	1203.94	773.96	1719.92	
	m3/s	0.56	0.499	0.534	0.554	0.528	1.236	1.423	2.132	2.180	1.902	1.002	0.528	13.08	1.090
	MMC	1.50	1.29	1.43	1.44	1.41	3.31	3.44	5.71	5.65	5.09	2.60	1.41	34.29	
VICUS	Has	401.40	356.80	356.80	356.80	356.80	865.24	865.24	892.00	892.00	892.00	624.40	401.40	892.00	
	m3/s	0.38	0.369	0.395	0.410	0.391	0.758	0.838	1.140	1.134	0.638	0.385	0.347	7.19	0.599
	MMC	1.03	0.96	1.06	1.06	1.05	2.03	2.03	3.05	2.94	1.71	1.00	0.93	18.84	
ÁREA TOTAL = 19,678.25	Has	8457.35	7642.01	7642.01	7642.01	8885.88	13323.09	19143.40	19678.25	19678.25	19109.90	15612.41	11973.95	19678.25	
DEMANDA BRUTA	m3/s	5.55	5.08	5.40	5.54	6.41	7.41	12.34	11.44	21.30	19.58	15.70	10.28	126.02	10.502
	MMC	14.86	13.17	14.47	14.35	17.18	19.84	29.85	30.64	55.20	52.43	40.69	27.54	330.23	27.519

Fuente: Elaboración Proyecto "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

4.2.2.3 Demanda de Uso Acuicola y Pesquero

La demanda para el sector acuicola está registrada en el Cuadro N° 24 para el Sistema Medio y Bajo Piura, se tiene una demanda formalizada de 9.46 Hm³/anuales destacándose la empresa ECOACUICOLA S.A.C, en el caso del Sistema Alto Piura Huancabamba no se ha registrado ningún tipo de uso y demanda acuicola y pesquero.

Cuadro N° 4.18 - Demanda Anual y Mensual Acuicola en el Sistema Medio y Bajo Piura para el Periodo 2007 - 2011 (Hm3)

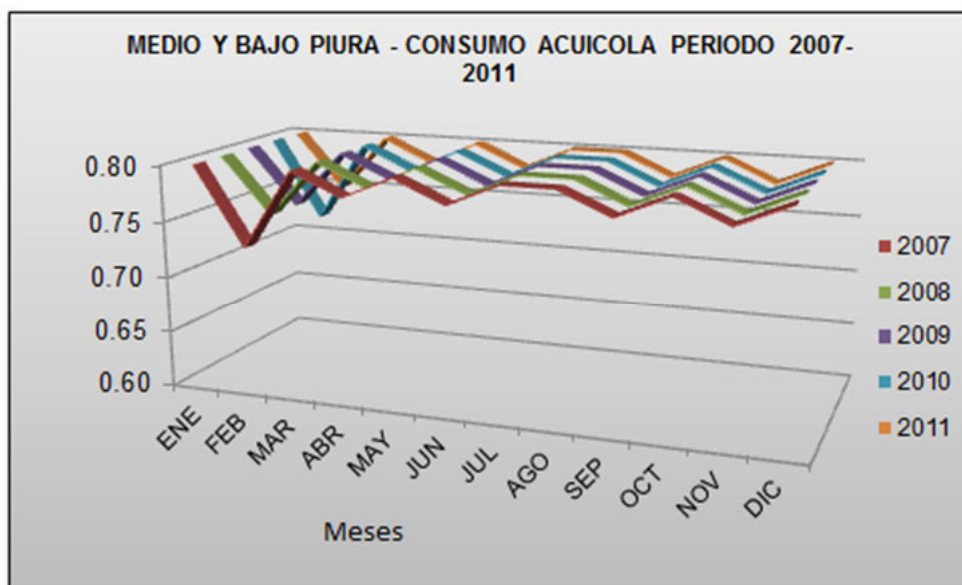
AÑO	SISTEMA MEDIO Y BAJO PIURA - DEMANDA ACUICOLA (Hm ³)												TOTAL ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2007	0.80	0.73	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	9.45
2008	0.80	0.75	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	9.47
2009	0.80	0.75	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	9.47
2010	0.80	0.73	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	9.45
2011	0.80	0.75	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	9.47

Fuente: Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos, Balance Hídrico PECHP 2012

Sobre la base del Cuadro N° 4.18 se ha elaborado la Figura N° 02, la cual nos muestra la variación anual de la demanda acuicola en los últimos 5 años de estudio para la Cuenca del Río Piura, la misma que se ha mantenido casi constante oscilando sus valores entre 0.73 Hm³ y 0.80 Hm³ en forma mensual, y en forma anual sus valores oscilan entre 9.45 Hm³ en el 2007 a 9.47 Hm³ en el 2011, según información proporcionada por el PMGRH.


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Figura N°02 - Demanda Mensual y Anual Acuícola en el Sistema Medio y Bajo Piura para el Periodo 2007 - 2011 (Hm3)



Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura_

4.2.2.4 Demanda de Uso Energético

Actualmente existen 05 centrales hidroeléctricas que usan el agua con fines energéticos, se tiene dentro del área de influencia una demanda no formalizada para uso energético de 15729 l/s al año 2014 según la Autoridad Administrativa del Agua JZ - V, se puede destacar entre la más importante a la empresa Sindicato Energético S.A. C.H. Curumuy la cual demanda un caudal de 14.659 l/s (Ver Cuadro N° 4.19) y tiene una producción de 64.895 MWH de energía eléctrica según el 'Resultado del Primer Monitoreo de la Calidad del Agua de la Cuenca Chira - Piura del 19 al 24 de Octubre del 2011_'. Los volúmenes de agua que aparecen en el Cuadro N° 4.19 son los correspondientes a los volúmenes entregados en el año 2014 en lo que las C.H se encuentran en proceso de formalización.

Cuadro N° 4.19 - Demanda de Agua para Uso Energético al año 2014

Nombre del Usuario	Volumen Otorgado (M3)	Caudal (m ³ /seg)	Estado
ELECTRONOROESTE S.A. C.H. CANCHAUQUE	6,912,000.00	0.219	En Proceso de Formalizacion
ELECTRONOROESTE S.A. C.H. CHALACO	8,398,000.00	0.266	En Proceso de Formalizacion
ELECTRONOROESTE S.A. C.H. HUANCABAMBA	16,070,400.00	0.510	En Proceso de Formalizacion
ELECTRONOROESTE S.A. C.H. SANTO DOMINGO	2,355,696.00	0.075	En Proceso de Formalizacion
SINDICATO ENERGETICO S.A. C.H. CURUMUY	462,300,099.84	14.659	En Proceso de Formalizacion
TOTAL	496,036,195.84	15.729	
PROMEDIO		3.15	

Fuente: Autoridad Administrativa del Agua JZ - V

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

4.2.2.5 Demanda de Uso Industrial

Según información proporcionada por el Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos en el Sistema Alto Piura se registran 5 autorizaciones de uso Industrial en la provincia de Huancabamba, pero estas no son tomadas en cuenta en la Cuenca Piura, debido a que están fuera del ámbito de la cuenca hidrográfica, por lo tanto no existe demanda industrial en este ámbito.

Se ha recopilado información genérica a nivel de la Cuenca Chira - Piura cabe indicar la Cuenca Chira y la Cuenca Piura, según el 'Diagnostico de la Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca Chira - Piura' proporcionado por el Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos la demanda promedio mensual para el año 2007 es de 0.17 Hm³, y ha tenido un incremento para los años 2008 y 2009 de 0.19 Hm³ en promedio mensual y en los años 2010 y 2011 con 0.21 Hm³.

Cuadro N° 4.20 - Demanda Anual y Mensual de Uso Industrial

AÑO	CUENCA CHIRA PIURA - DEMANDA INDUSTRIAL (Hm ³)												TOTAL ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2007	0.16	0.14	0.16	0.15	0.16	0.15	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18	0.19	2.04
2008	0.19	0.18	0.19	0.18	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18	2.23
2009	0.19	0.18	0.19	0.18	0.19	0.18	0.19	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	2.35
2010	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	2.52
2011	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	2.51

Fuente: Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos, Balance Hídrico PECHP 2012

4.2.2.6 Demanda de Uso Medicinal

No se tiene ningún registro de uso de agua con fines medicinales dentro de la Cuenca del Río Piura.

4.2.2.7 Demanda de Uso Minero

En cuanto al uso minero existen dentro del área en estudio empresas dedicadas a este rubro como por ejemplo la Empresa Minera Misky Mayo, la cual cuenta con un derecho formalizado. Se ha recopilado información del volumen otorgado en el año 2014 proporcionado por la Autoridad Administrativa del Agua JZ - V. En general para la Cuenca Chira - Piura la Dirección Regional de Energía y Minas (DREM) no cuenta con estadísticas del uso del agua para las actividades mineras.

Según el 'Resultado del Primer Monitoreo de la Calidad del Agua de la Cuenca Chira - Piura del 19 al 24 de Octubre del 2011' en la cuenca baja existe actividad minera de explotación, se registra un consumo de 0.57 Hm³ por año en el Centro Minero de Bayobar lo que equivaldría a una demanda de 18.07 l/s.

4.2.2.8 Demanda de Uso Recreativo

En la Cuenca del Río Piura se cuentan con 03 licencias de Uso Recreativo, estas se encuentran registradas en el Sistema Medio y Bajo Piura, en el caso del Sistema Alto Piura Huancabamba no se cuenta con ningún tipo de uso recreativo; de estas licencias 02 son de uso productivo recreacional subterráneo 01 para la Federación Departamental de Fútbol de Piura y 01 licencia superficial la cual tiene como fuente el Canal Biaggio Arbulu la cual pertenece a la Municipalidad Distrital de Castilla y las aguas son utilizadas para el regadío de áreas verdes del Distrito de Castilla.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

4.2.2.9 Demanda de Uso Medioambiental

Los requerimientos hídricos para fines ambientales: Básicamente se trata de que la demanda ambiental hídrica considere el mantenimiento de caudales y niveles de acuíferos y lagos, para la protección de ecosistemas y de los valores paisajísticos y turísticos asociados.

La expresión caudal ecológico, referida a un río o a cualquier otro cauce de agua corriente, es una expresión que puede definirse como el agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce del mismo, como: los hábitats naturales que cobijan una riqueza de flora y fauna, las funciones ambientales como dilución de polutantes o contaminantes, amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos, preservación del paisaje.

Todo proyecto que conlleve la derivación de agua de cauces hídricos naturales (agua potable, riego, hidroeléctricas, etc.), deben considerar la conservación del caudal ecológico aguas abajo de las obras, para evitar la alteración de los corredores ecológicos constituidos por estos cauces hídricos.

Esto implica que después de los usos de agua para consumo humano, aprovechamiento agrícola, industrial, minero e Hidroenergético hay que mantener un caudal para la naturaleza, que sirve para conservar la biodiversidad y las funciones ambientales.

En los ríos donde se construyen estructuras hidráulicas de captación (bocatomas), o regulación (embalses), se considera como caudal ecológico, el flujo aguas abajo de dichas estructuras, cuya cantidad debe permitir la vida acuática en el río, en condiciones adecuadas, así como también satisfacer las necesidades de las poblaciones, animales y vegetales si fuera el caso. Este caudal también debe permitir la dilución de efluentes, la conducción de sólidos y el mantenimiento de las características estéticas y paisajistas del medio.

Si bien no se indica, que los valores de caudal ecológico serán mantenidos en los períodos de estiaje, queda sobre entendido que el término de caudal ecológico es aplicable para las condiciones más críticas de disponibilidad de agua, es decir para los meses de estiaje que se presentan entre los meses de julio a setiembre. Los siguientes meses, la disponibilidad de agua es mayor, por lo tanto, los caudales ecológicos se verán superados ampliamente.

Desde el punto de vista del aprovechamiento del potencial de los recursos hídricos, es materialmente imposible, desarrollar proyectos de Centrales Hidroeléctricas, sin perturbar o alterar aguas abajo del lugar donde se ubican las estructuras hidráulicas. El principio de la generación de energía a partir del agua, implica la derivación de las aguas del río, conducirlas, almacenarlas temporalmente y luego generar la energía a través de una caída de agua sometida a presión. El régimen irregular de los ríos del Perú, obliga necesariamente a la construcción de embalses, con el fin de maximizar la generación de energía.

Para el caso de la Cuenca Piura existe una Presa Derivadora Ejidos ubicado en el cauce del río Piura que pertenece al Sistema Medio y Bajo Piura y los caudales ambientales establecidos se consideran a partir de este punto hacia aguas debajo de la cuenca.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

De acuerdo al Diagnóstico de la Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura, desarrollado por el Consorcio INCLAM y aprobado por el PMGRH-ANA; el caudal del río Piura destinado para el uso medioambiental es de 1 m³/s para los años 2007, 2008 y 2010, reduciéndose este caudal a 0.5 m³/s en los años 2010 y 2011.

En el cuadro N° 4.21 se presentan los volúmenes mensual y anual para satisfacer las necesidades medioambientales del río Piura.

Cabe resaltar que estos caudales ambientales mencionados por el Consorcio INCLAM y el PMGRH, han sido tomados de un estudio de Balance Hídrico realizado por el PECHP (Proyecto Especial Chira Piura).

Cuadro N° 4.21 - Demanda Anual y Mensual Medioambiental del Río Piura para el periodo 2007 - 2011 (Hm³)

DEMANDA MEDIOAMBIENTAL DEL RIO PIURA													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2007	0.38	0.25	5.36	5.18	5.36	5.18	5.84	0.74	1.72	1.00	0.70	0.80	32.51
2008	3.24	2.51	2.68	2.59	2.68	2.59	2.68	2.68	0.76	0.00	0.00	0.00	22.41
2009	2.68	2.42	2.68	2.59	2.68	2.59	2.68	2.68	2.59	1.79	2.59	2.30	30.27
2010	2.68	2.42	2.68	2.59	2.68	2.59	2.02	0.30	0.15	0.02	0.01	0.00	18.14
2011	0.31	2.42	2.68	2.59	2.68	2.59	1.34	-	-	0.30	0.13	2.68	17.72

Fuente : Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos

Cuadro N° 4.22 - Demanda Anual y Mensual Medioambiental del Río Piura para el periodo 2007 - 2011 (m³/s)

DEMANDA MEDIOAMBIENTAL DEL RIO PIURA (m ³ /s)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
2007	0.14	0.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.18	0.28	0.66	0.37	0.27	0.30	1.03
2008	1.21	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.71
2009	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00	0.86	0.96
2010	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.11	0.06	0.01	0.00	0.00	0.58
2011	0.12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	-	-	0.11	0.05	1.00	0.68

Fuente : Elaboración propia

En el cuadro N° 4.23, se presentan los volúmenes máximos para distintos tipos de Uso de Agua en los sistemas Medio y Bajo Piura, y Alto Piura.

Cuadro N° 4.23 - Volúmenes Máximos de acuerdo a Licencias de Uso para cada Sistema que conforman la Cuenca Piura (Hm³)

SISTEMA	USO DE AGUA (Hm³)					ENERGETICO (No Consuntivo)
	POBLACIONAL	PRODUCTIVO			TOTAL (Consuntivo)	
		AGRARIO	INDUSTRIAL	ACUICOLA		
Medio y Bajo Piura	98.00	676.53	1.24	9.46	785.21	462.00
Alto Piura	7.54	136.55	0.00	0.00	144.09	14.20
TOTAL	105.54	813.08	1.24	9.46	929.30	476.20


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

V. BALANCE HIDRICO

5.1. Definición de Balance Hídrico

El balance hídrico es la cuantificación tanto de los parámetros involucrados en el ciclo hidrológico, como de los consumos de agua de los diferentes sectores de usuarios, en un área determinada de la cuenca, y la interrelación entre ellos, dando como resultado un Diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en cuanto a su oferta, demanda y disponibilidad en un área en particular, permite tomar medidas y establecer lineamientos y estrategias para su protección y utilización de una manera integrada, de tal forma que se garantice su disponibilidad tanto en cantidad como en oportunidad.

El modelo de balance hídrico se basa en la ecuación de conservación de masa:

$$ENTRADAS - SALIDAS = CAMBIO DE ALMACENAMIENTO$$

5.2. Descripción del esquema hidráulico de la cuenca Piura

El ámbito de la cuenca Piura comprende un sistema de aprovechamiento hídrico no regulado y podría considerarse de régimen hidrológico natural, en la evaluación en campo no se han identificado obras de regulación relevantes en situación actual.

Para determinar la oferta hídrica y demanda agrícola, ha sido necesario realizar trabajos de campo para identificar los puntos más relevantes en donde existen captaciones de agua superficial con fines agrícolas y poblacionales. De este modo se han identificado 10 comisiones de regantes distribuidos en toda el área agrícola de la cuenca media y alta de Piura con un área bajo riego en situación actual de 19 678.25 ha. Las captaciones para uso poblacional generalmente son utilizadas de los manantiales y en menor proporción de pozos, por lo que no es necesario considerarlos dentro del balance hídrico general del presente estudio.

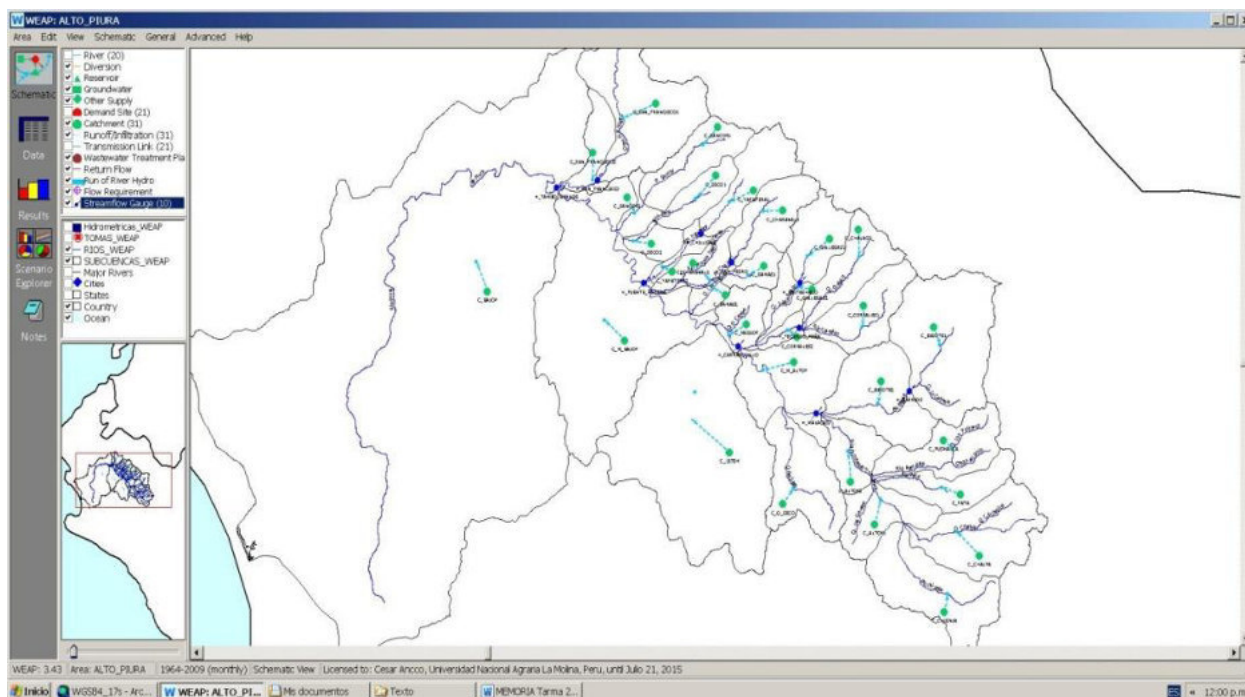
Respecto al uso no consuntivo realizado por las centrales hidroeléctricas identificadas en la cuenca, éstos no poseen reservorios de regulación y sus bocatomas se encuentran en la parte alta, por lo tanto no representan competencia para los usos agrarios que generalmente se ubican en la parte baja y media de las subcuencas.

El modelo implementado en WEAP, permite estimar la oferta hídrica para atender a estas captaciones para uso agrícola ubicadas en cada una de las subcuencas de interés, de este modo se generaron descargas naturalizadas los afluentes principales: río Piura, río Chignia, río Chalpa, río Pata, río Pusmalca, río Bigote, río Corrales, río las Gallegas, río Charanal, río Yapatera, río Sancor, quebrada San Francisco y en algunas quebradas afluentes de estos ríos.

En la siguiente figura se muestra el esquema hidráulico actual de la cuenca del río Piura implementado en WEAP.

Figura N° 5.1

 Esquema Hidráulico de la cuenca del río Piura implementado en WEAP



5.3. Componentes del Balance Hídrico Superficial

5.3.1. Oferta Hídrica

La oferta hídrica de la cuenca Piura ha sido considerado como de origen superficial principalmente, existen estudios de aguas subterráneas en la cuenca Alto Piura, sin embargo no presentan el nivel de detalle requerido para incluirlo en el Balance Hídrico del presente estudio. Además actualmente se está desarrollando el estudio de aguas subterráneas cuyo ámbito de trabajo es la parte baja o valle de Piura que comprende el sector aguas abajo de la estación Tambo Grande.

Oferta Hídrica Superficial

En el cuadro resumen siguiente se presenta la oferta hídrica natural para diferentes persistencias del río Piura en la estación Tambo Grande, se tomó esta estación debido a que en este punto es donde se concentra el caudal total natural del río Piura y antes de llegar a los sectores agrícolas que son abastecidos por el sistema regulado del Chira.

Cuadro N° 5.1
Oferta Hídrica Natural del río Piura en Tambo Grande

CAUDALES MEDIOS MENSUALES - RIO PIURA (m ³ /s.)													
CAUDAL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	PROM
PROM.	7.50	5.92	5.22	5.18	11.20	36.52	106.76	181.62	125.38	52.43	23.79	11.42	47.75
Q(50%)	6.25	4.88	4.19	3.92	5.77	14.31	48.44	138.87	76.01	29.50	15.22	8.96	29.69
Q(75%)	3.98	3.40	3.18	3.65	4.00	7.88	20.46	38.74	35.21	14.50	8.25	5.50	12.40
Q(90%)	3.05	2.80	2.66	2.71	3.40	3.93	14.21	20.30	20.57	10.90	6.71	4.30	7.96

5.3.2. Demanda Hídrica

La demanda hídrica superficial actual corresponde básicamente a la demanda agrícola, que es la más relevante en cuanto a volumen de agua requerida. La demanda total actual se deriva de las áreas bajo riego según los registros del Plan de Cultivo y Riego que maneja la Junta de Usuarios del Alto Piura y la ALA Alto Piura Huancabamba. La demanda hídrica actual corresponde a un área total bajo riego de 19 678.25 ha., que se encuentran distribuidos en 10 comisiones de usuarios en el ámbito del Medio y Alto Piura.

Como ya se indicó, se recomienda tomar los resultados de la estimación de las demandas agrícolas como una primera aproximación, porque son necesarios estudios específicos de eficiencia de riego y los valores de referencia de la demanda agrícola, que actualmente se utilizan en los estudios y planes de gestión en la cuenca Piura, provienen del PROFODUA que fue elaborada en el año 2005

Respecto a la demanda medioambiental, actualmente la ANA no ha establecido los valores de caudales ecológicos en el río Piura, debido a que no se cuenta con el instrumento de gestión específico para caudales ecológicos.

Cuadro N° 5.2
Demanda de uso no agrario de la cuenca del río Piura

Uso	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Industrial	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Energética	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15
Acuicola	0.80	0.74	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80	0.80	0.78	0.80	0.78	0.80

Fuente: Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos, Balance Hídrico PECHP 2012

Cuadro N° 5.3
Demanda de uso agrícola total de la cuenca del río Piura

COMISIÓN DE USUARIOS	UNIDAD	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	REQUE. (MMC)
ÁREA TOTAL = 19,678.25	Has	8457.35	7642.01	7642.01	7642.01	8885.88	13323.09	19143.40	19678.25	19678.25	19109.90	15612.41	11973.95	19678.25
DEMANDA BRUTA	m ³ /s	5.55	5.08	5.40	5.54	6.41	7.41	12.34	11.44	21.30	19.58	15.70	10.28	126.02
	MMC	14.86	13.17	14.47	14.35	17.18	19.84	29.85	30.64	55.20	52.43	40.69	27.54	330.23

Fuente: Elaboración Proyecto: "Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Piura"

5.3.3. Balance Hídrico Superficial en el ámbito de la ALA Alto Piura Huancabamba

El balance hídrico es la comparación entre la oferta y demanda hídrica de una cuenca, en el presente estudio se ha realizado el Balance Hídrico de toda la cuenca y también de las subcuencas, esto se realizó agrupando todas las demandas agrícolas desde Tambo Grande hacia aguas arriba de la cuenca Piura.

Este trabajo se ha realizado por cada subcuenca, definida en el modelamiento hidrológico, y la demanda realizada a nivel de Comisión de Regantes del ámbito de la ALA Alto Piura - Huancabamba.

Cabe señalar que la mayor demanda determinada es la demanda agrícola, sumando a éste otros usos superficiales, en cuanto a la demanda poblacional, de acuerdo a la información brindada por la ALA Alto Piura Huancabamba, ésta demanda es atendida por el recurso hídrico subterráneo, motivo por el cual no ha sido considerado en el presente capítulo.

Dentro del balance hídrico general, no se ha considerado los usos energéticos, por presentar un uso no consuntivo del agua a nivel de cuenca.

En la Figura N° 5.2, se puede observar los bloques de riego considerados en el balance hídrico superficial, que pertenecen al ámbito de la ALA Alto Piura Huancabamba.

Ecuación del balance hídrico de la cuenca

La ecuación general para el balance hídrico a utilizarse, en un punto del río, es la siguiente:

$$\text{Balance Hídrico} = Q - D$$

Donde:

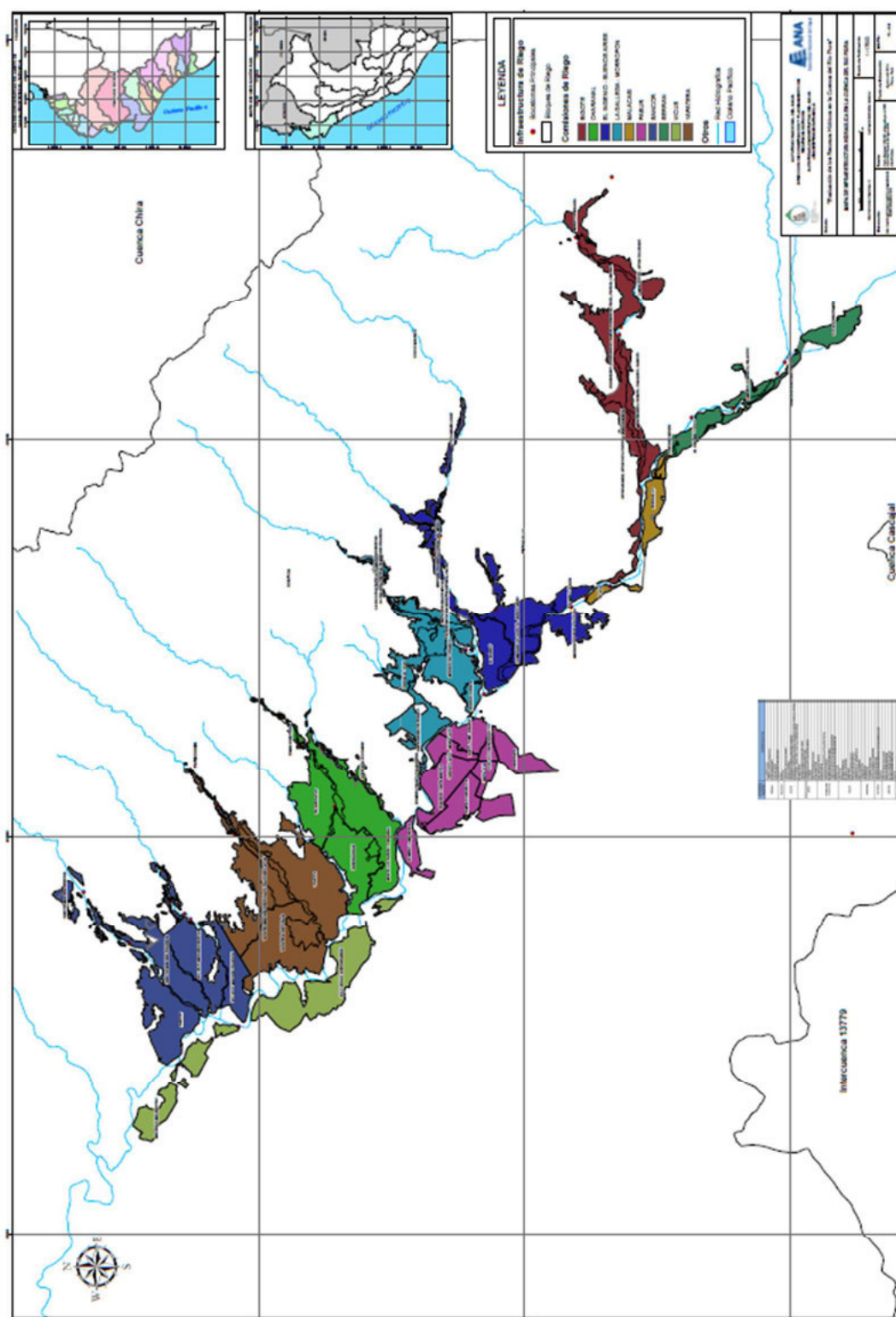
Q = caudal (oferta hídrica superficial) en el río.

D = demandas hídricas multisectoriales (usos de agua).

El caudal medido en un punto del río, es la disponibilidad hídrica que ofrece el río Piura en la estación Tambo Grande que se considera como punto de salida de todo el escurrimiento natural de la cuenca Piura antes de recibir los aportes regulados de la cuenca Chira, por lo que el caudal vendría ser la oferta hídrica superficial natural o escorrentía directa de la cuenca.

Las demandas hídricas es la estimada en el Capítulo IV - Demandas Existentes, asimismo se considera que la demanda poblacional es cubierta principalmente por pozos y manantiales.

Figura N° 5.2
Bloques de riego del ALA Alto Piura Huancabamba



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

A. Balance Hídrico Total al 75% de persistencia

Una vez establecida la oferta hídrica natural al 75% de persistencia y la demanda hídrica total de la cuenca, se realizó el Balance Hídrico del río Piura en Tambo Grande, de donde se obtuvo los siguientes resultados.

Cuadro N° 5.3
Balance Hídrico de la cuenca del río Piura al 75 % de persistencia en volumen

	Unidad	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
Oferta - Total -75%	hm3	10.65	8.82	8.52	9.47	10.70	21.09	49.50	103.77	91.27	38.83	21.39	14.74	388.76
Rio Piura (Tambo Grande)	hm3	10.65	8.82	8.52	9.47	10.70	21.09	49.50	103.77	91.27	38.83	21.39	14.74	388.76
Demanda - Total	hm3	14.86	13.17	14.47	14.35	17.18	19.84	29.85	30.64	55.20	52.43	40.69	27.54	330.23
Demanda Agrícola	hm3	14.86	13.17	14.47	14.35	17.18	19.84	29.85	30.64	55.20	52.43	40.69	27.54	330.23
Excedentes	hm3						1.25	19.65	73.13	36.07				130.10
Déficit	hm3	-0.75	-0.74	-1.04	-0.90	-1.34					-8.59	-10.10	-4.24	-27.70
Demanda Atendida	hm3	10.65	8.82	8.52	9.47	10.70	19.84	29.85	30.64	55.20	38.83	21.39	14.74	258.65
Porcentaje	%	72%	67%	59%	66%	62%	100%	100%	100%	100%	74%	53%	54%	75%

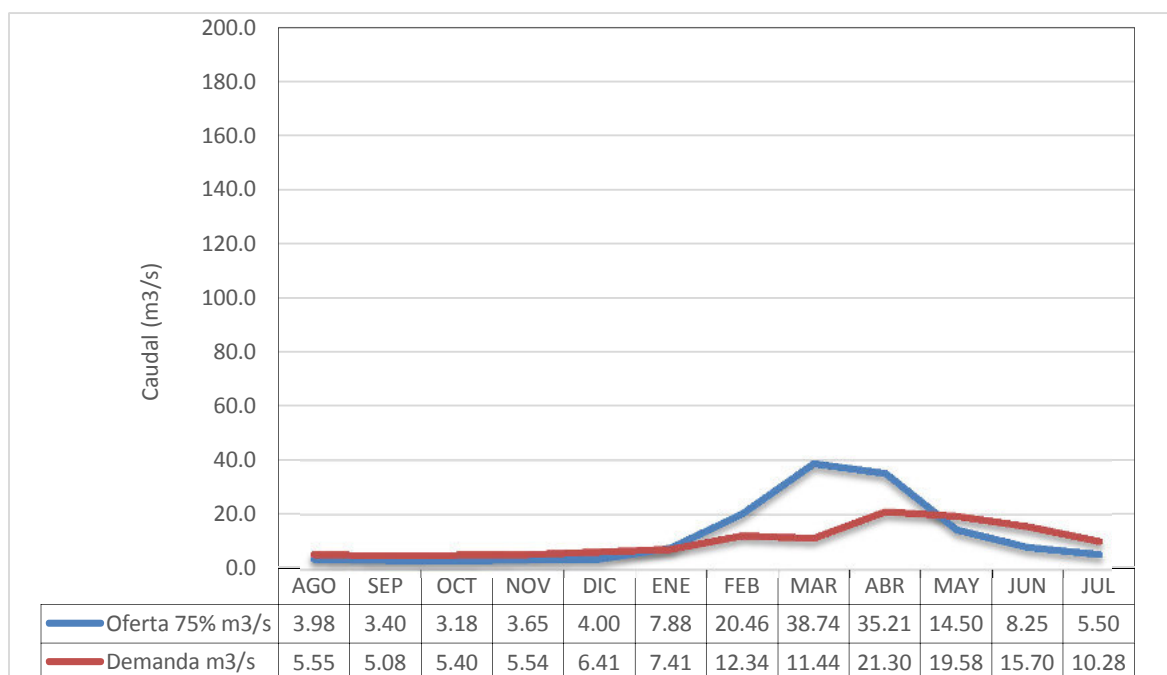
En el cuadro presentado se ha considerado a la demanda poblacional como nula, debido a que esta demanda no es atendida con aguas superficiales de la cuenca Piura, sino que proviene de manantiales y aguas subterráneas extraídos a través de pozos cercanos a cada población.

Para el uso energético se han identificado a las Centrales Hidroeléctricas ubicadas en Canchaque, Chalaco, Huancabamba y Santo Domingo, la central hidroeléctrica Curumuy pertenece al sistema medio y bajo Piura. El uso energético es no consuntivo de agua por lo tanto no se ha incluido en el balance propuesto.

Con respecto a los demás usos, en el ámbito de estudio no se han encontrado demandas que puedan ser utilizadas en el balance hídrico final de la cuenca medio y alto Piura.

Del gráfico presentado, se puede apreciar que la demanda agrícola mensual de la cuenca, solo puede ser atendida en los meses de enero, febrero, marzo y abril que coinciden con la época de lluvias, presentando en los demás meses déficits, el porcentaje de cobertura de la demanda agrícola está por encima del 53%, siendo junio el mes más deficitario, por otro lado se observa que de febrero a abril se tiene un importante excedente de recurso hídrico superficial el cual se da por la presencia de lluvias, características de esta temporada.

Gráfico N° 5.1
Balance Hídrico con la oferta hídrica natural del río Piura al 75 % de Persistencia
- m³/s



B. Balance Hídrico Total considerando la oferta hídrica promedio

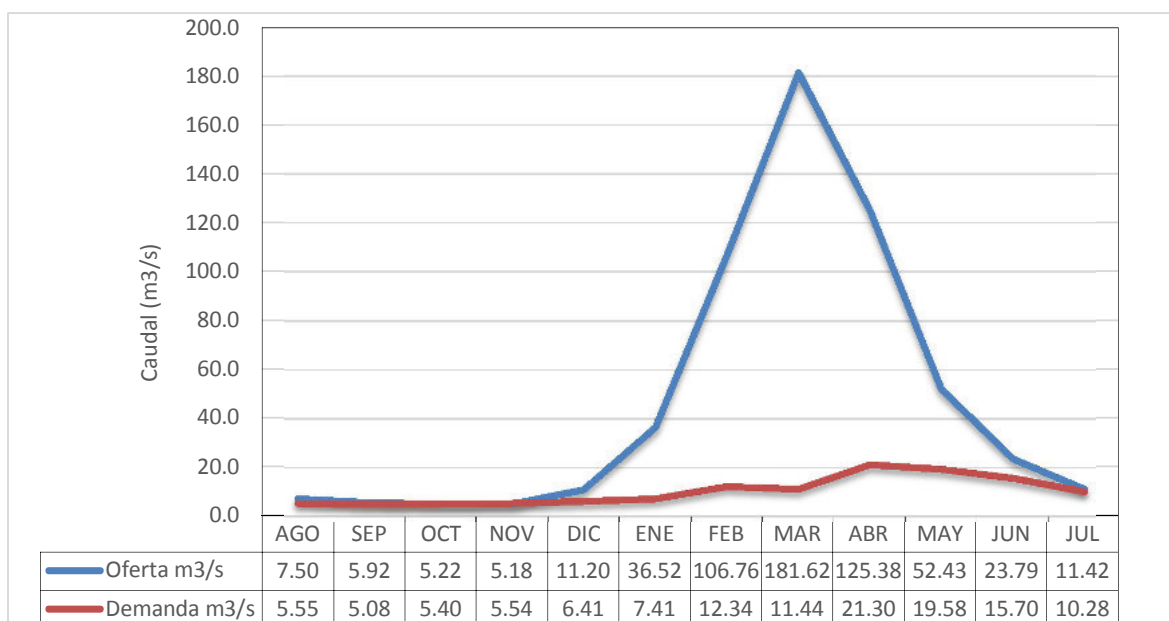
También se ha realizado el Balance Hídrico Superficial, utilizando como oferta hídrica el caudal promedio mensual del río Piura y cuyos resultados son mostrados en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 5.4
Balance Hídrico de la cuenca alta del río Piura con el volumen promedio mensual

Usuario	Unidad	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	TOTAL
Oferta - Total -Promedio	hm3	20.08	15.34	13.99	13.43	30.00	97.82	258.27	486.44	324.99	140.44	61.67	30.59	1493.06
Cuenca Piura	hm3	20.08	15.34	13.99	13.43	30.00	97.82	258.27	486.44	324.99	140.44	61.67	30.59	1493.06
Demanda - Total	hm3	14.86	13.17	14.47	14.35	17.18	19.84	29.85	30.64	55.20	52.43	40.69	27.54	330.23
Demanda Agrícola	hm3	14.86	13.17	14.47	14.35	17.18	19.84	29.85	30.64	55.20	52.43	40.69	27.54	330.23
Excedentes	hm3	5.22	2.17			12.82	77.98	228.42	455.80	269.79	88.00	20.98	3.05	1164.24
Déficit	hm3			-0.08	-0.17									-0.25
Demanda Atendida	hm3	14.86	13.17	13.99	13.43	17.18	19.84	29.85	30.64	55.20	52.43	40.69	27.54	328.82
Porcentaje	%	100%	100%	97%	94%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%

Gráfico N° 5.2

 Balance Hídrico con la oferta hídrica natural promedio del río Piura - m³/s



Del gráfico presentado, se puede apreciar que la demanda agrícola mensual de la cuenca, es atendida casi todos los meses a excepción de octubre y noviembre, no obstante el déficit es mínimo, el porcentaje de cobertura de la demanda agrícola está en el rango del 99%, por otro lado se observa que de enero a mayo se tiene un importante excedente de recurso hídrico superficial el cual se da por la presencia de lluvias, características de esta temporada.

VI. CALIDAD DEL AGUA Y VARIABILIDAD CLIMATICA

6.1. Calidad de Agua

Este capítulo tiene como finalidad presentar información de los monitoreos de la calidad del agua superficial en la cuenca Piura realizados del año 2011 al 2014. La importancia de elaboración del presente capítulo, es que se cuente con el registro de información histórica y datos actuales sistematizados de la calidad del agua en la cuenca y que sirva de base para establecer las condiciones en la que se encuentran los recursos hídricos y el cambio de sus características debido a presiones antropogénicas sobre su calidad. Se destaca la importancia de la identificación de las causas de la degradación de la calidad del agua.

Los principales problemas en la cuenca están relacionados a la contaminación del agua, debido a la presencia de vertimientos de aguas residuales industriales, domésticas y municipales localizadas en el tramo comprendido entre la naciente de la cuenca y la desembocadura, abarcando básicamente el distrito de Canchaque, las ciudades de Morropón, Chulucanas, Catacaos y la ciudad de Piura.

Otro de los problemas que más afectan la calidad de las aguas de la cuenca Piura es la disposición inadecuada de residuos sólidos y desmontes en las aguas, sobretodo cerca de los centros urbanos. Estos vertimientos se producen sin ningún cuidado y en forma desordenada, especialmente cerca de las ciudades e industrias. Los botaderos en la cuenca Piura se concentran en lugares como Chulucanas (sector Lagunas y sector Campanas), La Matanza, Buenos Aires, San Juan de Bigote y La Greda.

Se cuenta con una red de estaciones de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca Piura, desde el año 2011 al 2014; asimismo se han identificado fuentes contaminantes como son los vertimientos no autorizados de aguas residuales domésticas e industriales.

Los monitoreos realizados desde el año 2011 al 2014 presentaron las siguientes condiciones:

A. Monitoreo realizado en el año 2011

En el monitoreo realizado en el segundo semestre del año 2011, no hubo agua en los puntos de monitoreo ubicados en los ríos Chignia, Huarmaca y Piura, por lo que no se pudo tomar las muestras de aguas superficiales para su análisis, además no se midió los parámetros: oxígeno disuelto para la Categoría 1-A2; pH, temperatura y oxígeno disuelto para la categoría 3 y oxígeno disuelto para la categoría 4, debido a problemas con el equipo de medición. En el mes de Octubre del 2011, las aguas del río Piura solo llegaban hasta la parte media (Malingas).

B. Monitoreo realizado en el año 2012

En el monitoreo realizado en el primer semestre del año 2012 se muestrearon los siguientes cuerpos de agua: quebrada Sitán, río Pusmalca, quebrada Mina o Puente Fierro, Río Canchaque, río Piura, río Bigote, río Chignia, río Huarmaca, río Corrales y la quebrada San Francisco en época de avenida. Para el caso del monitoreo en el segundo semestre del año 2012, que comprende la época de estiaje, el río Piura mostró un mínimo caudal, el cual es producto de excedencias de los riegos

aplicados a los terrenos de cultivo y sólo se presenta por ciertos tramos, la mayor parte del cauce permanece seco.

C. Monitoreo realizado en el año 2013

Para el caso del monitoreo en el año 2013, se realizó en época de avenida, se muestrearon los siguientes cuerpos de agua: quebrada Sitán, río Pusmalca, quebrada Mina o Puente Fierro, Río Canchaque, río Piura, río Bigote, río Chignia, río Huarmaca, el río Corrales y la quebrada San Francisco.

D. Monitoreo realizado en el año 2014

Para el caso del monitoreo en el año 2014, se realizó en época de avenida se muestrearon los siguientes cuerpos de agua: quebrada Mina o Puente Fierro, Río Canchaque, río Piura, río Bigote, río Huarmaca, el río Corrales y la quebrada San Francisco.

De los monitoreos observados en los párrafos anteriores, se evidenció que los vertimientos de residuos tanto líquidos como sólidos por la ciudad de Piura generan el deterioro de la calidad del agua del río Piura, lo que se expresa en concentraciones de DBO_5 , Coliformes termotolerantes, Nitrógeno amoniacal, Fosfatos, Fósforo, Cobre y hasta Arsénico por encima del estándar de calidad de agua para abastecimiento poblacional y para riego de vegetales de tallo bajo. La ciudad de Catacaos, aguas abajo del punto de muestreo, se abastece de fuente subterránea, sin embargo esta condición vulnera el uso futuro del agua para fines poblacionales. Para fines de riego, la presencia de fosfatos, cobre y manganeso, representan un peligro por haber superado los estándares de calidad.

Para mayor detalle de los parámetros analizados y los resultados de los ensayos realizados para los diferentes cuerpos de agua de la cuenca Piura, en el Anexo 01 se presenta el Informe de Calidad de Agua y el consolidado de los monitoreos realizados desde el año 2011 al 2014.

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, campos de presión 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's Rho (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)

Para el análisis de tendencias se ha utilizado el software TREND, el cual emplea tres métodos estadísticos para detectar tendencias (Mann-Kendall, Spearman's Rho

y Regresión Linear), para detectar cambios en las medias y para detectar cambios en las medias-medianas en periodos diferentes de la serie. Adicionalmente se presenta la tasa de variación anual.

6.2.1. Análisis de tendencias de las precipitaciones en la cuenca del río Piura

Para este análisis se ha tomado las estaciones pluviométricas utilizadas para caracterizar las lluvias en la cuenca, dichas estaciones son:

- Barrios
- Canchaque
- Chalaco
- Chignia
- Chulucanas
- Chusis
- Frías
- Huarmaca
- Miraflores
- Morropón
- Tejedores y
- Virrey.

Cabe resaltar que estas estaciones fueron completadas por correlación lineal simple para establecer un periodo largo (1964 - 2008)

Los resultados se muestran a nivel anual, el periodo de registro de lluvias considerado es desde 1964 al 2008 y el nivel de significancia utilizado es de 0.1, 0.05 y 0.01.

En los cuadros y Gráficos siguientes se presentan las tendencias de la precipitación anual y el cambio en las medias para las estaciones mencionadas.

Cuadro N° 6.1 - Análisis de tendencias en la estación Barrios

Test de Tendencias - Estación Barrios					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	1.629	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	1.707	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
Linear regression	1.227	1.682	2.017	2.694	NS

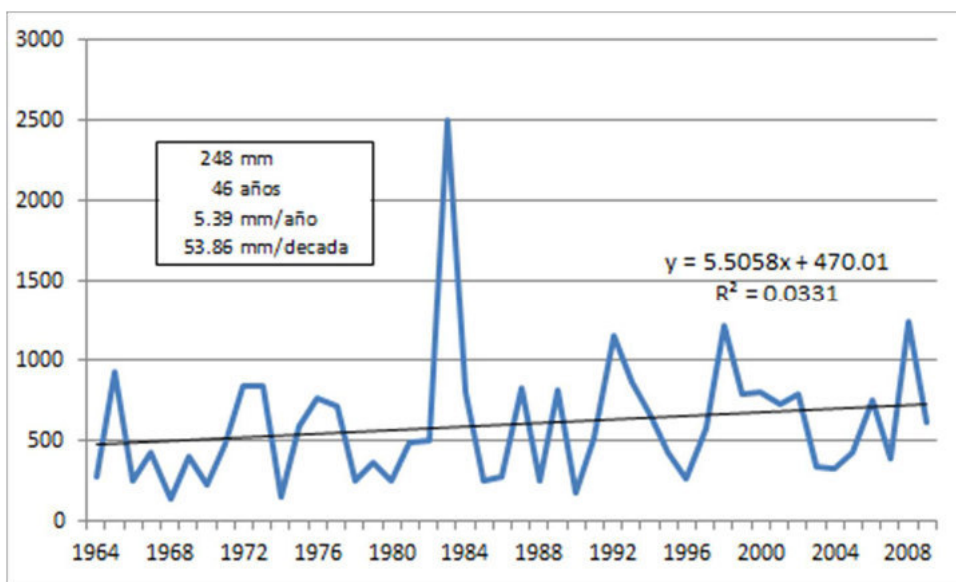
Cuadro N° 6.2 - Cambios en la Media en la estación Barrios

Test de cambios en la Media - Estación Barrios					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	7	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.936	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	1.938	2.862	3.176	3.79	NS


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Del análisis de tendencias en la estación Barrios se desprende que hay tendencia al incremento de la precipitación anual, pero a la vez no presenta cambios en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 5.39 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 01.

Gráfico N° 6.1 - Análisis de tendencias en la estación Barrios



Cuadro N° 6.3 - Análisis de tendencias en la estación Canchaque

Test de Tendencias - Estación Canchaque					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	1.401	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	1.468	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	1.132	1.682	2.017	2.694	NS

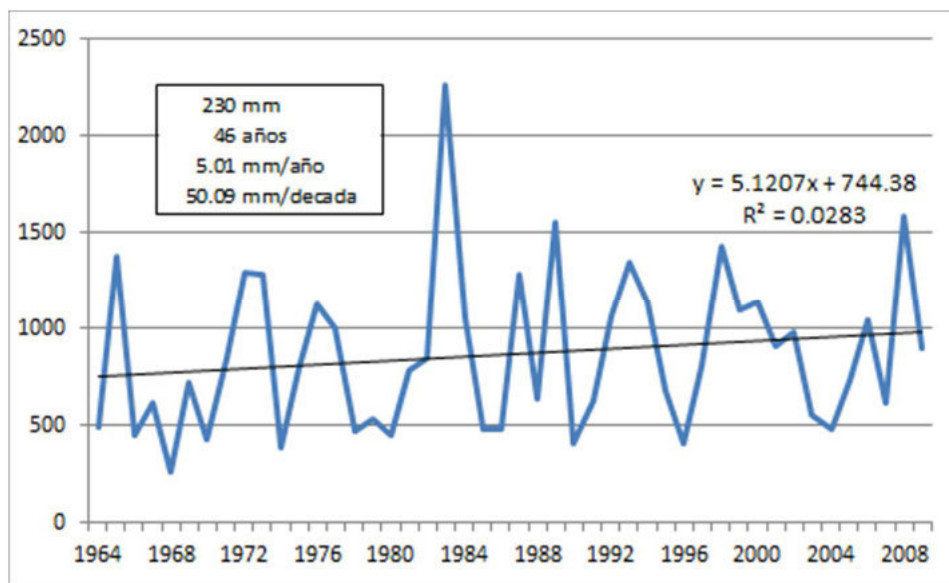
Cuadro N° 6.4 - Cambios en la Media en la estación Canchaque

Test de Cambios en la Media - Estación Canchaque					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	6	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.839	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	1.756	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Canchaque se puede apreciar que no hay tendencia al incremento de la precipitación anual, y tampoco presenta cambios en la media de acuerdo al análisis estadístico realizado, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 5.01 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 02.

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Gráfico N° 6.2 - Análisis de tendencias en la estación Canchaque



Cuadro N° 6.5 - Análisis de tendencias en la estación Chalaco

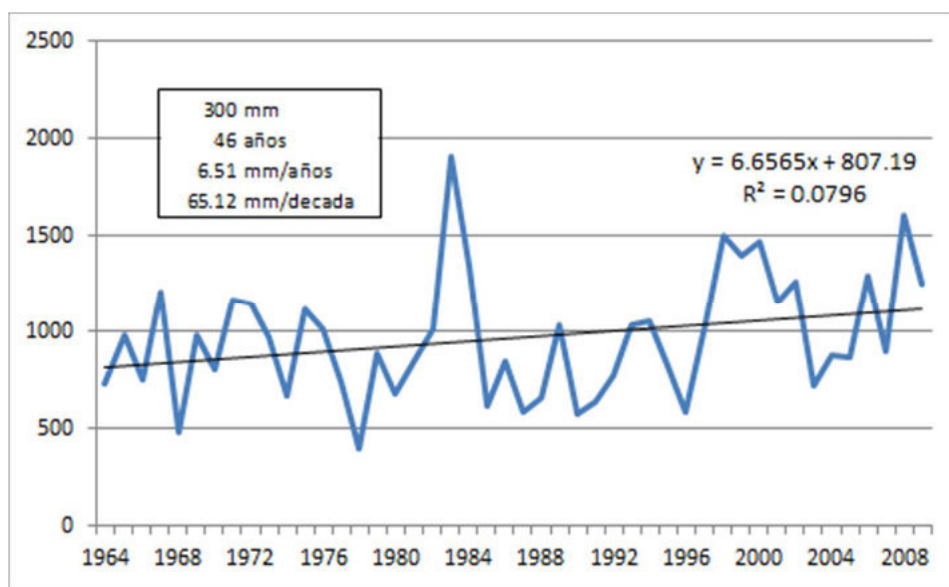
Test de Tendencias - Estación Chalaco					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	1.761	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
Spearman's Rho	1.874	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
Linear regression	1.951	1.682	2.017	2.694	S (0.1)

Cuadro N° 6.6 - Cambios en la Media en la estación Chalaco

Test de Cambios en la Media - Estación Chalaco					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	5	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	1.316	1.136	1.266	1.512	S (0.05)
Worsley likelihood	3.167	2.862	3.176	3.79	S (0.1)

Del análisis de tendencias en la estación Chalaco se desprende que hay tendencia al incremento de la precipitación anual a un nivel de significancia de 0.1, y a la vez presenta cambios en la media según los 2 últimos Tests estadísticos, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 6.51 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 03.

Gráfico N° 6.3 - Análisis de tendencias en la estación Chalaco



Cuadro N° 6.7 - Análisis de tendencias en la estación Chignia

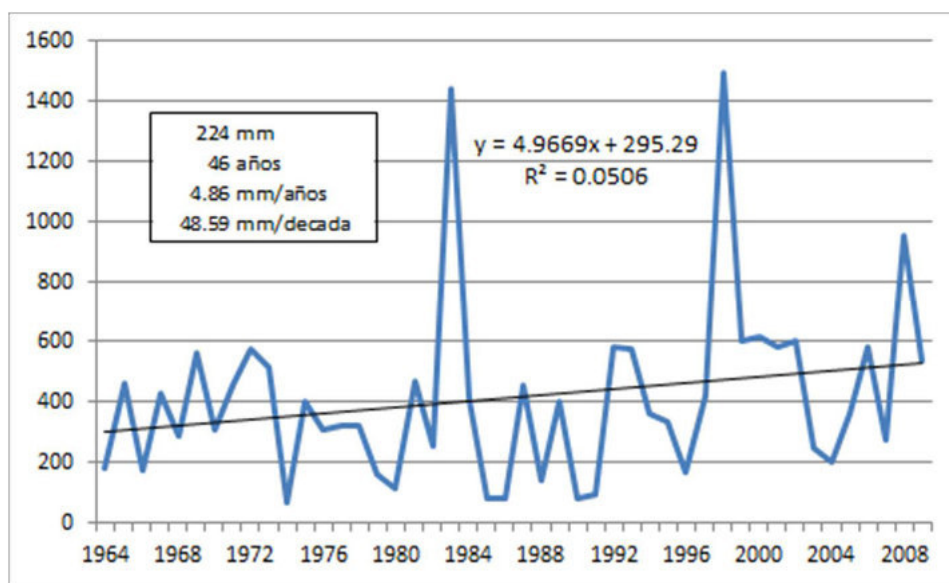
Test de Tendencias - Estación Chignia					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Mann-Kendall	1.591	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	1.712	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
Linear regression	1.532	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.8 - Cambios en la Media en la estación Chignia

Test de Camios en la Media - Estación Chignia					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Cusum	5	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	1.05	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	2.488	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Chignia se desprende que hay tendencia al incremento de la precipitación anual a un nivel de significancia de 0.1, sin embargo no presenta cambios en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 4.86 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 04.

Gráfico N° 6.4 - Análisis de tendencias en la estación Chignia



Cuadro N° 6.9 - Análisis de tendencias en la estación Chulucanas

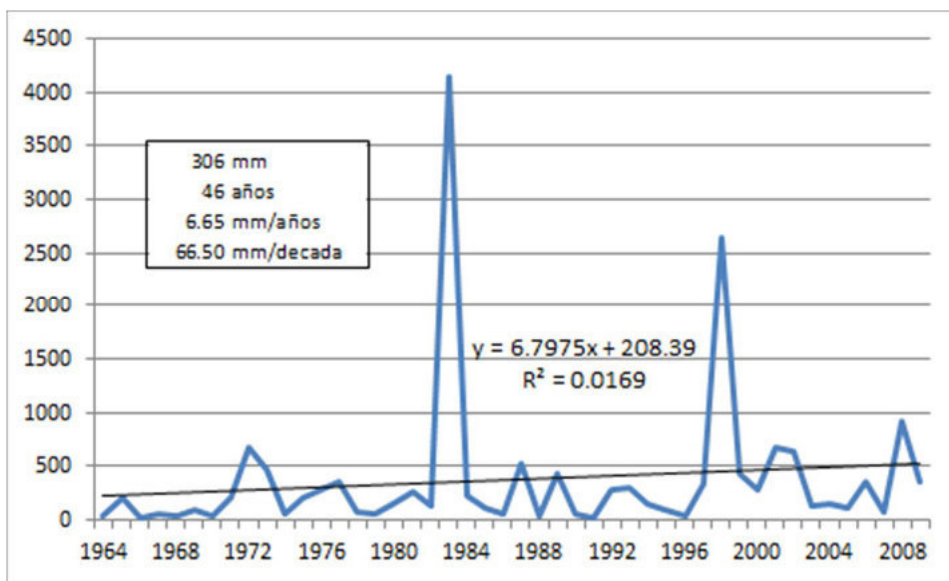
Test de Tendencias - Estación Chulucanas					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	2.178	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
Spearman's Rho	2.274	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
Linear regression	0.869	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.10 - Cambios en la Media en la estación Chulucanas

Test de Cambios en la Media - Estación Chulucanas					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	5	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.762	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	1.555	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Chulucanas se desprende que hay tendencia al incremento de la precipitación anual a un nivel de significancia de 0.05, sin embargo no presenta cambios en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 6.65 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 05.

Gráfico N° 6.5 - Análisis de tendencias en la estación Chulucanas



Cuadro N° 6.11 - Análisis de tendencias en la estación Chusis

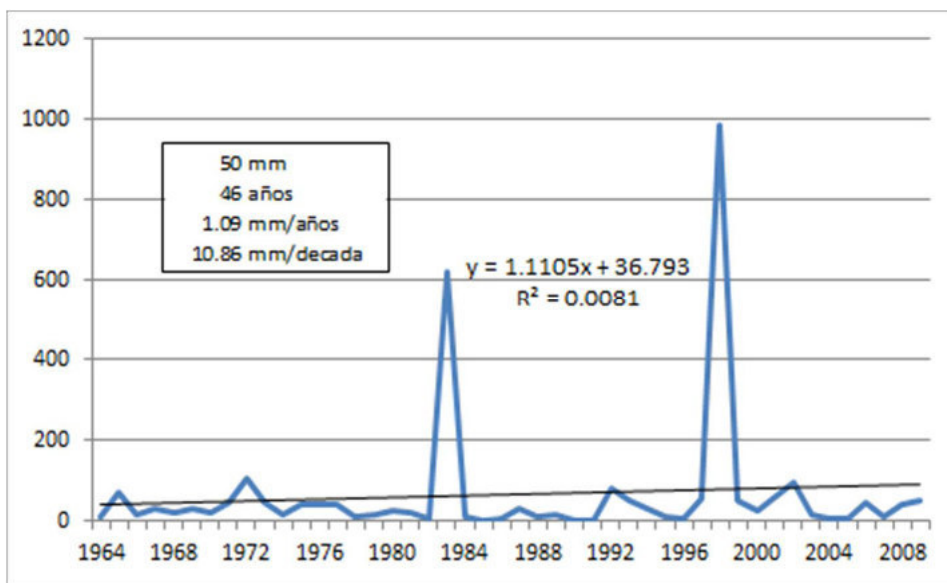
Test de Tendencias - Chusis					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	-0.142	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	0.018	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	0.6	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.12 - Cambios en la Media en la estación Chusis

Test de Cambios en la Media - Chusis					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	6	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.561	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	1.273	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Chusis se desprende que no existe evidencia de tendencia al incremento de la precipitación anual, ni tampoco presenta cambios en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 1.09 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 06.

Gráfico N° 6.6 - Análisis de tendencias en la estación Chusis



Cuadro N° 6.13 - Análisis de tendencias en la estación Frias

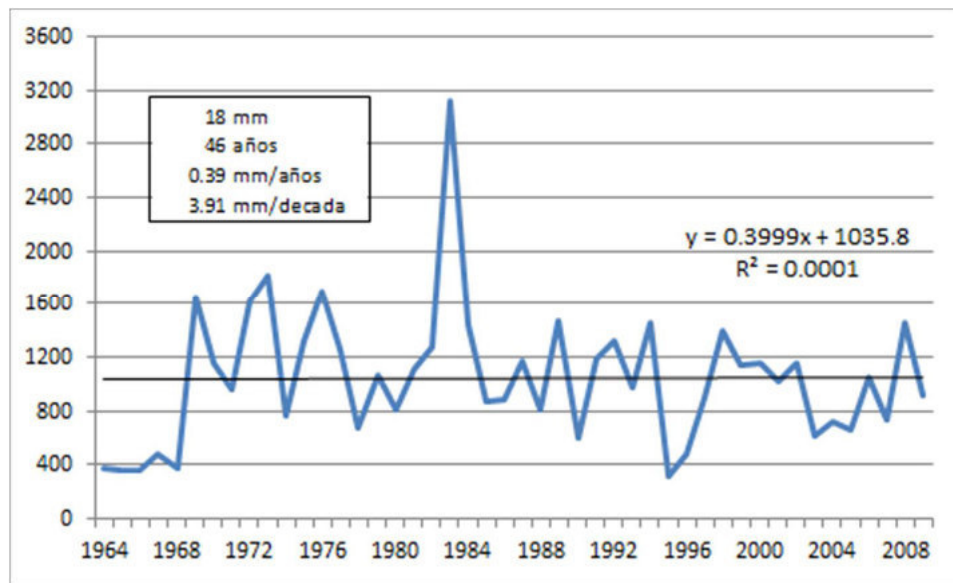
Test de Tendencias - Estación Frias					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	0.133	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	0.195	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	0.071	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.14 - Cambios en la Media en la estación Frias

Test de Cambios en la Media - Estación Frias					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	5	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.978	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	3.468	2.862	3.176	3.79	S (0.05)

Del análisis de tendencias en la estación Frias se desprende que no existe evidencia de tendencia al incremento de la precipitación anual, sin embargo presenta cambio en la media a un nivel de significancia de 0.05, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 0.39 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 07.

Gráfico N° 6.7 - Análisis de tendencias en la estación Frias



Cuadro N° 6.15 - Análisis de tendencias en la estación Huarmaca

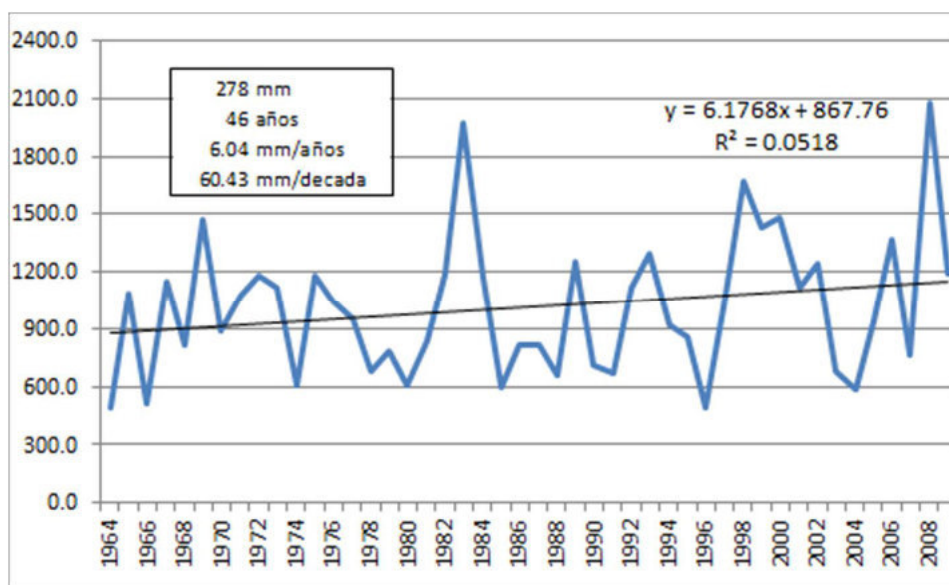
Test de Tendencias - Estación Huarmaca					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	1.363	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	1.423	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	1.551	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.16 - Cambios en la Media en la estación Huarmaca

Test de Cambios en la Media - Estación Huarmaca					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	5	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.987	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	2.617	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Huarmaca se desprende que no existe evidencia de tendencia al incremento de la precipitación anual, y del mismo modo no presenta cambio en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 6.04 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 08.

Gráfico N° 6.8 - Análisis de tendencias en la estación Huarmaca



Cuadro N° 6.17 - Análisis de tendencias en la estación Miraflores

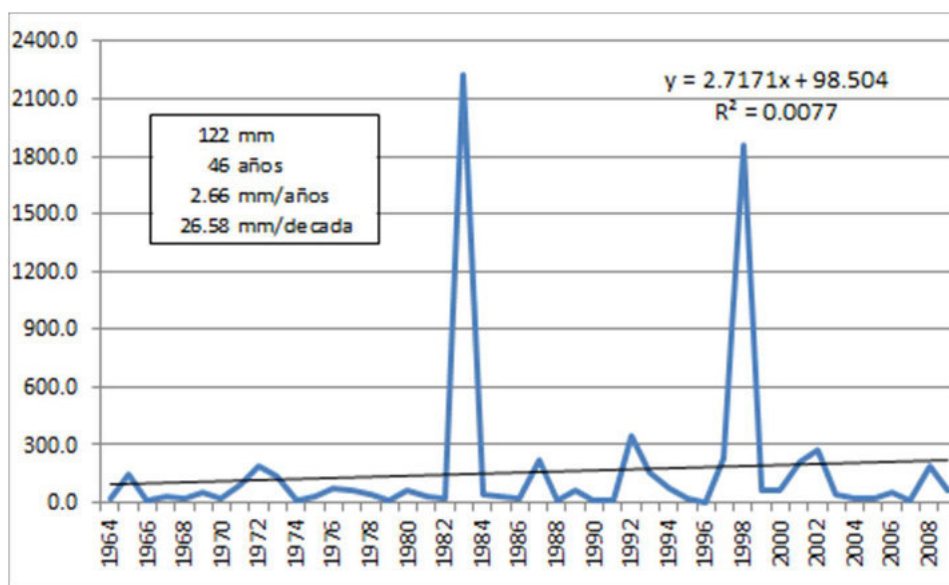
Test de Tendencias - Estación Miraflores					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Mann-Kendall	0.767	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	1.008	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	0.585	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.18 - Cambios en la Media en la estación Miraflores

Test de Cambios en la Media - Estación Miraflores					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Cusum	6	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.716	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	1.456	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Miraflores se desprende que no existe evidencia de tendencia al incremento de la precipitación anual, y del mismo modo no presenta cambio en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 2.66 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 09.

Gráfico N° 6.9 - Análisis de tendencias en la estación Miraflores



Cuadro N° 6.19 - Análisis de tendencias en la estación Morropón

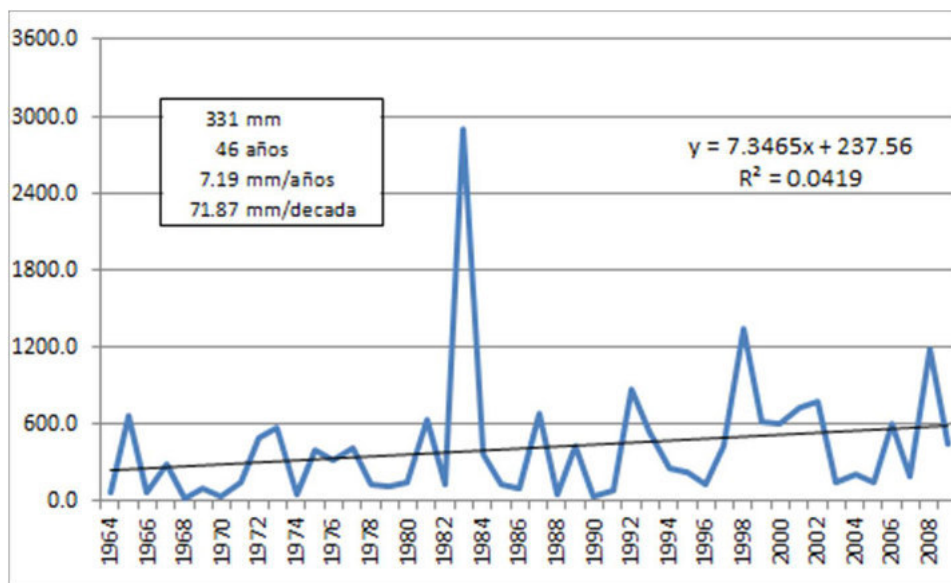
Test de Tendencias - Estación Morropon					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	2.5	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
Spearman's Rho	2.519	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
Linear regression	1.387	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.20 - Cambios en la Media en la estación Morropón

Test de Cambios en la Media - Estación Morropon					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	5	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.939	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	1.944	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Morropón se desprende que hay tendencia al incremento de la precipitación anual a un nivel de significancia de 0.05, pero a su vez no presenta cambios en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 7.19 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 10.

Gráfico N° 6.10 - Análisis de tendencias en la estación Morropón



Cuadro N° 6.21 - Análisis de tendencias en la estación Tejedores

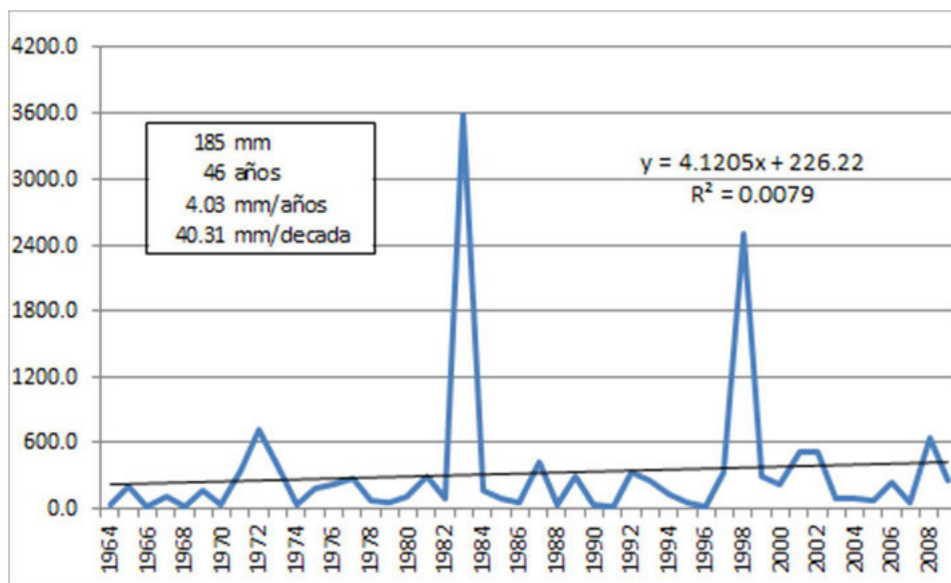
Test de Tendencias - Estación Tejedores					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	1.326	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	1.408	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	0.594	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.22 - Cambios en la Media en la estación Tejedores

Test de Cambios en la Media - Estación Tejedores					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	5	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.644	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	1.304	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Tejedores se desprende que no hay evidencia de tendencia al incremento de la precipitación anual, y del mismo modo no presenta cambios en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 4.03 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 11.

Gráfico N° 6.11 - Análisis de tendencias en la estación Tejedores



Cuadro N° 6.23 - Análisis de tendencias en la estación Virrey

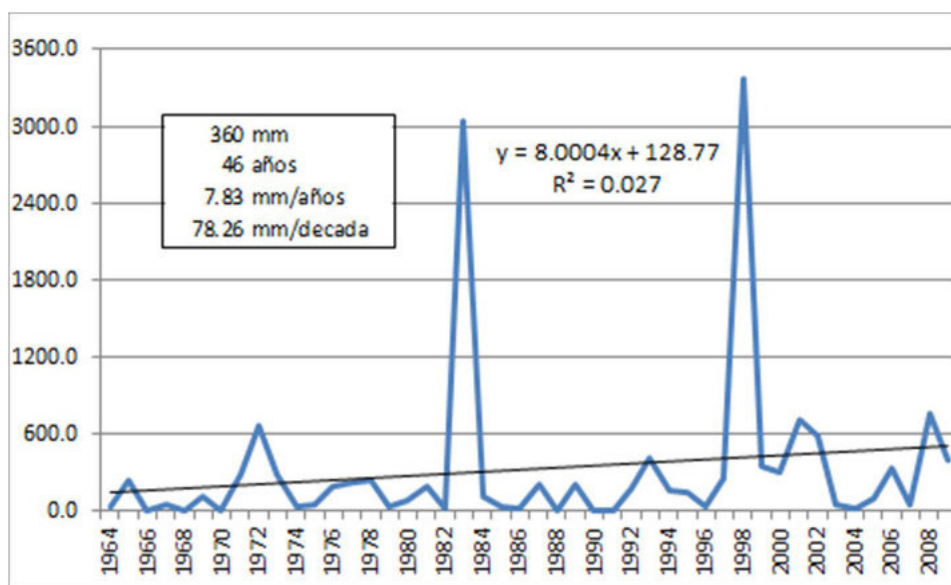
Test de Tendencias - Estación Virrey					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	1.941	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
Spearman's Rho	2.052	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
Linear regression	1.106	1.682	2.017	2.694	NS

Cuadro N° 6.24 - Cambios en la Media en la estación Virrey

Test de Cambios en la Media - Estación Virrey					
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Cusum	6	8.274	9.224	11.055	NS
Cumulative deviation	0.746	1.136	1.266	1.512	NS
Worsley likelihood	1.688	2.862	3.176	3.79	NS

Del análisis de tendencias en la estación Virrey se desprende hay evidencia de tendencia al incremento de la precipitación anual a niveles de significancia de 0.1 y 0.05, sin embargo no presenta cambios en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 7.83 mm/año, tal como se muestra en el Gráfico N° 12.

Gráfico N° 6.12 - Análisis de tendencias en la estación Virrey



6.2.2. Análisis de tendencias de caudales del río Piura

Para el análisis de tendencias de los caudales del río Piura, se ha utilizado el software TREND, el cual emplea tres métodos estadísticos para detectar tendencias (Mann-Kendall, Spearman's Rho y Regresión Lineal), para detectar cambios en las medias y para detectar cambios en las medias-medianas en periodos diferentes de la serie. Adicionalmente se presenta la tasa de variación anual.

Para este análisis se ha tomado las estaciones hidrométricas más representativas, es decir las que se encuentran en el cauce principal del río Piura, estas estaciones con las siguientes:

- Malacasi
- Carrasquillo
- Nacara
- Tambo Grande

Para realizar el análisis de tendencias de los volúmenes anuales del río Piura se ha establecido el periodo de 38 años (1972 - 2009), este periodo corresponde al periodo extendido de caudales medios mensuales del río Piura, realizado para las cuatro estaciones seleccionadas.

Los resultados se muestran a nivel anual, el periodo de registro de caudales considerado es desde 1972 al 2009 y el nivel de significancia utilizado es de 0.1, 0.05 y 0.01.

En los cuadros y Gráficos siguientes se presentan las tendencias de la precipitación anual y el cambio en las medias para las estaciones mencionadas.

Cabe mencionar que los diferentes periodos de análisis de tendencia y cambios en la media establecidos y calculados van de 1972 - 1990 y 1991 - 2009, para las cuatro estaciones, ya que mantienen un régimen similar.


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 6.25 - Análisis de tendencias en la estación Malacasi

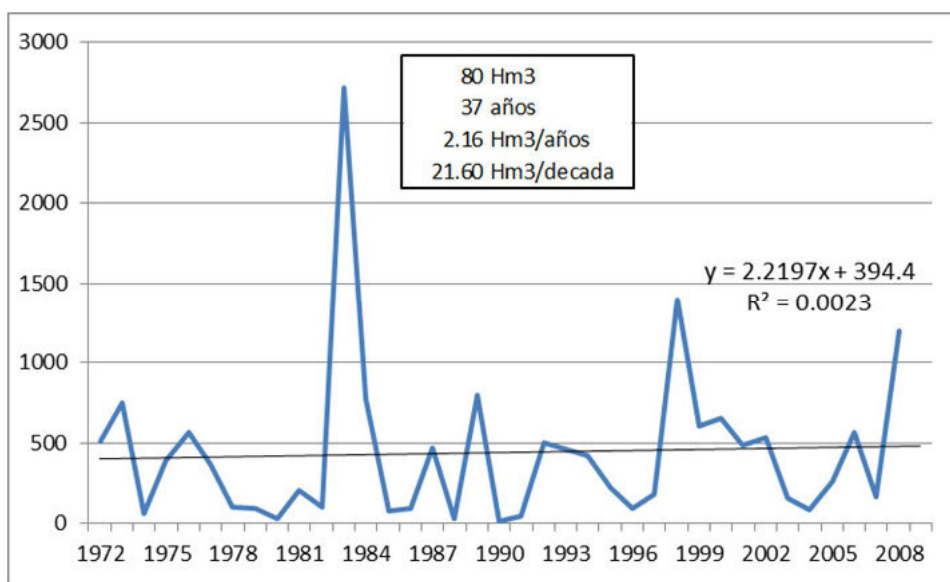
Test de Tendencias - Estación Malacasi						
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	0.93	1.645	1.96	2.576	NS	Sin Tendencia
Spearman's Rho	1.086	1.645	1.96	2.576	NS	Sin Tendencia
Linear regression	0.357	1.689	2.029	2.722	NS	Sin Tendencia

Cuadro N° 6.26 - Cambios en la Media en la estación Malacasi

Test de Cambios en la Media - Estación Malacasi						
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	4	7.521	8.384	10.048	NS	Sin cambios en la media
Cumulative deviation	0.555	1.128	1.256	1.492	NS	Sin cambios en la media
Worsley likelihood	1.333	2.88	3.186	3.81	NS	Sin cambios en la media

Del análisis de tendencias en la estación Malacasi se desprende que no hay tendencia en los caudales y tampoco se observa cambios en la media, aunque gráficamente se observa una tendencia creciente, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 2.16 Hm³/año, sin embargo estos resultados solo son representativos para el periodo analizado (1972 - 2009).

Gráfico N° 6.13 - Análisis de tendencias en el río Piura - estación Malacasi (Hm³)



Cuadro N° 6.27 - Análisis de tendencias en la estación Carrasquillo

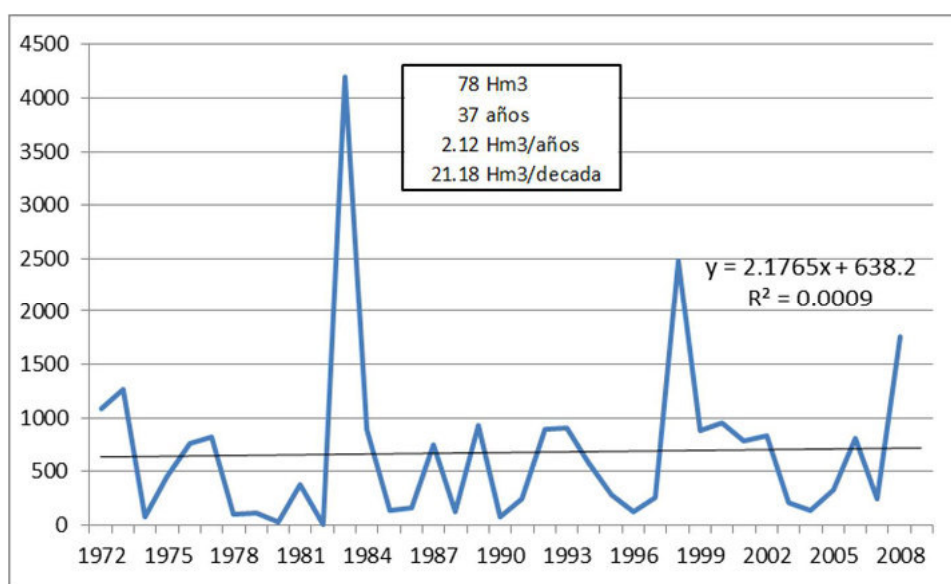
Test de Tendencias - Estación Carrasquillo						
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	0.943	1.645	1.96	2.576	NS	Sin Tendencia
Spearman's Rho	0.951	1.645	1.96	2.576	NS	Sin Tendencia
Linear regression	0.253	1.689	2.029	2.722	NS	Sin Tendencia

Cuadro N° 6.28 - Cambios en la Media en la estación Carrasquillo

Test de Cambios en la Media - Estación Carrasquillo						
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	4	7.521	8.384	10.048	NS	Sin cambios en la media
Cumulative deviation	0.511	1.128	1.256	1.492	NS	Sin cambios en la media
Worsley likelihood	1.211	2.88	3.186	3.81	NS	Sin cambios en la media

Del análisis de tendencias en la estación Malacasi se desprende que no hay tendencia en los caudales y tampoco se observa cambios en la media, aunque gráficamente se observa una tendencia creciente, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 2.12 Hm³/año, sin embargo estos resultados solo son representativos para el periodo analizado (1972 - 2009).

Gráfico N° 6.14 - Análisis de tendencias en el río Piura - Carrasquillo (Hm³)



Cuadro N° 6.29 - Análisis de tendencias en la estación Ñacara

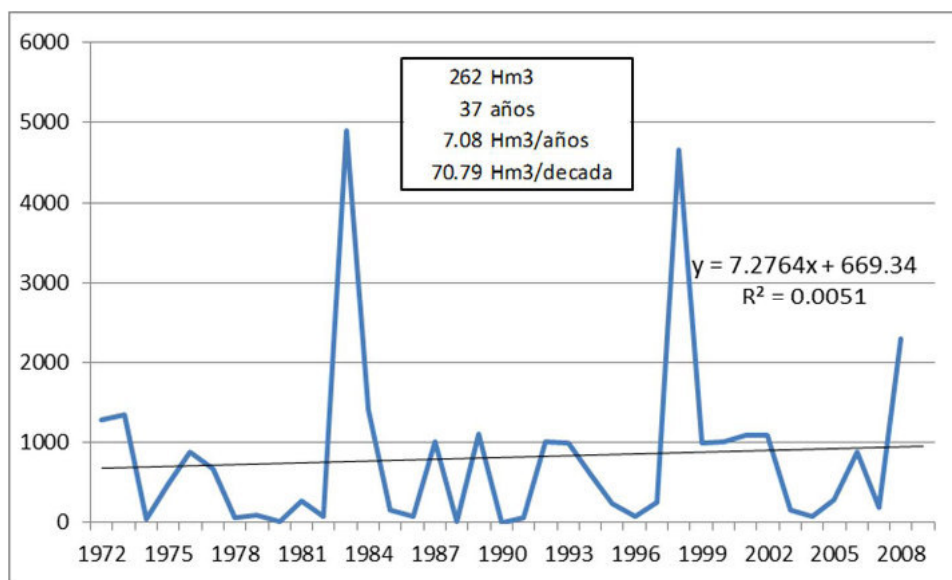
Test de Tendencias - Estación Ñacara						
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	0.855	1.645	1.96	2.576	NS	Sin Tendencia
Spearman's Rho	0.879	1.645	1.96	2.576	NS	Sin Tendencia
Linear regression	0.464	1.689	2.029	2.722	NS	Sin Tendencia

Cuadro N° 6.30 - Cambios en la Media en la estación Ñacara

Test de Cambios en la Media - Estación Ñacara						
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	4	7.521	8.384	10.048	NS	Sin cambios en la media
Cumulative deviation	0.608	1.128	1.256	1.492	NS	Sin cambios en la media
Worsley likelihood	1.302	2.88	3.186	3.81	NS	Sin cambios en la media

Del análisis de tendencias en la estación Ñacara se desprende que no hay tendencia en los caudales y del mismo modo no se observa disminución en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 7.08 Hm³/año, sin embargo estos resultados solo son representativos para el periodo analizado (1972 - 2009).

Gráfico N° 6.15 - Análisis de tendencias en el río Piura - estación Ñacara (Hm³)



Cuadro N° 6.31 - Análisis de tendencias en la estación Tambo grande

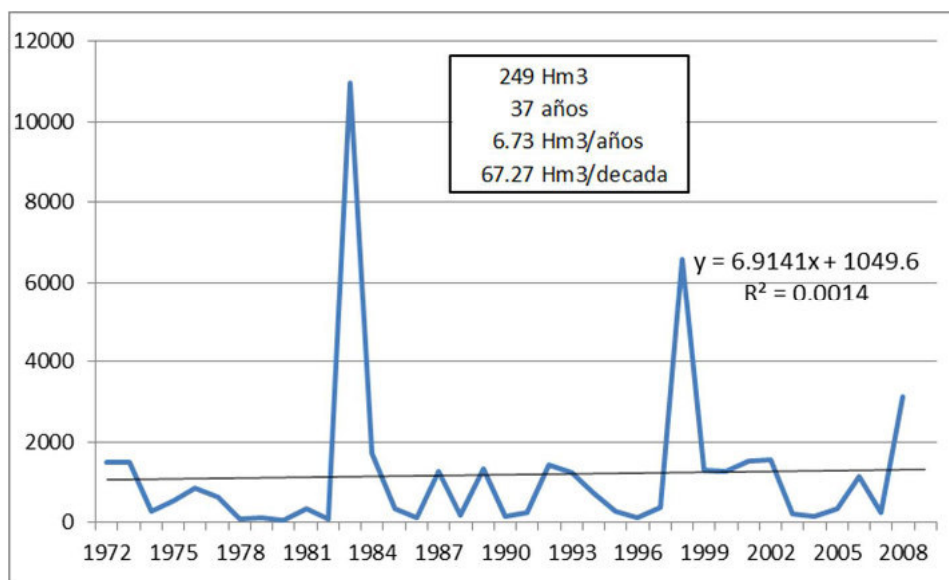
Test de Tendencias - Estación Tambo Grande						
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Mann-Kendall	0.805	1.645	1.96	2.576	NS	Sin Tendencia
Spearman's Rho	0.829	1.645	1.96	2.576	NS	Sin Tendencia
Linear regression	0.225	1.689	2.029	2.722	NS	Sin Tendencia

Cuadro N° 6.32 - Cambios en la Media en la estación Tambo Grande

Test de Cambios en la Media - Estación Tambo Grande						
Test statistic	Critical values (z)	(Statistical table)			Result	
		a=0.1	a=0.05	a=0.01		
Cusum	4	7.521	8.384	10.048	NS	Sin cambios en la media
Cumulative deviation	0.584	1.128	1.256	1.492	NS	Sin cambios en la media
Worsley likelihood	1.281	2.88	3.186	3.81	NS	Sin cambios en la media

Del análisis de tendencias en la estación Tambo Grande se desprende que no hay tendencia creciente en los caudales y a su vez tampoco se observa cambios en la media, la tasa de cambio es positiva a nivel anual equivalente a 6.73 Hm³/año, sin embargo estos resultados solo son representativos para el periodo analizado (1972 - 2009).

Gráfico N° 6.16 - Análisis de tendencias en el río Piura - Tambo Grande (Hm³)



VII. ANALISIS DE LOS DERECHOS DE USO DE AGUA

Según la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, existen 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. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional.

El uso productivo del agua consiste en la utilización de la misma en 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: Agrario: pecuario y agrícola; Acuícola y pesquero; Energético; Industrial; Medicinal; Minero; Recreativo; Turístico; y de transporte.

Para el presente estudio se ha recopilado información pertinente proporcionada por la Administración Local de Agua Alto Piura Huancabamba así como también información proporcionada por la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque Zarumilla, identificando los usos agrarios así como usos no agrarios.

Se ha tomado como fuente actualizada de información el estudio 'Diagnostico de la Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca Chira - Piura' proporcionado por el Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos - PMGRH.

7.1. Uso Poblacional del Agua

a. Sistema Medio y Bajo Piura

En el sistema Medio y Bajo Piura se registra un total de 75 licencias, 5 de Uso Poblacional de las cuales solo 4 tienen como punto de captación superficial el río Piura y canal. Las restantes pertenecen a licencias subterráneas.

Se puede mencionar entre las entidades y empresas que poseen dichas licencias poblacionales a: EPS Grau S.A., Centro de Abastecimiento Agua Bayóvar Gobierno Regional Piura, Ecoacuicola, Municipalidad Distrital de Castilla y principales Junta Administradora de Agua Potable de centros poblados y caseríos del Bajo Piura.

En el Sistema Medio y Bajo Piura las licencias poblacionales de agua subterránea y superficial suman un volumen total de agua de 98.00 Hm³, estas licencias son mostradas en el Cuadro N° 7.1.

Cuadro N° 7.1 Uso Poblacional de Agua en el Sistema Medio y Bajo Piura

Empresa	Tipo de Fuente	Tipo de Derecho	Volumen (Hm ³)
E.P.S. Grau S.A.	Subterránea	Licencia	23.08
Centro de Abastecimiento Agua Bayobar Gobierno Regional de Piura	Subterránea	Licencia	0.31
JASS del Anexo Pozo de los Ramos	Subterránea	Licencia	0.12
JASS de la Jurisdicción Chatito y Montegrande	Subterránea	Licencia	0.14
Asociación General de Usuarios de Agua y Saneamiento de Vice (Aguas de Vice)	Subterránea	Licencia	0.21
Municipalidad Distrital de Cristo Nos Valga	Subterránea	Licencia	0.11
JASS de los Anexos de la Panamericana	Subterránea	Licencia	5.64
Junta Administradora de Agua Potable del Caserío Vega de Chilco	Subterránea	Licencia	0.06
JASS Centro Poblado de San Clemente	Subterránea	Licencia	0.11
JASS Distrito de Bellavista	Subterránea	Licencia	0.05
Municipalidad Distrital de Bernal	Subterránea	Licencia	0.21
JASS de los Caseríos La Piedra, Paredones, y Anexo Patio Central	Subterránea	Licencia	0.16
Municipalidad Distrital de La Arena	Subterránea	Licencia	0.78
JASS Cucungará	Subterránea	Licencia	0.16
NUEVA JASS - Integral del Sector Panamericana	Subterránea	Licencia	0.04
JASS Centro Poblado Villa Pedregal Grande	Subterránea	Licencia	0.14
JASS Simbilá	Subterránea	Licencia	0.13
JASS Cumbibira Buenos Aires	Subterránea	Licencia	0.05
JASS Centro Poblado Casagrande – Chaquira	Subterránea	Licencia	0.12
Administradora de Servicio de Saneamiento La Legua	Subterránea	Licencia	0.13
Administradora del Servicio de Agua Potable de San Jacinto	Subterránea	Licencia	0.05
JASS de los Caseríos Pampa de los Silva y Pampa Chica	Subterránea	Licencia	1.00
JASS Caserío Miraflores	Subterránea	Licencia	0.04
Junta Administradora de Agua Potable del Caserío Loma Negra	Subterránea	Licencia	0.11
Junta Administradora de Agua Potable de Los Caseríos Río Viejo Sur, Río Viejo Centro, Alto De La Cruz, Alto Carrillo Y El Peñal	Subterránea	Licencia	0.10
Junta Administradora de Servicios De Saneamiento Agua Potable Vichayal Río Viejo	Subterránea	Licencia	0.22
JASS Monte Castillo	Subterránea	Licencia	0.16
JASS Centro Poblado Nuevo Tallan	Subterránea	Licencia	0.08
JASS El Tallan	Subterránea	Licencia	0.07
JASS Caserío de Miraflores	Subterránea	Licencia	0.02
Municipalidad Distrital de Rinconada Llicuar	Subterránea	Licencia	0.11
Renny Christopher Roque Rodríguez	Subterránea	Licencia	0.09
ECOACUICOLA	Subterránea	Licencia	0.13
E.P.S. GRAU S.A.	Subterránea	Licencia	63.00
Armando Burneo Seminario	Subterránea	Licencia	0.05
Comité Agua Potable Curumuy	Subterránea	Licencia	0.32
Rommel Mercado Rodríguez	Subterránea	Licencia	1.58
Total			98.00

Fuente: Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos

b. Sistema Alto Piura

En el sistema Alto Piura se registra un total de 178 derechos de uso poblacional siendo de este total 30 autorizaciones, 147 licencias y 1 Permiso. Si tenemos en cuenta el tipo de fuente se establece un total de 96 derechos de uso poblacional superficiales y 82 derechos de uso cuya fuente es subterránea. Entre sus principales beneficiarios tenemos a EPS Grau S.A. y las Juntas Administradoras de Servicios y Saneamiento (JASS) de los principales caseríos del Alto Piura.

En el Sistema Alto Piura las licencias poblacionales hacen un total de volumen de agua de 7.54 Hm³. Se presenta a continuación en el Cuadro N° 7.2 con el número de licencias según el estudio Diagnóstico de la Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca Chira - Piura, proporcionado por el PMGRH.

Cuadro N° 7.2 Licencias Poblacionales

Cantidad de Derechos	Tipo de Derecho	Volumen (Hm ³)
178	Licencia	7.54

Fuente : Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos

7.2. Uso Productivo del Agua

El uso agrario abarca dos sectores los cuales son, el sector pecuario y sector agrícola.

a. Uso Pecuario

Si tratamos lo referente al uso pecuario en la cuenca Piura, solo se cuenta con una licencia de uso para este sector, la cual pertenece al Sistema Medio y Bajo Piura, exactamente en la zona de Los Ejidos, cuyo tipo de fuente es subterránea con pozo a tajo abierto. Dicha licencia les otorga un caudal de 60 l/s, consumiéndose un volumen anual de 3.15 m³, en cuanto al Sistema Alto Piura no se tiene registrado algún tipo de uso pecuario.

b. Uso Agrícola

En el uso agrícola, la distribución de derechos de uso se realiza también por sistemas de riego, las cuales son: Chira, San Lorenzo, Medio y Bajo Piura y Alto Piura y para nuestro caso analizaremos el Sistema de Riego Alto Piura, y Medio y Bajo Piura.

b.1. Uso Agrícola Sistema Medio y Bajo Piura

Entrando al área de influencia de la cuenca del río Piura tenemos el Sistema Medio y Bajo Piura, conformado por un total de 12 Comisiones de Usuarios las cuales son: Medio Piura Margen Derecha, Medio Piura Margen Izquierda, Castilla-Tacalá, Puyuntalá, La Bruja, Palo Parado, Cumbibira, Shaz, Casarana, Sinchao Parte Alta Chato y Seminario. Además parte del sistema Medio y Bajo Piura está integrado el Sector de Riego Sechura, la cual posee como Comisiones de Usuarios: Parte Alta, San Andrés, Mañuela Margen Izquierda y Mañuela Margen Derecha.

Aquí se cuenta con un registro de 79042 licencias de uso, siendo el total de predios de 77485. El área total que abarca el sistema es de 55060.71 ha, de las cuales están bajo riego 50973 ha.

Con respecto al tipo de fuente 75846 de las licencias que representan el 96% toman el agua del sistema regulado conformado por la red de canales y laterales de diferentes órdenes, que provienen del trasvase del río Chira (presa Poechos) al río Piura (Curumuy), 1308 licencias lo hacen desde puntos directos de toma del río Piura, 1398 licencias usan en forma combinada el sistema regulado con el superficial. También se cuenta con datos que existen 91 licencias para aguas servidas, otorgadas por la autoridad de aguas. El distrito con mayor número de licencias de uso es La Arena 15 con un total de 16689.

Se presenta el Cuadro N° 7.3 con el número de usuarios, número predios y áreas totales y bajo riego de la JU Medio y Bajo Piura.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N° 7.3 Usuarios y Áreas por Comisión de Usuarios para la Junta de Usuarios Medio y Bajo Piura

Comision de Usuarios	N° de Usuarios	N°de Predios	Area Total (Ha)	Area Bajo Riego (Ha)
La Bruja	2 379	8 037	4 047,79	3,816,01
Puyuntalá	3 874	10 275	4 076,87	4 008,79
M.P. Margen Izquierda	679	1 763	10 394,08	8 870,21
M.P. Margen Derecha	1 286	1 811	7 296,45	6 029,37
Castilla- Tacalá	265	401	998 196,00	805,56
Palo Parado	830	2 731	1 740,17	1 480,80
Cumbibirá	1 069	4 863	2 326,68	2 261,88
Shaz	1 463	5 274	1 597,87	1 594,84
Sinchao Parte Alta	1 720	3 493	1 137,91	1 125,06
Chato	1 727	3 890	2 994,85	2 835, 81
Seminario	1 926	4 706	2 973,60	2 947,59
Casarana	2 431	6 864	2 409,01	2 349,69
Parte Alta	3 111	4 042	1 980,97	1 955,30
San Andrés	2 920	6 686	3 819,52	3 787,69
Mañuela Margen Izquierda	2 670	5 949	3 438,28	3 392,75
Mañuela Margen Derecha	2 930	6 700	3 828,48	3 712,12
Total	31 280	77 485	55 060,71	50 973,45

Fuente : Proyecto de Modernización de la Gestion de los Recursos Hidricos

b.2. Uso Agrícola Sistema Alto Piura

El sistema Alto Piura está conformado por 10 Comisiones de Usuarios: Bigote, Serrán, Malacasí, Ingenio-Buenos Aires, La Gallega Morropón, Pabur, Charanal, Yapatera y Sancor y Vicús. Se ha registrado un total de 22630 licencias de uso, para un número de predios que asciende a 16821, dichos predios en su totalidad integran un área total de 41601.72 ha de las cuales están bajo riego un área de 29357.36 ha. Si hablamos del tipo de fuente que poseen los predios para obtener el recurso hídrico tenemos que 9290 son puntos superficiales de agua, 767 provienen de acuíferos y 5630 son licencias combinadas (superficiales y subterráneas).

Cuadro N° 7.4 Usuarios y Áreas por Comisión de Usuarios para la Junta de Usuarios Alto Piura

Comision de Usuarios	N° Usuarios	N° de Predios	Area Total (Ha)	Area Bajo Riego (Ha)
Sancor	824	1157	3298.26	2845.26
Pabur	999	1361	3364.10	3327.83
Bigote	1738	2243	2524.04	2511.58
Vicus	1143	1196	3353.09	3048.45
Serran	504	635	885.96	876.65
Malacasi	291	415	560.22	545.53
Charanal	2423	3075	5470.19	5337.58
Ingenio Buenos Aires	1251	1558	2579.20	2426.99
Yapatera	2538	3401	16437.75	5483.39
La Gallega	1526	1780	3128.37	2954.12
Total	13237	16821	41601.72	29357.36

Fuente : Proyecto de Modernización de la Gestion de los Recursos Hidricos



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

7.3. Uso Acuícola y Pesquero

Existe una licencia de uso acuícola otorgada, para el Sistema Medio y Bajo Piura cedida a la empresa ECOACUICOLA S.A.C. que para el año 2011 ha, registrando un total de 9,46 Hm³ anuales. En lo concerniente al uso pesquero no se registra licencias de uso para dicho tipo de uso en la Cuenca Chira-Piura., en el caso del Sistema Alto Piura Huancabamba no se ha registrado ningún tipo de uso y demanda acuícola y pesquero.

7.4. Uso Energético

En cuanto al uso energético del agua en la cuenca, se tiene a las Centrales Hidroeléctricas de Chalaco, Santo Domingo, Canchaque y Curumuy, siendo la más importante la C.H de Curumuy, que para producir 64.895 MWH de energía eléctrica emplea 639.398 MMC por año, según el Resultado del Primer Monitoreo de la Calidad del Agua de la Cuenca del Río Piura del 19 al 24 de Octubre del 2011 _

7.5. Uso Industrial

En este tipo de uso productivo existe un gran número de licencias de uso, el cual está distribuido a través de los diferentes sistemas de riego en la Cuenca Piura.

a. Uso Industrial Sistema Medio y Bajo Piura

En cuanto al Sistema Medio y Bajo Piura se puede precisar que existe un total de 16 derechos de uso productivo industrial, de las cuales 5 son licencias, cuya fuente en su totalidad es subterránea; 4 permisos de uso, de las cuales sus fuentes son superficial (3), marina (1) y 7 autorizaciones siendo todas estas últimas mencionadas superficiales, ver Cuadro N° 7.5.

Cuadro N° 7.5 Derechos de Uso con Volúmenes Otorgados para Uso Industrial en el Sistema Medio y Bajo Piura.

Derecho	Tipo de Fuente			Total	Volumen Maximo con Derecho de Uso (Hm ³)
	Superficial	Subterránea	Marina		
Licencias	0	5	0	5	0.57
Permisos	3	0	1	4	0.62
Autorizaciones	7	0	0	7	0.04
Total	10	5	1	16	1.23

Fuente : Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos

b. Uso Industrial Sistema Alto Piura

Según información proporcionada por el Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos en el Sistema Alto Piura se registran 5 autorizaciones de uso Industrial en la provincia de Huancabamba, pero estas no son tomadas en cuenta en la cuenca Piura, debido a que están fuera del ámbito de la cuenca hidrográfica, por lo tanto no existe demanda industrial en este ámbito.

7.6. Uso Medicinal

No se tiene ningún registro de uso de agua con fines medicinales dentro de la cuenca del Río Piura.

7.7. Uso Minero

En cuanto al uso minero existen dentro del área en estudio empresas dedicadas a este rubro como por ejemplo la Empresa Minera Misky Mayo la cual cuenta con un derecho formalizado.

7.8. Uso Recreativo

En parte baja y media de la cuenca Piura se cuentan con 03 licencias de uso recreativo registradas, en el caso del sector de Alto Piura Huancabamba no se cuenta con ningún tipo de uso recreativo; de estas licencias, 02 son de uso recreacional para la Federación Departamental de Fútbol de Piura y 01 licencia superficial pertenece a la Municipalidad Distrital de Castilla, la cual tiene como fuente el Canal Biaggio Arbulu y son utilizadas para el regadío de áreas verdes del Distrito de Castilla.

Cuadro N° 7.6 - Resumen de Usos Existentes (Licencias) en la Cuenca Piura

Sistema	Poblacional	Pecuario	Agrícola	Acuicola	Pesquero	Energetico	Industrial	Minero	Recreativo
Medio y Bajo Piura	6	1	79042	1	0	0	16	0	3
Alto Piura	178	0	22630	0	0	0	5	0	0
Sub Total	184	1	101672	1	0	0	21	0	3
Total	101882								

Fuente : Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos

VIII. EROSION Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

8.1. INTRODUCCION

La erosión de los suelos en el Perú se produce en forma permanente por efecto principalmente de las precipitaciones pluviales, dentro de un espacio geográfico que es la cuenca hidrográfica, en dicha área se producen todos los tipos de erosión, laminar, surcos, cárcavas y zanjas; 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.

La naturaleza de una geografía abrupta añadido a agentes externos como los huaycos es un problema más en la tarea de los ingenieros para el diseño de obras civiles, tal como puentes, carreteras, estructuras hidráulicas, defensa ribereña, etc. Por lo tanto se deben tomar las medidas de seguridad contra posibles inundaciones y huaycos provocados por estos desastres naturales.

En nuestro 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 son: colmatación de reservorios; pérdidas de viviendas, obras civiles, zonas de cultivo y sobretodo pérdidas humanas.

En el presente trabajo se efectúa una evaluación de la información disponible sobre erosión y transporte de sedimentos de la Cuenca: Piura.

La cuenca Piura cuenta con un área de 10872.10 km², en donde la mayor producción de sedimentos se encuentra en el ámbito del Alto Piura, aguas arriba de Tambo Grande, el cálculo del transporte de sedimentos tanto suspendidos como de fondo, han sido determinados en 4 puntos diferentes del río Piura que son: Malacasí, Carrasquillo, Ñacara y Tambo Grande, para lo cual se ha realizado muestreo de material de fondo, no se ha realizado muestreo para el análisis de sólidos suspendidos ya que la época en que se realizó el muestreo fue en temporada seca y el río no tenía flujo de agua por lo que este dato será calculado mediante fórmulas empíricas.

Los efectos de la erosión de los sedimentos, son visibles en la cuenca estudiada; sin embargo, no se han efectuado estudios que permitan tener los datos necesarios para elaborar un diagnóstico preciso, y que permita tomar medidas, a fin de atenuar el proceso erosivo y controlar el transporte de sedimentos.

8.2. Proceso de Erosión en la cuenca Piura

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 8.12.

En el caso de las microcuencas del río Piura, 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 v varía con el diámetro desde cerca de 2 hasta 9 m/s. Dado que la energía cinética es proporcional a d^2v^2 , 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 microcuencas se concentra el flujo superficial que ocasiona socavación de los cauces iniciándose de esa 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 4.2).

Figura 8.11
 Transporte Colina Abajo de las Partículas de Suelo por Impacto de la Lluvia

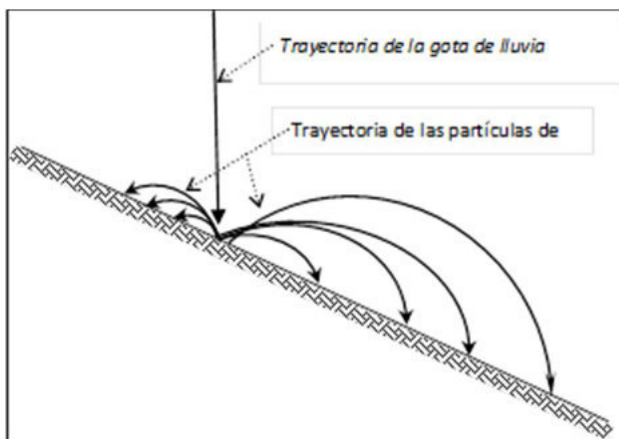
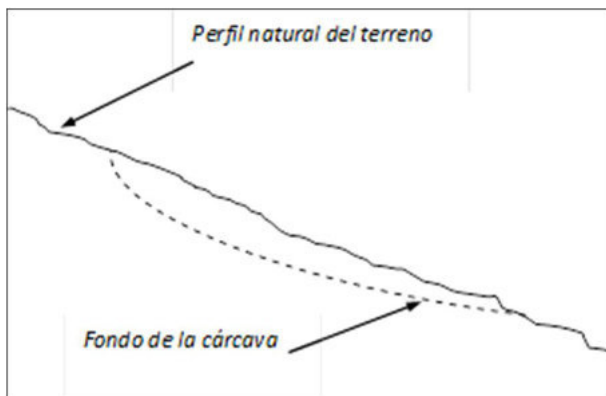


Figura 8.12
 Perfil Típico de Una Cárcava



8.3. Estimación de la Producción de Sedimentos en la cuenca Piura

La producción anual de sedimentos en las microcuencas depende de muchos factores tales como: clima, tipo de suelo, el uso de la tierra, la topografía y la existencia de embalses. Generalmente es difícil obtener datos adecuados para análisis completo de todos los factores. La tasa de producción máxima ocurre para aproximadamente 305 mm (12 pulgadas) de precipitación media anual, dado que en esas condiciones existe poca cobertura vegetal. Con precipitación más intensa, la vegetación prolifera y reduce la erosión, y con lluvias más bajas también ocurre una reducción.

Fleming utilizó datos de más de 250 cuencas alrededor del mundo para obtener la ecuación mostrada y el cuadro 8.4 para la tasa media anual de transporte en suspensión Q_s en toneladas, como una función del caudal medio anual en pies cúbicos por segundo para varios tipos de cobertura vegetal.

$$Q_s = aQ_n$$

Cuadro 8.4
Tasa Media Anual de Transporte Sedimentos en Suspensión

Cobertura vegetal	n	a	
		Para Q_s en toneladas	Para Q_s en toneladas métricas
Variada de hoja ancha y coníferas	1,02	117	106
Floresta conífera y pastos altos	0,82	3,523	3,196
Pastos bajos y arbustos	0,65	19,260	17,472
Desierto y arbustos	0,72	37,730	34,228

Para cuencas sin registros de sedimentos, las relaciones presentadas anteriormente pueden interpretarse como un orden de magnitud del transporte esperado. Si es posible, estos estimativos deben ser comparados con datos de transporte de cuencas similares en la misma región.

8.4. Estimación de los caudales sólidos del río Piura

Para la estimación del caudal sólido del río Piura, se ha determinado primeramente el caudal de sólidos de fondo Q_{SF} y luego el caudal de sólidos suspendidos Q_{SS} , para finalmente obtener el caudal de sólidos totales Q_{ST} que transporta el río a nivel mensual. Cabe mencionar que la cantidad de sólidos que transporta el río ha sido calculado a través de fórmulas empíricas, ya que no se cuenta con un registro de mediciones de sedimentos en campo.

8.4.1. Transporte de sedimentos de fondo

Para la determinación de los sedimentos de fondo existen muchos métodos que se pueden utilizar, pero para este caso se utilizará el método de Meyer Peter y Muller, el cual se describe a continuación.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Método de Meyer Peter y Muller

Las fórmulas de Meyer - Peter y Müller para calcular el arrastre en la capa de fondo, fueron obtenidas a partir de experiencias realizadas de 1932 a 1948 en el Instituto Tecnológico Federal de Zúrich. Un resumen de todas ellas fue presentado en 1948. Los autores mencionados efectuaron cuatro series de pruebas, al final de las cuales propusieron una fórmula para cada una, aunque la última, abarca todos los resultados obtenidos y por tanto, es de carácter general, por lo que es la que se incluye en este texto. García F., M. y Maza A., J. A. (1996).

Dichas pruebas se hicieron con material granular con las siguientes características:

1. Partículas de diámetro uniforme con peso específico de 2680 Kg/m³.
2. Partículas de diámetro uniforme, pero usando en cada prueba, uno de tres materiales con peso específico diferente.
3. Partículas de diferentes tamaños; es decir, granulometrías más o menos graduadas, con peso específico de 2680 Kg/m³.
4. Igual que la 3, pero realizando además pruebas para otros dos materiales con pesos específicos diferentes.

$$\frac{0.047 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}}{\dots}$$

$$2_{27} \cdot 8^{77} \cdot 7^{77} \cdot 2^{\frac{2}{2}} \cdot 2^{\frac{2}{2}} \cdot 2^{\frac{2}{2}} \cdot 2^{\frac{2}{2}} \cdot 2^{\frac{2}{2}} \cdot 2^{\frac{2}{2}} \cdot 2^{\frac{2}{2}} \cdot 2^{\frac{2}{2}} \cdot 0.047^{\frac{2}{2}} \quad (\text{m}^3/\text{s}^{-1} \cdot \text{m})$$

[illegible]

Donde:

G_{bb} = Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en peso

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

S_{bb} = Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en volumen.

D_m = Diámetro medio

g = Aceleración debida a la fuerza de la gravedad

n = Rugosidad debida a las partículas de sedimento en fondo

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

γ = Densidad relativa de las partículas sumergidas

γ_w = Peso específico del agua

γ_s = Peso específico del sedimento

τ = Parámetro de Shields

Rango de datos y límites de aplicación.

	Mínimo		Máximo
Tamaño de las partículas (D y D_m) uniformes y no uniformes en m	0.0004		0.030
Pesos específicos, en kgf/m ³	1250	2680	4200
Pendientes	0.0004		0.020
Tirantes, en m	0.01		1.20
Gestos líquidos, en m ³ /s	0.002		4.00
Sección del canal, en m		2.0 x 2.0	
Longitud del canal, en m		50.00	

8.4.2. Determinación del caudal sólido de fondo

De acuerdo a las formulas mostradas anteriormente, se han realizado los cálculos para determinar los sedimentos de fondo en cada una de las estaciones que se encuentran en el río Piura, obteniéndose lo siguiente:

Cuadro 8.5 Características de las partículas de los sedimentos

Estación	Area A (m ²)	Perímetro P (m)	Radio Hidráulico R (m)	Diámetro Efectivo D* (m)	Pendiente S	Peso Esp. de Sedimento Y _s (kg/m ³)	Peso Esp. Agua Y (kg/m ³)	Densidad de Partículas Δ Sumergidas
Malacasi	0.800	2.800	0.286	0.830	0.005	2690	1000	1.690
Carrasquillo	0.800	2.800	0.286	0.540	0.002	2690	1000	1.690
Ñacara	0.800	2.800	0.286	0.290	0.002	2690	1000	1.690
Tambo Grande	0.800	2.800	0.286	0.300	0.002	2690	1000	1.690

* El diámetro medio o efectivo ha sido establecido de acuerdo a Schoklitsch que recomienda como diámetro representativo de la mezcla el D₄₀ cuando el tamaño de las muestras no es uniforme

Cuadro 8.6 Cálculo del sólido de fondo por estación

Estación	Rugosidad Partículas n'	Rugosidad Manning n	Relación n'/n	Parámetro de Shields τ*	Sólido de Fondo kg/s - m
Malacasi	0.0420	0.05	0.840	1.0184	1.3266
Carrasquillo	0.0498	0.05	0.996	0.6262	0.4792
Ñacara	0.0565	0.05	1.131	1.1659	0.6824
Tambo Grande	0.0547	0.05	1.095	1.1271	0.6311

Los cuadros anteriores muestran el procedimiento para calcular el sólido de fondo en cada estación; como se aprecia en el cuadro 8.6, la mayor cantidad de sólido de fondo generado se encuentra en la estación Malacasi, debido a que recibe mayor porcentaje de caudal líquido que provienen de las quebradas de la parte alta de la cuenca.

En Carrasquillo se observa el menor transporte de sólido de fondo a pesar de que en todo el tramo de río donde se encuentran las estaciones hidrológicas, se tienen características similares, en cuanto a la rugosidad de las partículas, éstas si tienen diferencia ya que en el análisis granulométrico realizado en cada estación, se obtuvieron diferentes resultados (ver Anexo 01: Informe de ensayo de materiales - Análisis Granulométrico).

8.4.3. Cálculo del caudal sólido total en el río Piura

Río Piura - Estación Malacasi

El cuadro 8.7 muestra el caudal sólido de fondo en kg/s - m, determinado para cada mes, y en el gráfico 8.1, la variación mensual del caudal sólido de fondo, cabe señalar que el caudal líquido utilizado para estos cálculos no ha sido considerado el Año Niño.

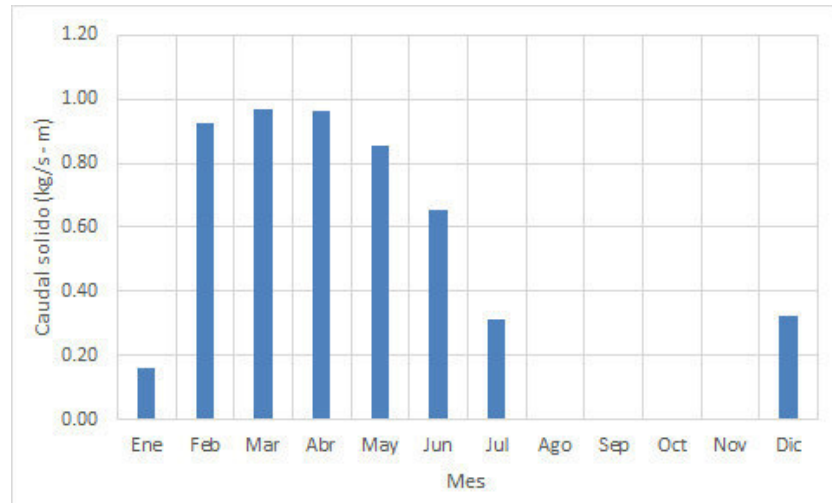
Cuadro 8.7 Caudal sólido de fondo kg/s - m

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.84	0.08	0.03	0.04	0.15	0.34	0.69	1.45	2.55	3.38	4.44	0.68
0.16	0.92	0.97	0.96	0.85	0.66	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Gráfico 8.1 Variación mensual de caudal sólido de fondo



Luego de obtener el caudal sólido de fondo, se calcula el caudal sólido suspendido, la relación dada para este caso es la siguiente:

$$Q_{ST} = 0.2Q_{SF} + 0.8Q_{SS}$$

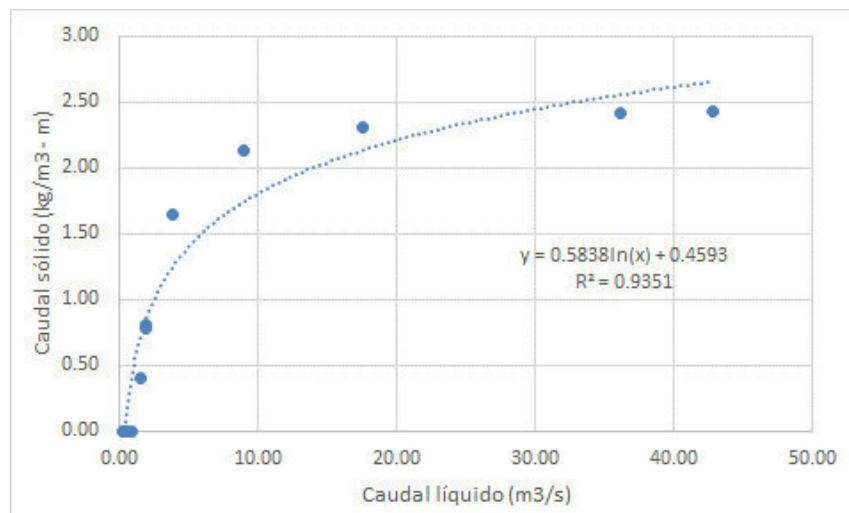
Cuadro 8.8 Calculo del caudal sólido total

G sólido	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q_{SF}	0.08	0.46	0.48	0.48	0.43	0.33	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Q_{SS}	0.32	1.85	1.94	1.93	1.70	1.31	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65
Q_{ST}	0.40	2.31	2.42	2.41	2.13	1.64	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81

Q_{SF} : Caudal sólido de fondo
 Q_{SS} : Caudal sólido suspendido
 Q_{ST} : Caudal sólido total

Finalmente se realiza una gráfica entre el caudal sólido y el caudal líquido con el fin de ver el grado de correlación de estos datos.

Gráfico 8.2 Correlación entre caudal sólido y caudal líquido



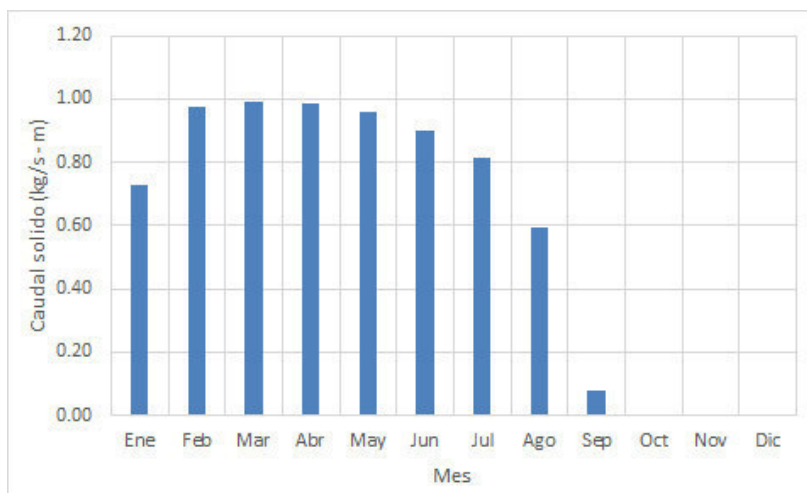
Rio Piura - Estación Carrasquillo

El cuadro 8.9 muestra el caudal sólido de fondo en $\text{kg/s} \cdot \text{m}$, determinado para cada mes, y en el gráfico 8.3, la variación mensual del caudal sólido de fondo, cabe señalar que el caudal líquido utilizado para estos cálculos no ha sido considerado el Año Niño.

Cuadro 8.9 Caudal sólido de fondo $\text{kg/s} \cdot \text{m}$

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.27	0.02	0.01	0.01	0.04	0.10	0.18	0.41	0.92	1.48	2.35	1.65
0.73	0.98	0.99	0.99	0.96	0.90	0.82	0.59	0.08	0.00	0.00	0.00

Gráfico 8.3 Variación mensual de caudal solido de fondo



Luego de obtener el caudal solido de fondo, se calcula el caudal solido suspendido, la relación dada para este caso es la siguiente:

$$Q_{ST} = 0.2Q_{SF} + 0.8Q_{SS}$$

Cuadro 8.10 Calculo del caudal sólido total

G solido	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q_{SF}	0.37	0.49	0.50	0.49	0.48	0.45	0.41	0.30	0.04	0.00	0.00	0.00
Q_{SS}	1.46	1.95	1.98	1.98	1.92	1.80	1.63	1.19	0.15	0.00	0.00	0.00
Q_{ST}	1.83	2.44	2.48	2.47	2.40	2.26	2.04	1.48	0.19	0.00	0.00	0.00

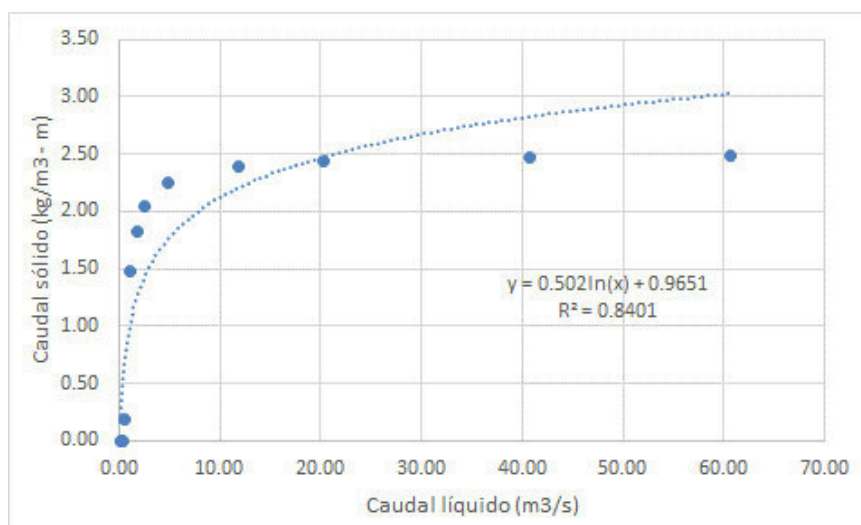
Q_{SF} : Caudal sólido de fondo

Q_{SS} : Caudal sólido suspendido

Q_{ST} : Caudal solido total

Finalmente se realiza una gráfica entre el caudal sólido y el caudal líquido con el fin de ver el grado de correlación de estos datos.

Gráfico 8.4 Correlación entre caudal sólido y caudal líquido



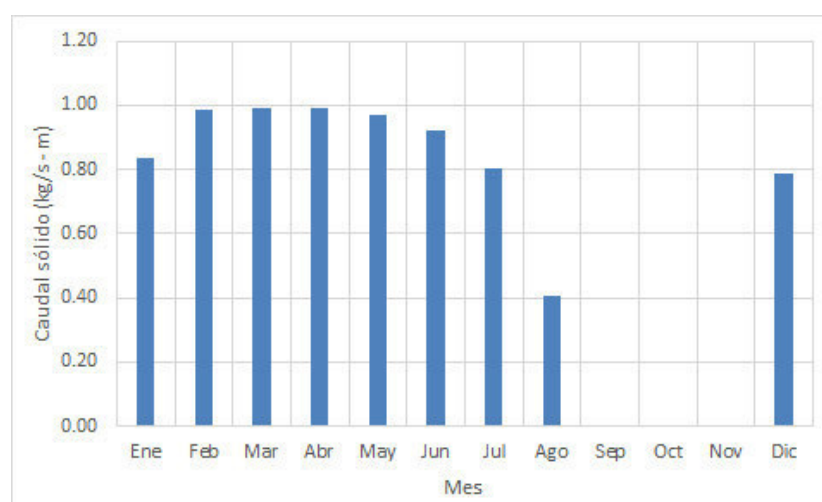
Rio Piura - Estación Ñacara

El cuadro 8.11 muestra el caudal sólido de fondo en kg/s - m, determinado para cada mes, y en el gráfico 8.5, la variación mensual del caudal sólido de fondo, cabe señalar que el caudal líquido utilizado para estos cálculos no ha sido considerado el Año Niño.

Cuadro 8.11 Caudal sólido de fondo kg/s - m

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.17	0.01	0.01	0.01	0.03	0.08	0.20	0.59	1.50	4.56	8.94	0.21
0.83	0.99	0.99	0.99	0.97	0.92	0.80	0.41	0.00	0.00	0.00	0.79

Gráfico 8.5 Variación mensual de caudal solido de fondo



Luego de obtener el caudal sólido de fondo, se calcula el caudal sólido suspendido, la relación dada para este caso es la siguiente:

$$Q_{ST} = 0.2Q_{SF} + 0.8Q_{SS}$$

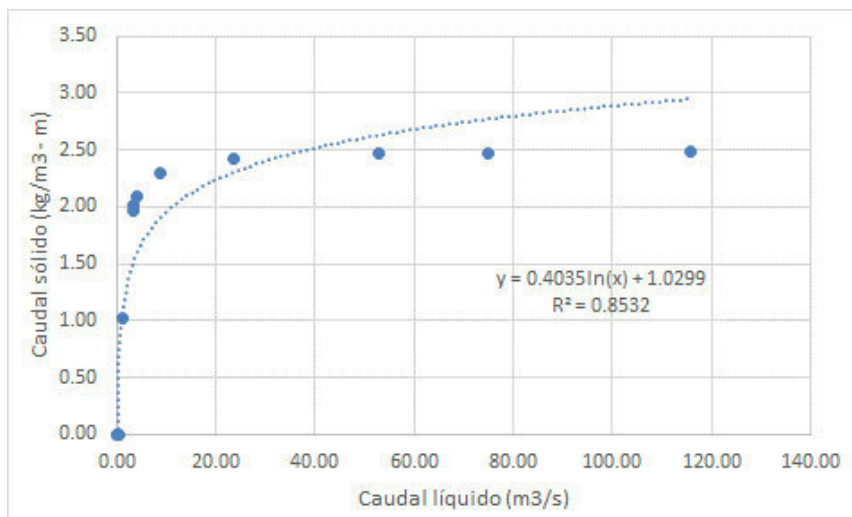
Cuadro 8.12 Cálculo del caudal sólido total

G sólido	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q_{SF}	0.42	0.49	0.50	0.50	0.49	0.46	0.40	0.20	0.00	0.00	0.00	0.39
Q_{SS}	1.67	1.97	1.99	1.98	1.94	1.84	1.61	0.82	0.00	0.00	0.00	1.58
Q_{ST}	2.09	2.47	2.49	2.48	2.43	2.30	2.01	1.02	0.00	0.00	0.00	1.97

Q_{SF} : Caudal sólido de fondo
 Q_{SS} : Caudal sólido suspendido
 Q_{ST} : Caudal sólido total

Finalmente se realiza una gráfica entre el caudal sólido y el caudal líquido con el fin de ver el grado de correlación de estos datos.

Gráfico 8.6 Correlación entre caudal sólido y caudal líquido



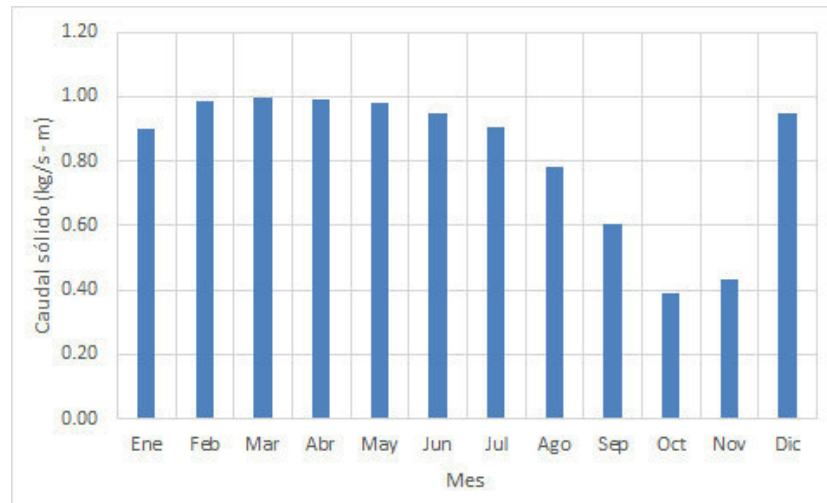
Rio Piura - Estación Tambo Grande

El cuadro 8.13 muestra el caudal sólido de fondo en $\text{kg/s} \cdot \text{m}$, determinado para cada mes, y en el gráfico 8.7, la variación mensual del caudal sólido de fondo, cabe señalar que el caudal líquido utilizado para estos cálculos no ha sido considerado el Año Niño.

Cuadro 8.13 Caudal sólido de fondo $\text{kg/s} \cdot \text{m}$

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.10	0.01	0.00	0.01	0.02	0.05	0.09	0.22	0.40	0.61	0.57	0.05
0.90	0.99	1.00	0.99	0.98	0.95	0.91	0.78	0.60	0.39	0.43	0.95

Gráfico 8.7 Variación mensual de caudal sólido de fondo



Luego de obtener el caudal sólido de fondo, se calcula el caudal sólido suspendido, la relación dada para este caso es la siguiente:

$$Q_{ST} = 0.2Q_{SF} + 0.8Q_{SS}$$

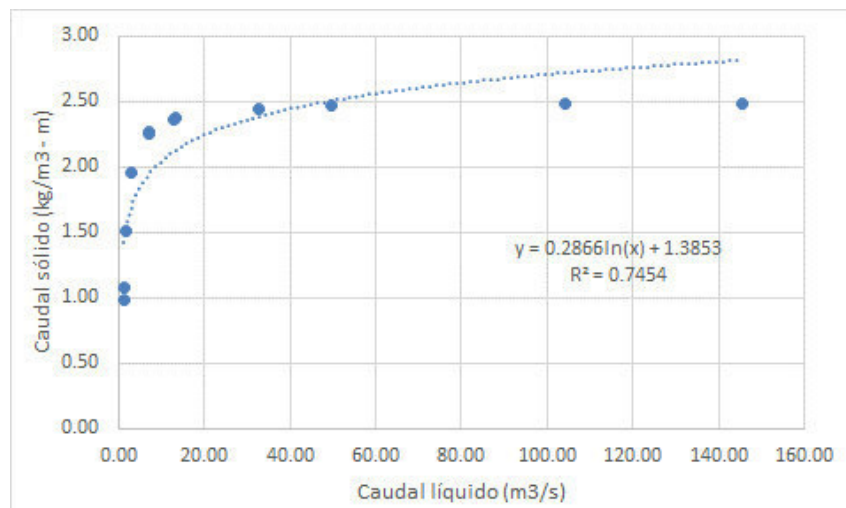
Cuadro 8.14 Cálculo del caudal sólido total kg/s - m

G sólido	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q_{SF}	0.45	0.49	0.50	0.50	0.49	0.47	0.45	0.39	0.30	0.20	0.22	0.47
Q_{SS}	1.80	1.97	1.99	1.99	1.96	1.90	1.81	1.56	1.21	0.78	0.86	1.89
Q_{ST}	2.25	2.47	2.49	2.48	2.45	2.37	2.26	1.95	1.51	0.98	1.08	2.37

Q_{SF} : Caudal sólido de fondo
 Q_{SS} : Caudal sólido suspendido
 Q_{ST} : Caudal sólido total

Finalmente se realiza una gráfica entre el caudal sólido y el caudal líquido con el fin de ver el grado de correlación de estos datos.

Gráfico 8.8 Correlación entre caudal sólido y caudal líquido



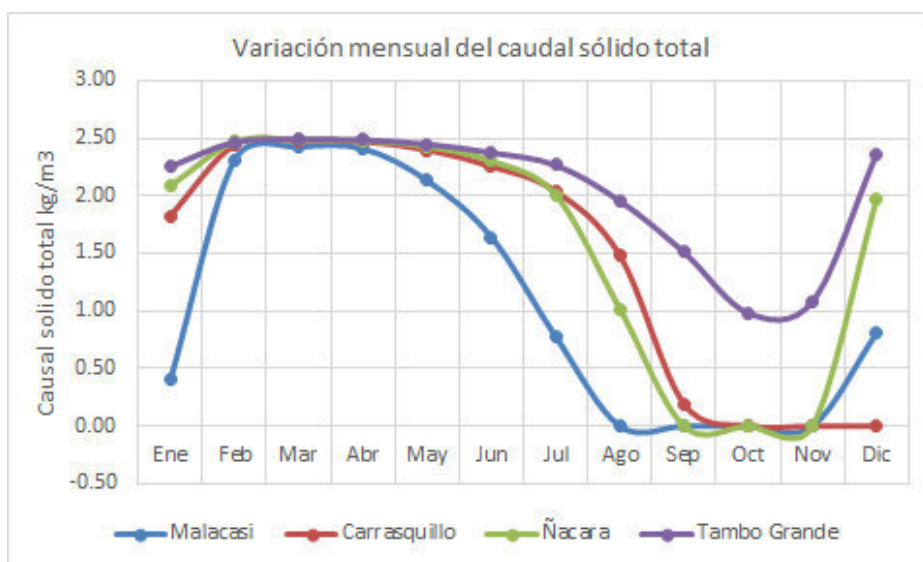
En el cuadro 8.15, se muestra un resumen de los caudales sólidos totales que transporta el río Piura, en cada una de las estaciones de medición de caudales.

Los caudales sólidos aquí mostrados han sido calculados para caudales medios mensuales en año normal, sin considerar los años Niño.

Cuadro 8.15
Resumen de caudales sólidos totales por estación (kg/m³)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Malacasi	0.40	2.31	2.42	2.41	2.13	1.64	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	12.90
Carrasquillo	1.83	2.44	2.48	2.47	2.40	2.26	2.04	1.48	0.19	0.00	0.00	0.00	17.59
Ñacara	2.09	2.47	2.49	2.48	2.43	2.30	2.01	1.02	0.00	0.00	0.00	1.97	19.24
Tambo Grande	2.25	2.47	2.49	2.48	2.45	2.37	2.26	1.95	1.51	0.98	1.08	2.37	24.67

Gráfico 8.9 Caudal sólido total



IX. ESCENARIOS DE APROVECHAMIENTO HIDRICO SUPERFICIAL

9.1. OFERTA HIDRICA CON ESCENARIO 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 propone el análisis con dos hipótesis de cambio climático; MPI - ESM - MR - RCP8.5 y CANESM2 - RCP8.5, ambos de máximo impacto en la oferta hídrica natural y con un nivel alto de emisión de Gases de Efecto Invernadero.

La cuenca seleccionada es el área colectora de la estación hidrométrica Barrios, en el río Bigote, ubicada en la parte alta y por lo mismo representativa de la cuenca húmeda de Piura. Los caudales del modelo en la estación Barrios fueron



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

previamente naturalizados para efectuar el análisis. Una vez generadas las descargas naturales utilizando un modelo de cambio climático, se contrastan las dos hipótesis de oferta en situación futura para analizar la influencia del cambio climático en la variación de la oferta hídrica en los próximos 50 años. Los resultados se muestran en los cuadros y figuras siguientes.

Figura 9.1 Precipitación anual histórica y simulada con el modelo MPI - ESM-MR - RPC8.5.

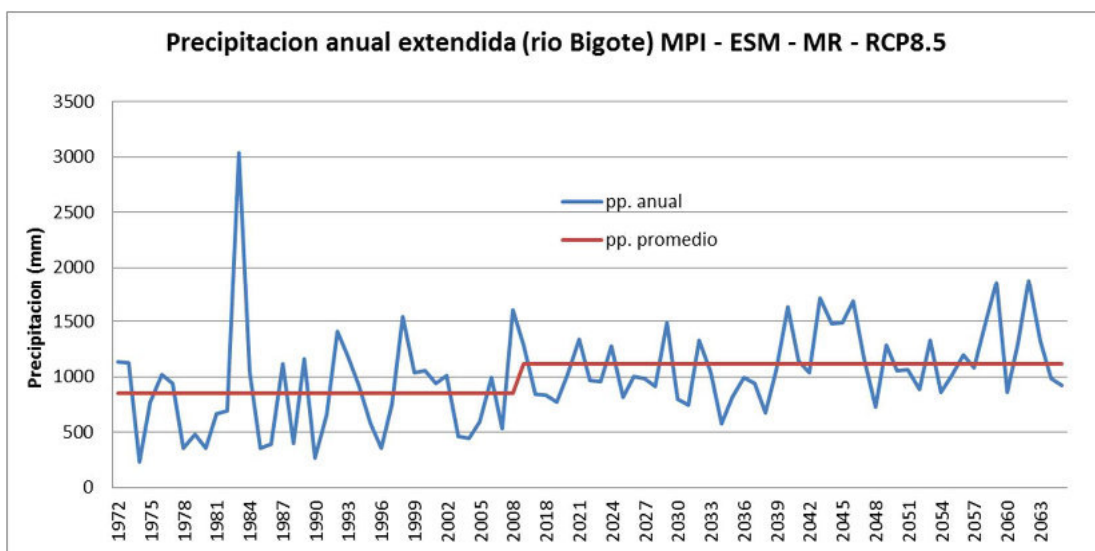


Figura 9.2 Volúmenes anuales de la oferta hídrica histórica y la simulada con el modelo MPI - ESM-MR - RPC8.5.

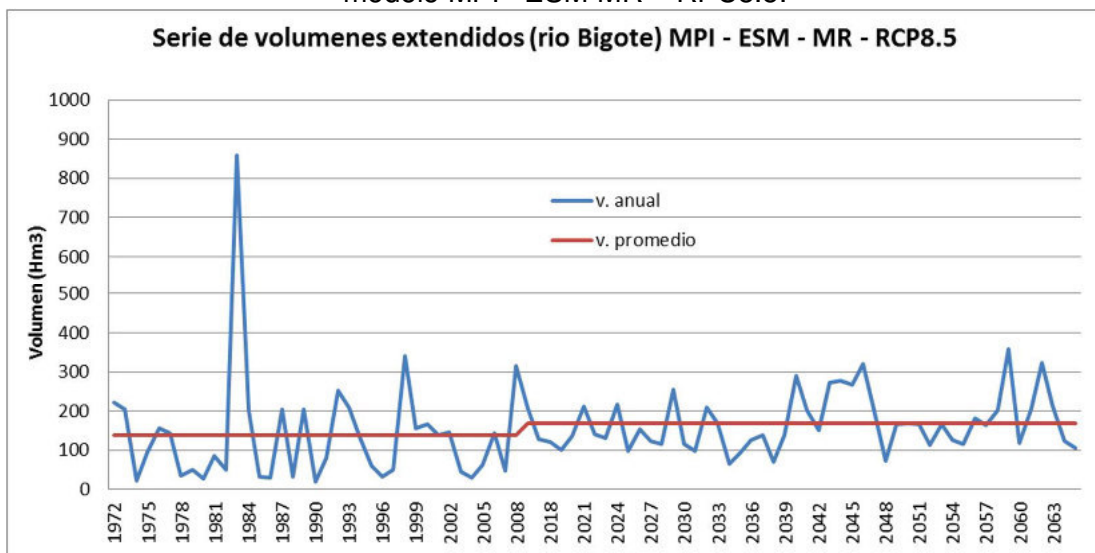


Figura 9.3 Precipitación anual histórica y simulada con el modelo CANESM2 - RPC8.5.

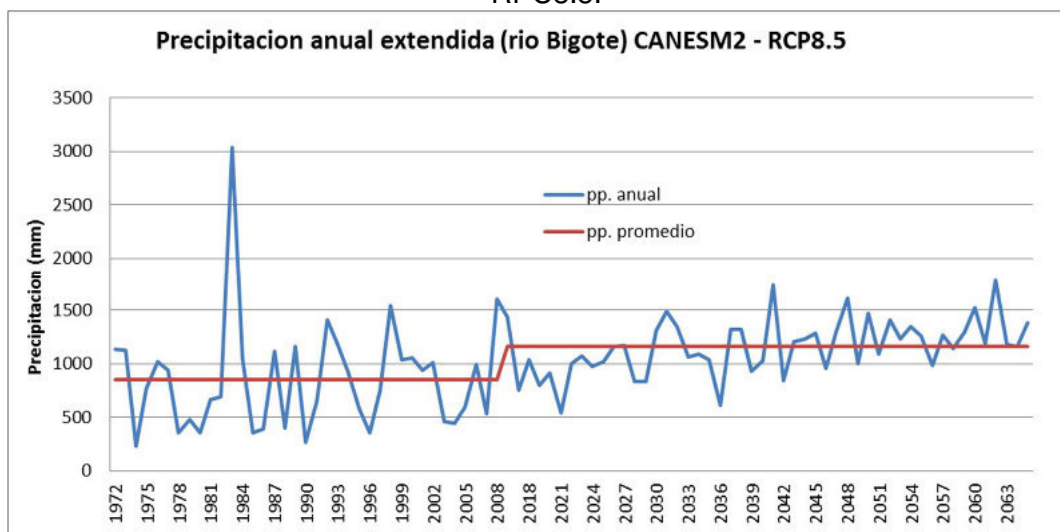
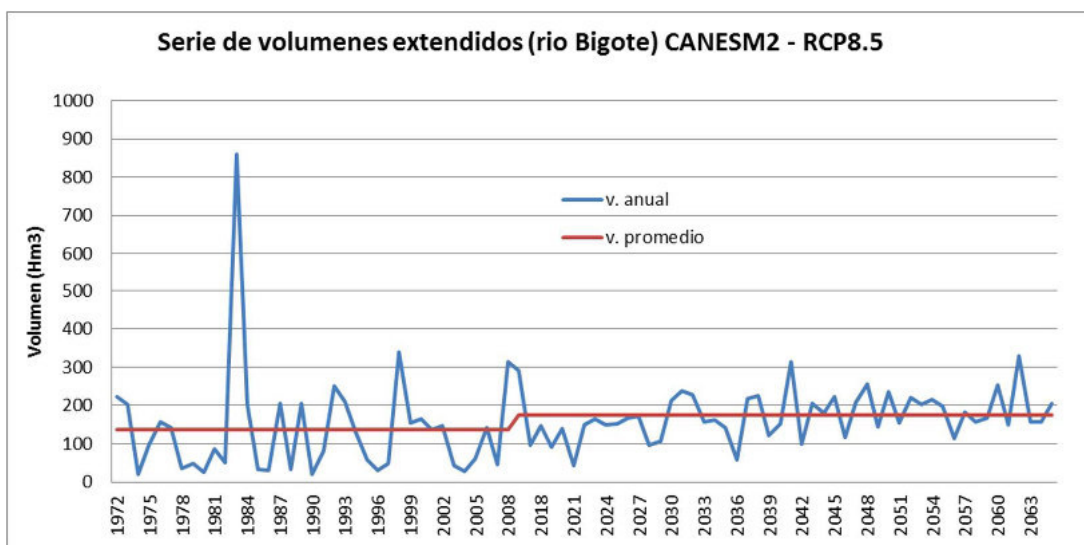


Figura 9.4 Volúmenes anuales de la oferta hídrica histórica y la simulada con el modelo CANESM2 - RPC8.5.



Los resultados de estos análisis indican que ambos escenarios futuros prevén un incremento de la oferta hídrica en la cuenca alta de Piura, sin embargo, este escenario hipotético no es tan claro en los periodos húmedos (enero-abril), en el cual los volúmenes mensuales simulados en algunos casos son inferiores a los históricos, lo cual da entender que altas precipitaciones en algunos meses compensan los periodos con bajas precipitaciones en la temporada húmeda.

9.2. DEMANDA HIDRICA EN LA CUENCA ALTA DE PIURA

Las demandas hídricas previstas en los planes de desarrollo de la cuenca alta de Piura varían muy poco respecto a las actuales. Actualmente y a futuro se están incorporando Proyectos de Inversión Pública - PIP, para el aumento de la eficiencia


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

de riego para uso agrícola a través de la construcción y mejoramiento de infraestructura hidráulica y asistencia técnica en sistemas de riego a presión.

El incremento de la demanda hídrica, debido a la puesta en servicio de los componentes del Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético Alto Piura - PEIHAP, serán atendidas con la oferta hídrica de trasvase. Las inversiones del PEIHAP contempla obras de trasvase y conducción, incorporación de 19,000 ha para uso agrícola, construcción de 10 reservorios en los ríos tributarios en la cuenca alta de Piura e incremento de las reservas explotables del acuífero.

Cuadro N°9.3. Demanda total promedio anual en el período 2007-2011, para los sectores agrario poblacional, industrial, acuícola y energético (Hm3)

SISTEMA	DEMANDA MULTISECTORIAL (Hm3)					
	POBLACIONAL	PRODUCTIVO			TOTAL	ENERGÉTICO
		AGRARIO	INDUSTRIAL	ACUÍCOLA	(Consuntivo)	(No consuntivo)
Chira	30.94	905.83	2.33	154.37	1093.58	2237
San Lorenzo	0.84	364.6	0	0	365.44	87.56
MyB Piura	38.16	584.79	0	9.47	632.42	722.12
Alto Piura	5.01	346.65	0	0	351.66	14.2
TOTAL	74.95	2201.87	2.33	163.84	2443	3060.88

Fuente: Plan de Gestión de los recursos hídricos de la cuenca Chira-Piura.

9.3. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA

De acuerdo al cuadro de demandas multisectoriales, la infraestructura actual y futura que se planea construir en la cuenca alta de Piura comprende dos sectores; agrícola y poblacional, no se cuenta con información referente a otros usos como acuícola, industrial, minero, pecuario, etc.

Infraestructura Hidráulica para Uso Agrícola

Las obras de infraestructura, que se vienen ejecutando a través de los Proyectos de Inversión Pública, 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 parte alta de la cuenca Piura y para el periodo 2005-2015 se tiene identificado 145 PIP de los cuales 86 proyectos son de Infraestructura de Riego, 5 corresponden a Riego Tecnificado y 54 proyectos son de Irrigación. Asimismo se contabilizaron 56 proyectos viables que se vienen ejecutando, y 89 proyectos aptos para ser ejecutados en un escenario futuro, tal como se muestra en el cuadro N°9.4.


Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

Cuadro N°9.4. Proyectos de Inversión Pública en el período 2005-2015, para el sector agrícola en la cuenca alta de Piura

PROGRAMA	SUBPROGRAMA	NIVEL	SITUACION	PROYECTOS				
				NUMERO	CONCLUIDO	EN EJECUCIÓN	POR INICIAR 2015	SIN EJECUCIÓN
RIEGO	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	PERFIL	EN EVALUACION	5				5,778,662
	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	PERFIL	EN FORMULACION	11				24,011,974
	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	PERFIL	VIABLE	69	29,245,843	7,352,777	5,123,953	54,200,798
	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	PRE-FACTIBILIDAD	EN FORMULACION	1				8,839,630
	RIEGO TECNIFICADO	PERFIL	EN FORMULACION	1				108,434
	RIEGO TECNIFICADO	PERFIL	VIABLE	4	226,571			1,215,746
PROMOCION DE LA PRODUCCION AGRARIA	IRRIGACION	FACTIBILIDAD	VIABLE	2	22,372,800	2,227,746,000		
	IRRIGACION	PERFIL	EN EVALUACION	1	3,341,324			
	IRRIGACION	PERFIL	EN FORMULACION	2				5,046,104
	IRRIGACION	PERFIL	VIABLE	49	18,257,545			16,100,779
				145	47	6	3	89
			TOTAL		S/. 73,444,084	S/. 2,235,098,777	S/. 5,123,953	S/. 115,302,127

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, periodo 2005-2015

Nota: algunos proyectos viables pueden estar inactivos o sin ejecución

El proyecto de infraestructura hidráulica más relevante es el Mejoramiento de Riego y Generación Hidroenergética del Alto Piura, con código SNIP 32861 en el subprograma Irrigación, con un monto de inversión de S/. 2,227,746,000 y que actualmente se encuentra en plena ejecución.

Infraestructura para Uso Poblacional

Las obras de infraestructura que se vienen ejecutando a través de los Proyectos de Inversión Pública - PIP 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 parte alta de la cuenca Piura y para el periodo 2005-2015 se tiene identificado 232 PIP de los cuales 31 proyectos son de Saneamiento Urbano, 97 corresponden a Saneamiento Rural y 104 proyectos son de Saneamiento General. Asimismo se contabilizaron 105 proyectos viables que se vienen ejecutando, y 127 proyectos disponibles para ser ejecutados 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 alta de Piura

PROGRAMA	SUBPROGRAMA	NIVEL	SITUACION	PROYECTOS				
				NUMERO	CONCLUIDO	EN EJECUCIÓN	POR INICIAR 2015	SIN EJECUCIÓN
SANEAMIENTO	SANEAMIENTO URBANO	FACTIBILIDAD	EN FORMULACION	2				41,117,887
	SANEAMIENTO URBANO	PERFIL	EN FORMULACION	3				4,351,685
	SANEAMIENTO URBANO	PERFIL	VIABLE	25	4,064,711	7,901,750		26,440,106
	SANEAMIENTO URBANO	PRE-FACTIBILIDAD	EN FORMULACION	1				8,312,957
	SANEAMIENTO RURAL	FACTIBILIDAD	EN FORMULACION	1				13,986,685
	SANEAMIENTO RURAL	PERFIL	EN EVALUACION	5				14,714,263
	SANEAMIENTO RURAL	PERFIL	EN FORMULACION	12				31,912,229
	SANEAMIENTO RURAL	PERFIL	VIABLE	77	67,886,990	22,022,843	22,082,379	70,450,552
	SANEAMIENTO RURAL	PRE-FACTIBILIDAD	VIABLE	2	15,024,269			
	SANEAMIENTO GENERAL	PERFIL	EN EVALUACION	4				396,525
	SANEAMIENTO GENERAL	PERFIL	EN FORMULACION	3				2,314,149
	SANEAMIENTO GENERAL	PERFIL	VIABLE	94	43,964,832	23,787,350	8,906,524	23,775,883
	SANEAMIENTO GENERAL	PRE-FACTIBILIDAD	VIABLE	3	16,236,620	11,376,227		
				232	70	24	11	127
			TOTAL		S/. 147,177,422	S/. 65,088,171	S/. 30,988,903	S/. 237,772,921

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, periodo 2005-2015

Nota: algunos proyectos viables pueden estar inactivos o sin ejecución

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La cuenca del río Piura, se encuentra ubicada en la Unidad Hidrográfica Cuenca Piura, en la vertiente del Pacífico, políticamente comprende a cinco provincias del Departamento de Piura, el área de drenaje total es de 10,872 Km². Los recursos hídricos en el ámbito territorial de la cuenca del río Piura son gestionados, principalmente por la ALA Alto Piura Huancabamba y la ALA Medio Bajo Piura, bajo la dirección de la Autoridad Administrativa del Agua - AAA Jequetepeque-Zarumilla.
- Para las unidades hidrográficas; Alto Piura, Medio Alto Piura, Unidad hidrográfica 13784, Medio Piura Bigote, Corrales, Medio Bajo Piura y San Francisco, 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 Piura, se han identificado trece (13) zonas de vida y que corresponden a Desierto desecado - Premontano Tropical, Desierto superárido - Tropical, Desierto superárido - Premontano Tropical, Matorral desértico - Tropical, Desierto perárido - Premontano Tropical, Monte espinoso - Tropical, Matorral desértico - Premontano Tropical, Matorral desértico - Premontano Tropical / matorral desértico - Tropical, Monte espinoso - Premontano 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 Piura y sus afluentes principales, se caracterizaron 65 familias botánicas representativas, que incluyen 146 especies vegetales de las cuales las especies más representativas en la parte media de los afluentes, corresponden al bosque temporal de hojas anchas, donde se encontraron especies como `algarrobo_ (Prosopis pallida), `overo_ (Cordia lutea), `aique_ (Acacia macracantha), `sapote_ (Capparis scabrida), `charan_ (Caesalpinia sp.) y `cardos_ (Armatocereus oligogonus) y (Browningia microsperma), a medida que va aumentando la altura, hasta los 1000 msnm, encontramos especies de `pasallos_ (Eriotheca ruizii) y (Eriotheca discolor), `ceibos_ (Ceiba trischistrandra), entre los más representativos.
- También se caracterizaron 20 familias representativas para la fauna de los afluentes principales del río Piura, que incluyen 18 especies de aves, 3 especies de mamíferos, 2 especies de reptiles, y 1 especie de anfibio. En la parte baja de la cuenca se observaron aves como el `gallinazo de cabeza negra_ (Coragyps atratus), `soña o chisco_ (Mimus longicaudatus) y el `chilalo_ (Furnarius leucopus), en la ribera de los ríos aves migratorias como la `garza_ (Ardea alba) y `garza real_ (Ardea cinerea), también especies de reptiles como la `lagartija_ (Microlophus occipitalis) y el `pacaso_ (Callosispistes flavipunctatus), mamíferos como el `zorro costero_ (Pseudolopex sechurae) y la `ardilla_ (Sciurus stramineus) además de un anfibio el `sapo marcelo_ (Physalaemus sp.). Por registro de los pobladores, se considera la existencia de `culebras o macanches_, `puma o león_, `oso hormiguero_, `tigrillo_, `armadillo_ y `pavas silvestres_ en las zonas altas y más alejadas.
- Respecto a la climatología de la cuenca Piura, se analizaron las variables meteorológicas; temperatura media con valores en el rango de 18.0° y 25.3°C, temperatura mínima en el rango de 14.6 ° y 19.3°C, temperatura máxima en el rango de 22.0 ° y 32.3°C, la variación de la temperatura en función de la altitud nos muestra un gradiente de -3.1 °C por cada mil metros. La Humedad relativa muestra valores en el rango de 65.3% y 88.5%, la velocidad de viento desde 3.1 m/s hasta 3.6 m/s y la evaporación anual varía desde 1,169 mm hasta 1,712 mm.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

- La caracterización de la precipitación en la cuenca Piura, se realizó en función de las estaciones pluviométricas: Tejedores, Chulucanas, Miraflores, Chusis, Virrey, Barrios, Canchaque, Chalaco, Chignia, Huarmaca, Morropón y Frias. Los registros pluviométricos utilizados fueron tratados estadísticamente, completados y extendidos, para obtener información uniforme a emplearse en el análisis hidrológico, las precipitaciones varía desde 63.0 mm/año en la parte baja hasta más de 1000 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 313 mm por cada mil metros de altitud.
- Respecto a la hidrometría en la cuenca del río Piura, fueron identificadas once estaciones con registro histórico (nueve de ellas monitoreadas por el proyecto Especial Chira Piura - PECHP y las otras dos monitoreadas por el SENAMHI), sin embargo actualmente varias estaciones están inoperativas ya que algunas de estas estaciones colapsaron por fuertes avenidas. Los resultados del análisis de consistencia y homogeneidad indican que la información hidrométrica es consistente y factible de ser utilizadas para la modelación hidrológica.
- La modelación hidrológica para generación de caudales, se realizó usando la plataforma del Sistema para Evaluación y Planeación del Agua (WEAP). A fin de calibrar y validar el modelo hidrológico se utilizaron las series de descargas mensuales en 10 estaciones hidrométricas ubicadas en la cuenca. La precisión del modelo fue medida con la ecuación de Nash-Sutcliffe y los resultados arrojan eficiencias entre 70% y 87%, lo cuales son considerados como muy buenos y excelentes.
- En cuanto a las disponibilidades hídricas superficiales naturales, el caudal medio mensual para el río Piura en Tambo Grande varía entre 5.18 m³/s en el mes de noviembre y un máximo de 181.62 m³/s en el mes de marzo, con una media plurianual de 47.75 m³/s lo que representa un volumen de 582,37 Hm³/año.
- Con el modelo hidrológico WEAP se simuló caudales en las estaciones hidrométricas y luego por regionalización se generaron descargas en los siguientes afluentes: Chignia, Chalpa, Pata, Pusmalca, Canchaque-Huarmaca, Bigote, Chalaco, Corrales, Gallegas, Quebrada Las Damas, Charanal, Yapatera, Río Seco, Sancor y San Francisco, todas ubicadas aguas arriba de la estación hidrométrica Tambo Grande.
- Se estimó el caudal máximo del río Piura, en Tambo Grande, mediante la Distribución Extremo Tipo I - Gumbel 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: 2614, 3080 y 3545 m³/s respectivamente.
- Respecto al análisis de sequías en la cuenca Piura 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 1968/1969, 1981/1982 y el periodo 1990/1991 donde se registraron sequías de categoría severamente seco y extremadamente seco; también se aprecia un alto porcentaje de años normales y años moderados, lo cual indica que la cuenca Piura presenta generalmente condiciones normales/moderadas para el periodo de análisis (1964-2009).
- El Inventario de fuentes naturales de agua superficial en la cuenca del río Piura, ha permitido elaborar una base cartográfica digital en un sistema de información geográfica con el registro de 2477 fuentes hídricas que comprenden ríos, lagunas y manantiales.
- La demanda hídrica total promedio anual, en el periodo 2007-2011 y para la cuenca alta de Piura, asciende a 351.66 Hm³, de los cuales 5.01 Hm³ corresponde al uso poblacional.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

-
- Se realizó el balance hídrico global para la cuenca alta de Piura, en el cual se puede apreciar que la demanda agrícola mensual de la cuenca, solo puede ser atendida en los meses de enero, febrero, marzo y abril que coinciden con la época de lluvias, presentando en los demás meses déficits, el porcentaje de cobertura de la demanda agrícola está en el rango de 75%, siendo junio el mes más deficitario, por otro lado se observa que de febrero a abril se tiene un importante excedente del recurso hídrico superficial.
- La Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla ha realizado monitoreos de calidad de agua desde el año 2011 en el ámbito de la cuenca del río Piura. Las aguas superficiales, se ven afectadas por los vertimientos de aguas residuales domésticas, que sin tratamiento o con tratamiento deficiente son vertidas al río Piura, estas aguas adicionalmente reciben desechos sólidos y líquidos de las diversas actividades (poblacional, industrial y agrícola) de las ciudades Castilla, Catacaos, Chulucanas y Morropón que afectan la calidad del agua del río Piura.
- Respecto a los sedimentos, se realizaron muestreos en el cauce del río Piura con el objetivo de estimar el caudal sólido total anual del río Piura, en los sectores de; Tambo Grande, Ñacara, Carrasquillo y Malacasi.
- Se evaluó la oferta hídrica en situación futura para analizar la influencia del cambio climático en la variación de la oferta hídrica en los próximos 50 años. Los resultados indican que los escenarios futuros prevén un incremento de la oferta hídrica en la cuenca alta de Piura.
- Las demandas hídricas previstas en los planes de desarrollo de la cuenca alta de Piura varían muy poco respecto a las actuales. El incremento de la demanda hídrica, debido a la puesta en servicio de los componentes del Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético Alto Piura - PEIHAP, serán atendidas con la oferta hídrica de trasvase.
- Actualmente y a futuro se están incorporando Proyectos de Inversión Pública, 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 Piura y para el periodo 2005-2015 se tiene identificado 145 PIP, de los cuales 56 son proyectos viables que se vienen ejecutando, y 89 son proyectos aptos para ser ejecutados en un escenario futuro. Asimismo el proyecto de infraestructura hidráulica más relevante es el Mejoramiento de Riego y Generación Hidroenergético del Alto Piura, con un monto de inversión de S/. 2,227 746,000 y que actualmente se encuentra en plena ejecución.
- 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 Piura y para el periodo 2005-2015, se tiene identificado 232 Proyectos de Inversión Pública, de los cuales 105 son proyectos viables en plena ejecución, y 127 son proyectos disponibles para ser ejecutados en un escenario futuro.
- Se recomienda continuar con la implementación de la red hidrométrica en la cuenca alta de Piura, que viene realizando el Proyecto de Modernización de la Gestión los Recursos Hídricos (PMGRH) en las cuencas Chira y Piura a través de un programa para el control de la red Meteorológica y la red Hidrométrica.



Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413

- Respecto a la calidad de aguas se recomienda continuar con el monitoreo y priorizar los Proyectos de Inversión Pública orientados al tratamiento de aguas residuales en los centros urbanos y rurales que vierten sus efluentes al río Piura 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 que se recomienda que se prioricen los 89 proyectos viables orientados al sector agrario y aptos para ser ejecutados en la cuenca alta de Piura.
- Los impactos del cambio climático afectarán la disponibilidad del agua, por lo que se recomienda realizar estudios detallados de la variación de la oferta hídrica bajo escenarios de cambio climático.

Ing. Petrov Neil Arias Vásquez
CIP N° 97413



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 SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RIO PIURA (VALLE MEDIO Y BAJO PIURA) ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO



TOMO II

Piura, Octubre 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. Juan C. Sevilla Gildemeister	<i>Jefe de la Autoridad Nacional del Agua</i>
Ing. Wilfredo Echevarría Suarez	<i>Director de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos</i>
Ing. Gastón Pantoja Tapia	<i>Coordinador del Área de Recursos Hídricos Superficiales</i>
Ing. Marco David Castillo Mimbela	<i>Director de la Autoridad Administrativa del Agua JZ</i>

PERSONAL EJECUTOR

Ing. Cesar Huayhua Calapuja	<i>Responsable del Estudio Hidrogeológico</i>
Ing. Walter Moscoso Díaz	<i>Responsable del Inventario de Fuentes de Agua Subterránea</i>
Ing. Arturo Velazco Álvarez	<i>Sistema de Información Geográfica (SIG)</i>

PERSONAL SUPERVISOR

Ing. Marko Castañeda Zavaleta	<i>Profesional DCPRH</i>
Ing. Elvis Risco Olivera	<i>Profesional DCPRH</i>
Ing. Gastón Pantoja Tapia	<i>Profesional DCPRH</i>
Ing. Cesar Augusto López Córdova	<i>Subdirector SDCPRH – AAA JZ</i>
Ing. Juan Gómez Murillo	<i>Administrador de la ALA-BP</i>

AAA Jequetepeque-Zarumilla
Piura – Perú

INDICE DEL TOM O II

CAPÍTULO 1	- 7 -
1. Introducción	- 8 -
1.1 Resumen	- 8 -
1.2 Ubicación	- 8 -
1.3 Objetivos	- 9 -
1.3.1 Objetivo General	- 9 -
1.3.2 Objetivos Específicos	- 10 -
CAPÍTULO 2	- 11 -
2. Estudios Realizados	- 12 -
CAPÍTULO 3	- 13 -
3. Características Generales del Area de Estudio	- 14 -
3.1 Ámbito de Estudio	- 14 -
3.2 Vías de Comunicación	- 14 -
3.3 Demografía	- 14 -
3.3.1 Población del Valle	- 14 -
3.3.2 Población Económicamente Activa	- 15 -
3.3.3 Recursos Agropecuarios	- 15 -
CAPÍTULO 4	- 17 -
4. Hidrología	- 18 -
4.1 Ubicación y Superficie	- 18 -
4.2 Parámetros Geomorfológicos	- 19 -
4.2.1 Área (A)	- 19 -
4.2.2 Perímetro (P)	- 19 -
4.2.3 Longitud del Cauce Principal	- 19 -
4.2.4 Pendiente Media del Cauce Principal	- 19 -
4.2.5 Coeficiente de compacidad (Kc)	- 20 -
4.2.6 Factor de forma (Kf)	- 21 -
4.3 Parámetros de Relieve de la cuenca	- 21 -

4.3.1	Relieve del cauce principal.....	21 -
4.3.2	Relieve de la Cuenca.....	22 -
4.3.3	Altitud Media de la Cuenca (H).....	22 -
4.3.4	Rectángulo Equivalente:.....	22 -
4.4	Infraestructura Hidráulica Existente	23 -
4.5	Climatología.....	23 -
4.5.1	Precipitación:	24 -
4.5.2	Pluviometría.....	24 -
4.6	Evaluación de Aguas Superficiales.....	29 -
4.7	Oferta Hídrica	31 -
4.7.1	Uso y Demanda.....	31 -
4.8	Simulación de Operaciones, Balance Hídrico a Nivel Mensual de Acuerdo al Planteamiento Hidráulico	32 -
4.9	Estimación de la Recarga	35 -
CAPÍTULO 5.....		38 -
5.	Características Geológicas y Geomorfológicas.....	39 -
5.1	Introducción.....	39 -
5.2	Litología.....	40 -
5.2.1	Rocas Metamórficas.....	40 -
5.2.2	Rocas Volcano Sedimentarias.....	42 -
5.2.3	Rocas Intrusivas	49 -
5.3	Estructuras.....	49 -
5.4	Geomorfología.....	51 -
5.4.1	Plataforma Costanera.	51 -
5.4.2	Llanura Costanera.	51 -
5.4.3	Cordilleras.....	51 -
CAPÍTULO 6.....		52 -
6.	Inventario de Fuentes de Agua Subterránea.....	53 -
6.1	Inventario de Pozos.....	53 -
6.1.1	Código Del Inventario De Las Fuentes De Agua Subterránea	53 -

6.1.2	<i>Tipos de Fuentes de Agua Subterránea Inventariadas</i>	53 -
CAPÍTULO 7		60
7.	Prospección Geofísica	61
7.1	<i>Objetivos del Estudio</i>	61
7.2	<i>Métodos de Adquisición de Datos</i>	61
7.2.1	<i>Metodologías de Campo</i>	62
7.3	<i>Interpretación</i>	73
7.3.1	<i>Secciones Geofísicas</i>	75
7.4	<i>Análisis y Discusión de Resultados</i>	84
CAPÍTULO 8		86
8.	Pruebas Hidrodinámicas	87 -
8.1	<i>Introducción</i>	- 87 -
8.2	<i>Pruebas de Bombeo</i>	- 87 -
8.2.1	<i>Pruebas Realizadas</i>	- 87 -
8.2.2	<i>Resultados Obtenidos</i>	- 88 -
8.2.3	<i>Parámetros hidráulicos</i>	- 89 -
CAPÍTULO 9		- 92 -
9.	Análisis de Calidad de Aguas Subterráneas	- 93 -
9.1	<i>Introducción</i>	- 93 -
9.2	<i>Puntos Analizados</i>	- 93 -
9.2.1	<i>Análisis Laboratorio Universidad De Piura – Udep</i>	- 93 -
9.2.2	<i>Análisis Laboratorio Enviromental Quality Analytical Services – Equas</i>	- 94 -
9.3	<i>Base de Datos de la Pruebas Hidrogeoquímicas</i>	- 95 -
9.3.1	<i>Base de Datos UDEP</i>	- 95 -
9.3.2	<i>Base De Datos Equas</i>	- 96 -
9.3.3	<i>Integración de Bases de Datos</i>	- 97 -
9.4	<i>Resultados y Análisis de Calidad de Aguas Subterráneas</i>	- 99 -
9.4.1	<i>Análisis de Salinidad</i>	- 99 -
9.4.2	<i>Familias Hidrogeoquímicas</i>	- 100 -
9.4.3	<i>Análisis de Aguas para Riego</i>	- 101 -

CAPÍTULO 10.....	- 105 -
10. Modelo de Flujo Subterráneo.....	- 106 -
10.1 Resumen	- 106 -
10.2 Geometría del Reservorio	- 107 -
10.2.1 Forma y Límites.....	- 108 -
10.2.2 Dimensión	- 108 -
10.3 Características de los Medios	- 108 -
10.3.1 Litología.....	- 108 -
10.3.2 La Napa Freática	- 109 -
10.3.3 Morfología del techo de la napa.....	- 109 -
10.3.4 Profundidad del techo de la napa.....	- 110 -
10.3.5 Hidroisohipsas.....	- 111 -
10.4 Modelo Numérico de Flujo Subterráneo.....	- 112 -
10.4.1 Conformación del Modelo Numérico	- 113 -
10.4.2 Elementos del Modelo	- 117 -
10.5 Resultados del Modelo Numérico	- 121 -
10.5.1 Calibración del Modelo Numérico.....	- 122 -
10.5.2 Simulaciones Predictivas	- 125 -
CAPÍTULO 11.....	- 129 -
11. Conclusiones.....	- 113 -
CAPÍTULO 12.....	- 121 -
12. Recomendaciones.....	- 122 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 123 -

ANEXOS

ANEXO I

INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

ANEXO II

INFORMES DE GEOLOGÍA

ANEXO III

GEOFÍSICA

ANEXO IV

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

ANEXO V

HIDRODINÁMICA

ANEXO VI

CÁLCULO DE RECARGAS

ANEXO VII

MODELO NUMÉRICO

ANEXO VIII

DATOS ESPACIALES

ANEXO IX

MAPAS

CAPÍTULO 1

Introducción

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



1. Introducción

1.1 Resumen

El agua subterránea constituye hoy en día la principal fuente de consumo para algunas ciudades y pueblos del mundo, tanto por sus características físico-químicas, como por la contaminación y agotamiento de las principales fuentes de agua superficiales.

El agua subterránea constituye la segunda fuente de agua dulce, solo superada por las masas de hielo, es un recurso no renovable y su sobreexplotación puede ocasionar que nunca se regeneren los acuíferos que la contienen. Es por tal motivo que la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, según POI-2014 y su complemento en el POI-2015, ha ejecutado el Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la cuenca Piura, en el valle Medio y Bajo Piura, lo cual permitirá conocer la situación actual de estos recursos.

El área de estudio se ubica en el acuífero del río Piura en su parte Media y Baja, que tiene un clima tropical árido a semiárido. Las temperaturas medias anuales son de aproximadamente 24 °C. Las precipitaciones anuales varían entre 300 a 350 mm, con periodos lluviosos relacionados con la Corriente Cálida de “El Niño”, que se extiende desde diciembre o enero, hasta abril o mayo, alternando con periodos secos con una marcada influencia de la corriente Fría de Humboldt que abarca el resto del año, periodo caracterizado por fuertes vientos y bajas temperaturas.

El objetivo principal de este trabajo es realizar el estudio hidrogeológico del acuífero del río Piura en su parte Media y Baja, para dimensionarlo, analizar el funcionamiento hidráulico y la calidad del agua, así como plantear recomendaciones para la gestión de su explotación.

La evaluación está basada principalmente en el análisis de los resultados obtenidos de la campaña de inventario de fuentes de agua subterránea, medidas de niveles del agua subterránea, análisis de calidad, prospección geofísica y modelización numérica del acuífero estudiado.

La importancia del presente estudio radica en contribuir al conocimiento del acuífero, para la conservación y manejo sostenible del agua subterránea.

1.2 Ubicación

El área de estudio está ubicado en la costa norte del país, aproximadamente a 1027 Km. al norte de la ciudad de Lima.

Políticamente pertenece a las provincias de Piura y Sechura y al departamento de Piura, cubriendo 13 distritos: Bellavista de La Unión, Bernal, Castilla, Catacaos, Cristo Nos Valga, Cura Mori, El Tallán, La Arena, La Unión, Piura, Rinconada Llicuar, Sechura y Vice. Todos estos distritos comprenden el ámbito del Valle Medio y Bajo del Río Piura.

Geográficamente se encuentra entre las siguientes coordenadas del Sistema Transversal Mercator:

Este : 497 174 m. - 581 651 m.

Norte : 9 367 853 m. - 9 477 426 m.

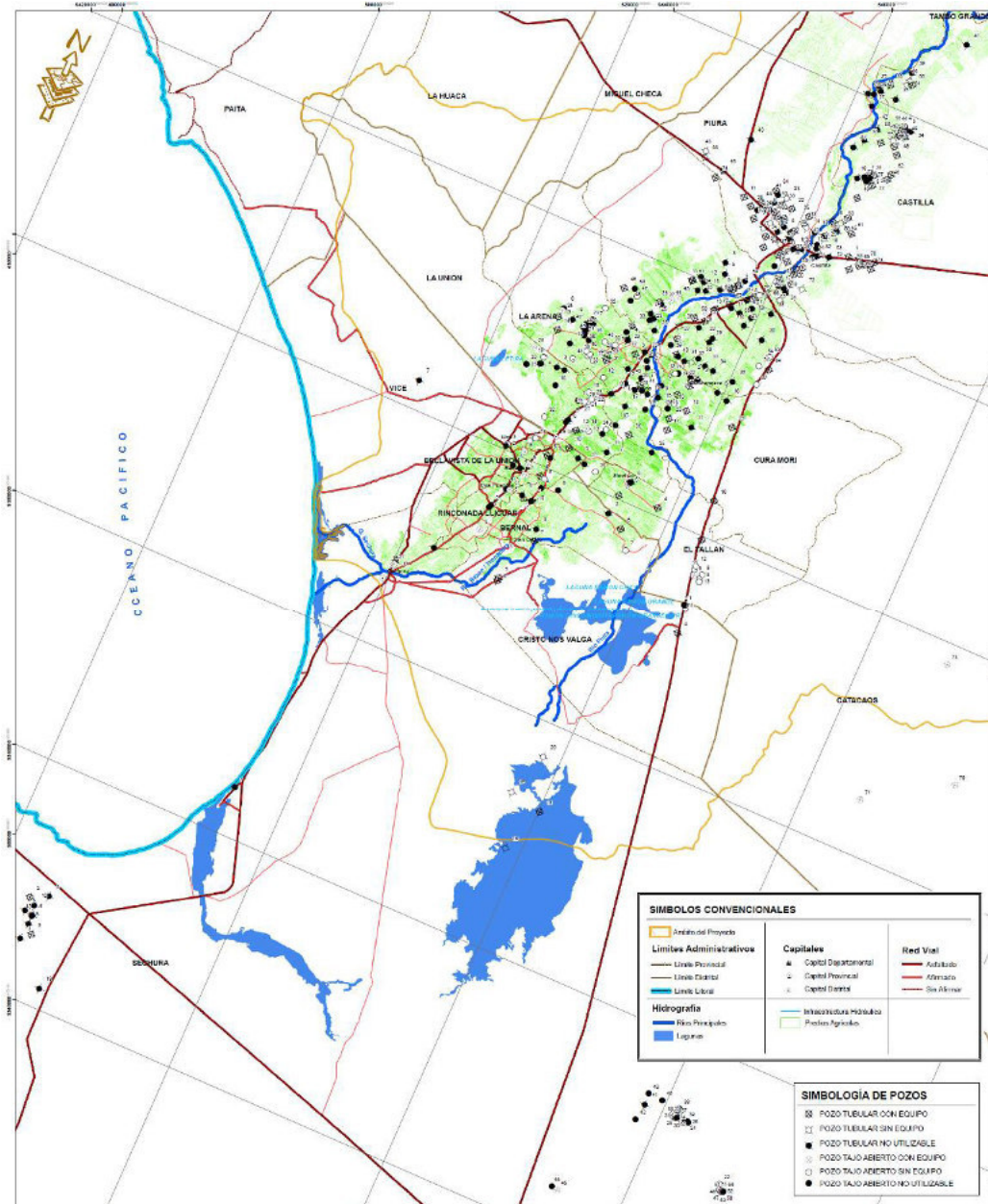


Figura N° 1.1: Mapa de ubicación del área de estudio dentro de la región Piura

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluación hidrogeológica del acuífero del Valle Medio y Bajo Piura a fin de iniciar el proceso de gestión de conservación y promoción del uso eficiente y sostenible de las aguas subterráneas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar y evaluar el estado actual de las fuentes de aguas subterráneas, en el acuífero Medio y Bajo Piura.
- Estimar el volumen explotado del acuífero.
- Identificar la calidad del agua subterránea.
- Realizar la sistematización de la información obtenida de los trabajos de inventario.
- Determinar el funcionamiento hidráulico y comportamiento de la napa.
- Realizar la prospección geofísica de los acuíferos involucrados en los sistemas.
- Modelizar en primera aproximación las aguas subterráneas.

CAPÍTULO 2

Estudios Realizados

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



2. Estudios Realizados

Son escasos los estudios sobre aguas subterráneas que se han realizado en el área de estudio, dentro de los cuales citaremos los siguientes:

- En 1977, el Organismo Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ONERN y el Organismo de Desarrollo del Complejo Bayovar ODECOB–Lima, realizó el estudio denominado “Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales del Complejo Bayovar - Piura”. dentro del cual se abarcó el ámbito de la provincia de Sechura hasta Bayovar.
- En 1980, el Ministerio de Agricultura a través de la Dirección General de Aguas Y Suelos –Lima, realizó el estudio denominado “Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Río Piura”.
- En 2004, el Ministerio de Agricultura a través de la Intendencia de Recursos Hídricos –Lima, realizó el estudio denominado “Inventario de Fuentes de Agua Subterránea en el valle Medio y Bajo Piura”.
- En 2004, el Ministerio de Agricultura a través de la Intendencia de Recursos Hídricos –Lima, realizó el estudio denominado “Asignaciones de Agua en Bloques del Distrito de Riego Medio Y Bajo Piura”.
- En el año 2011, la Autoridad Nacional del Agua desarrolló el “Inventario de Fuentes de Agua Subterránea en el Valle Medio y Bajo Piura”.

CAPÍTULO 3

Características generales del área de estudio

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



3. Características Generales del Area de Estudio

3.1 Ámbito de Estudio

El área que será objeto de estudio está ubicada dentro de los distritos de Piura, Castilla, Catacaos, Oña Mori, El Tallán, La Arena, La Unión, Vice, Rinconada Llicuar, Cristo Nos Valga, Bernal, Bellavista de la Unión y Sechura. Se encuentra ubicada en la parte central occidental del departamento de Piura como se indica en la Figura N° 01. Geográficamente está comprendido entre las siguientes coordenadas UTM, zona 17S:

Este : 497 174 m. - 581 651 m.
Norte : 9 367 853 m. - 9 477 426 m.

Sus Límites son al Norte con la quebrada San Francisco; por el Sur con la cuenca del río Cascajal, iniciándose en la cumbre del cerro Morante Chico hasta el lugar denominado Santa Elisa.; por el Este con la cuenca Alta del Distrito de Riego Alto Piura-Huancabamba, hasta el lugar denominado cerro Morante Chico; y por el Oeste, con el Océano Pacífico, posee una extensión territorial de aproximadamente 5,475.00 Km².

3.2 Vías de Comunicación

La principal vía de comunicación es la carretera Panamericana Norte, la cual va de sur a norte uniendo las ciudades de Chiclayo, Piura y Sechura, es la vía más importante, también existen otras carreteras asfaltadas, como las de: Piura, - Chulucanas - Tambo Grande, Piura - Sechura - Bayovar, Bayovar a la Panamericana y Sullana - Tambo Grande.

3.3 Demografía

3.3.1 Población del Valle

Según los resultados del Censo Nacional 2007 - XI de Población y VI de Vivienda, observándose que la población total del valle Medio y Bajo Piura es de 677,485 habitantes, de los cuales el 51.13% son mujeres y el 48.87% son hombres. Se trata de una población joven, ya que el 60.17% de la población tiene menos de 30 años de edad y los mayores de 65 años representan el 5.5% de la población.

El boletín "Perú Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo, según Departamento, Provincia y Distrito, 2000 - 2015", estima, al 30 de junio del 2011, para el valle Medio y Bajo Piura 1'465,215 habitantes.

Figura N° 3.1: Población Total por Tipo de Área y Sexo

Edades por rango (años)	Población			Urbana			Rural		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
< de 5	75497	38291	37206	73011	36995	36016	2486	1296	1190
5 - 14	140480	71171	69309	135991	68898	67093	4489	2273	2216
15 - 29	191638	93071	98567	186183	90235	95948	5455	2836	2619
30 - 44	134920	63802	71118	131534	62032	69502	3386	1770	1616
45 - 64	97690	47198	50492	95241	45878	49363	2449	1320	1129

Edades por rango (años)	Población			Urbana			Rural		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
> de 65	37260	17575	19685	36106	16932	19174	1154	643	511
TOTAL	677485	331108	346377	658066	320970	337096	19419	10138	9281

3.3.2 Población Económicamente Activa

La Población Económicamente Activa (PEA) está conformada por 244,258 mil personas, de las cuales el 94.0% están ocupadas, y el 6.0% restante están desocupadas. La Tasa de actividad en la ciudad de Piura era de 60.8%; pero por sexo, los hombres presentan una tasa de actividad del 71.7% y las mujeres del 51.3%.

La mayor concentración de la Población Económicamente Activa (P.E.A) se ubica en el distrito de Piura con 95,897 habitantes, mientras que el menor número de habitantes de la P.E.A se encuentra en el distrito de Cristo Nos Valga con 1,088 habitantes. Ver Tabla.

Figura N° 3.2: Población Económicamente Activa

Nombre de Distrito	PEA Ocupada	PEA Desocupada	No PEA
Piura	95,897	5,214	129,101
Castilla	44,496	2,686	61,119
Catacaos	21,326	1,742	34,409
Cura Mori	4,131	353	9,843
El Tallan	1,381	61	2,546
La Arena	9,021	919	19,598
La Unión	11,179	727	18,767
Paita	22,923	1,778	36,900
Sechura	11,222	528	15,845
Bellavista de la Unión	1,341	77	2,020
Bernal	2,363	107	2,984
Cristo Nos Valga	1,088	58	1,673
Vice	2,279	180	7,799
Rinconada Llicuar	1,152	29	1,297
TOTAL	229,799	14,459	343,901

3.3.3 Recursos Agropecuarios

Según el boletín “Síntesis económica de Piura”, la actividad agropecuaria creció 7.9%, ante la expansión del subsector agrícola (8.8%) que compensó con creces la caída del subsector pecuario (-2.4%). El desempeño positivo de la actividad agrícola obedeció a la mayor producción de maíz amarillo duro (24.7%), mango (27.3%) y limón (8.4%), principalmente.

En lo relativo al maíz amarillo duro, fue determinante el incremento de la superficie cosechada (19.3 por ciento), merced a una mayor superficie instalada

en el valle del Bajo y Medio Piura. De otro lado, la notable recuperación del mango obedece al inicio de la fase alta de cosecha de la variedad Kent para exportación. Asimismo, el limón se vio favorecido por condiciones climáticas propicias y por una mejora en su manejo agronómico, en el contexto de recuperación de su demanda doméstica (con fines gastronómicos) y externa.

En contraste, la producción mensual de arroz cayó en 5.1 por ciento a raíz de la afectación de los rendimientos por condiciones climáticas adversas (temperaturas ambientales bajas) que retrasaron el crecimiento vegetativo de la planta y mermaron el llenado del grano.

Figura N° 3.3: Principales Cultivos Región Piura -Campaña Agrícola 2010 – 2011

Cultivo	2010	2011	Var. (%)
Arroz	51,172	48,574	-5.10
Arveja G/S	15		-100.00
Camote	2,657	2,792	5.10
Cebolla	1,260	722	-42.70
Frijol Caupí	676	107	-84.20
Frijol G/S		8	
Limón	12,049	13,065	8.40
Maíz Amarillo Duro	8,259	10,303	24.70
Mango	101,421	12,980	27.30
Papa	1,244	1,630	31.00
Plátano	20,928	21,349	2.00
Vid	1,808	130	-92.80
Yuca	1,564	884	-43.50



Figura N° 3.4: Cultivo de arroz en el distrito La Unión

CAPÍTULO 4

Hidrología

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



4. Hidrología

4.1 Ubicación y Superficie

El área de estudio políticamente se encuentra en el departamento de Piura, siendo las provincias y distritos que a continuación se detalla

- Ayabaca : Frias, Pacaipampa, Sapillica.
- Huancabamba : San Miguel, Sondorillo, Huarmaca, Canchaque, Lalaquiz, Huancabamba,
- Lambayaque : Olmos.
- Morropon : Salitral, San Juan de Bigote, Buenos Aires, La Matanza, Santa Catalina de Mossa, Yamango, Morropon, Chalaco, Santo Domingo, Chulucanas.
- Paita : Paita y La Huaca
- Piura : El Tablon, cura Mori, La Arena, Catacaos, Castilla, Piura, Tambo Grande, Las Lomas, La Union
- Sechura : Vice, Cristo nos Valga, Sechura, Bernal, Rinconada Llicuar, Bellavista de la Union.
- Sullana : Miguel Checa, Sullana, Lancones.

Geográficamente, la cuenca del río Piura está situada entre los paralelos 4°42' y 5°45' de Latitud Sur y los meridianos 79°29' y 81° de Longitud Oeste. Tiene un área total de 10 930 km². Altitudinalmente, se extiende desde los 25 msnm hasta la línea de las cumbres de la cuenca del Río Piura 3700 msnm tal y como se muestra en la Figura.

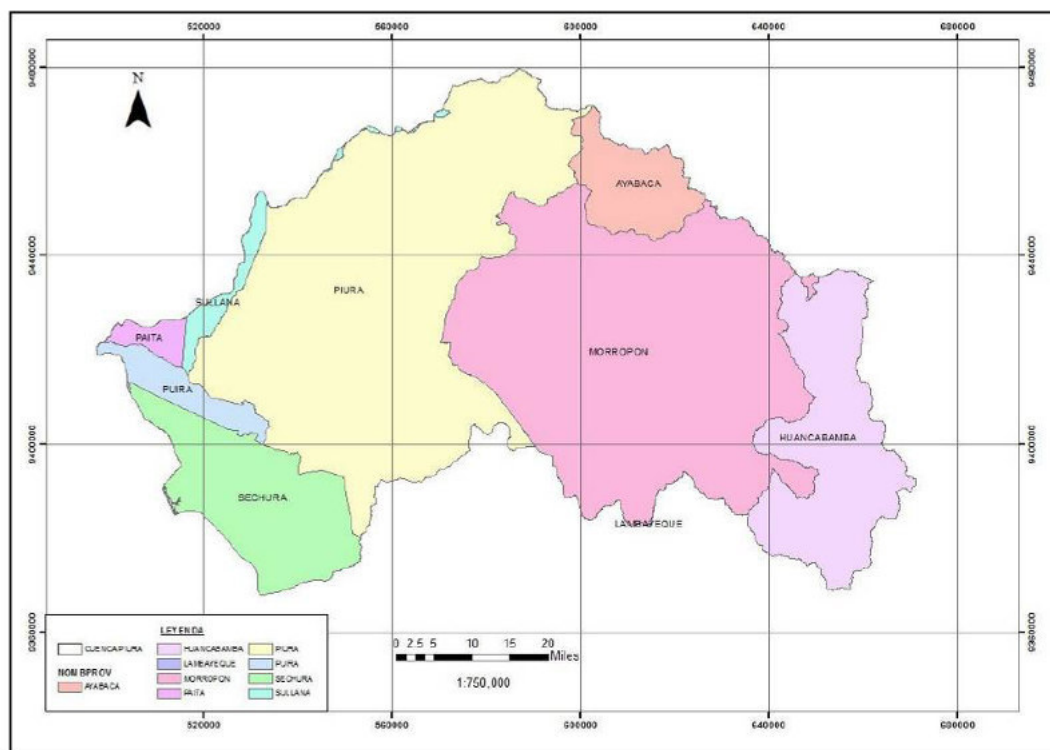


Figura N° 4.1 : Mapa de ubicación de la Cuenca

Hidrográficamente la cuenca del Río Piura limita por el:

- Norte : Cuenca Chira e Intercuenca 1379
- Sur : Cuenca Cascajal e Intercuenca 13779
- Este : Océano Pacífico, Intercuenca 1379 e Intercuenca 13779
- Oeste : Océano Pacífico, Cuenca Chira y Cuenca Chamaya

4.2 Parámetros Geomorfológicos

Las características físicas de una cuenca hidrográfica están definidas por diversos factores que determinan la naturaleza de descarga en un curso de agua. Estos parámetros pueden ser agrupados en:

4.2.1 Área (A)

El Área de la cuenca del río Chilca es de 10930.11km². El área de la cuenca (A) corresponde a la superficie de la misma proyectada en un plano horizontal; y su tamaño influye en forma directa sobre las características de los escurrimientos, principalmente en el periodo de lluvias.

4.2.2 Perímetro (P)

El perímetro de la cuenca es de 652.31 km. El perímetro de la cuenca (P), está definido por la longitud de la línea de divisorias de aguas que se conoce como el nombre de “parte aguas o Divortium Acuarium”. En el cuadro se muestra las áreas y perímetros de la subcuencas del área de estudio

Tabla 4.1: Parámetros geomorfológicos de las subcuencas del río Piura

Nombre Hidrográfica	Area (Km ²)	Perímetro (km)
Alto piura	1158.22	179.33
Medio Alto Piura	508.50	123.12
Cuenca Unidad Hidrográfica 13784	918.33	151.72
Medio Piura	73.7	42.41
Cuenca Bigote	678.46	125.68
Cuenca Corrales	589.71	118.93
Medio Bajo Piura	1798.65	223.67
Bajo Piura	4746.66	391.38
Cuenca San Francisco	457.86	109.35

4.2.3 Longitud del Cauce Principal

La longitud del cauce principal es de 311.72 Km. La Longitud de cauce principal (L), es la extensión del cauce más larga y representa el mayor recorrido que realiza el río desde la cabecera de la cuenca hasta la desembocadura. En la Figura N° 3 se muestra la hidrografía de la cuenca en estudio.

4.2.4 Pendiente Media del Cauce Principal

La pendiente media del cauce principal es de 8.17 grados equivalente 9.08%. Este parámetro 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. En la Figura Nro. 4 se muestra la topografía de la cuenca de Chira.

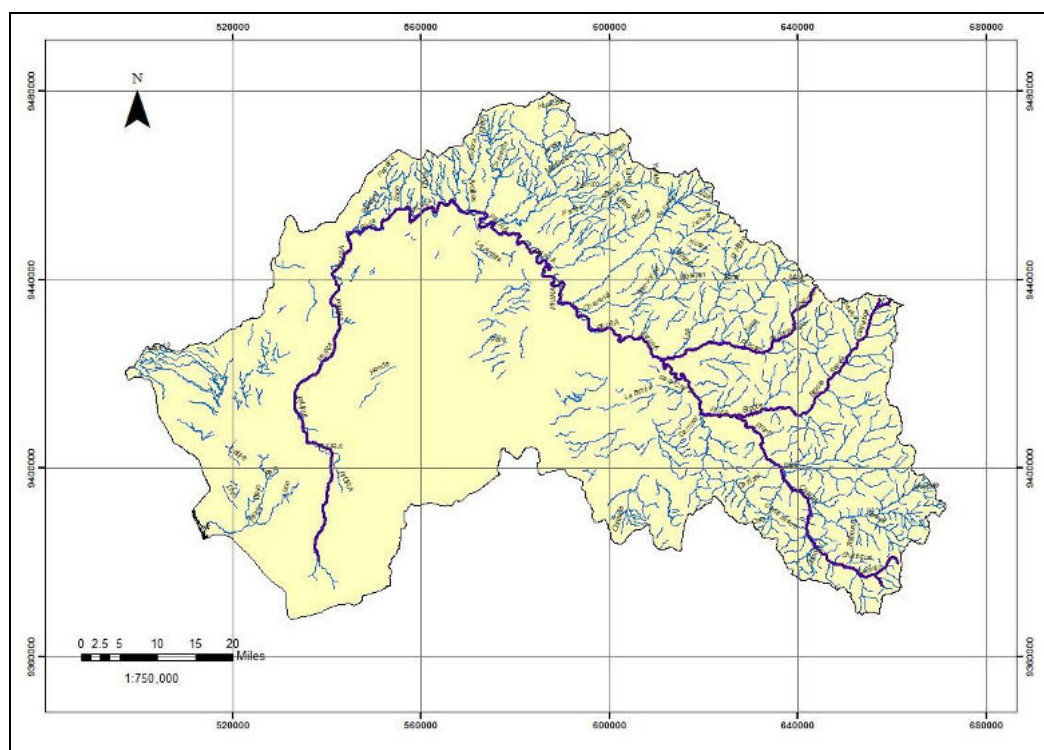


Figura N° 4.2: Hidrografía de la cuenca del río Piura

4.2.5 Coeficiente de compacidad (Kc):

La cuenca del río Piura tiene un coeficiente compacidad (Gravelius) de 1.75. Este parámetro denominado también Índice de Gravelius, es adimensional y constituye la relación entre el Perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área - igual a la de un círculo - es equivalente al área de la cuenca en estudio. Su fórmula es la siguiente:

$$K_c = 0.28 \frac{P}{A^{1/2}}$$

Donde:

Kc = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca (Km)

A = Área de la cuenca (Km²)

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. Cuenca de forma alargada es indicador que sugiere que la cuenca presenta poca probabilidad de ser cubierto completamente por una tormenta, y de concentrar descargas peligrosas.

4.2.6 Factor de forma (Kf)

El factor de forma es de 0.112, el cual nos indica que la cuenca es alargada y su flujo es veloz. La forma superficial de una cuenca hidrográfica es importante debido a que influye el valor del tiempo de concentración, definido como el tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya al flujo en la sección en estudio.

El Factor de Forma (Kf, 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:

$$K_f = \frac{A_m}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Ff = Factor de forma

Am = Ancho medio de la cuenca (Km)

L = Longitud del curso más largo (Km)

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 trabajo, 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.

4.3 Parámetros de Relieve de la cuenca.

4.3.1 Relieve del cauce principal

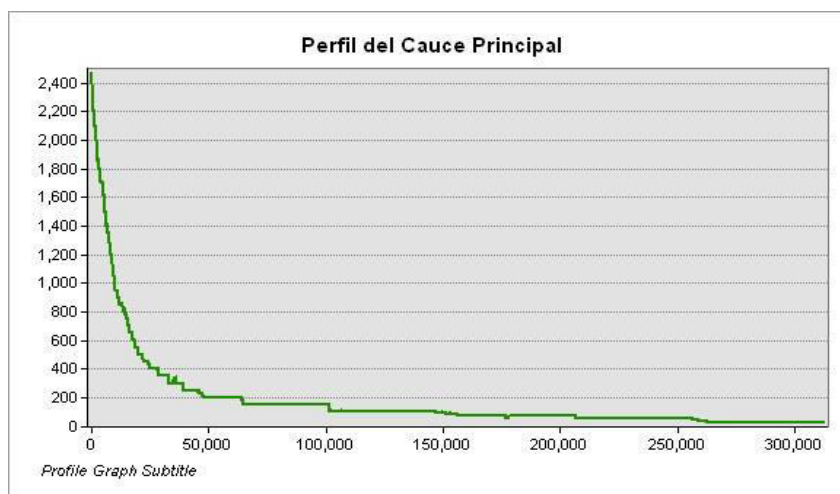


Figura N° 4.3: Perfil del Cauce Principal

El relieve del cauce principal se representa mediante el perfil longitudinal y puede ser cuantificado mediante parámetros que relacionan la altitud con la longitud del cauce principal. En la Figura N° 4 se muestran el perfil longitudinal de cauce principal de la cuenca

4.3.2 Relieve de la Cuenca

El relieve de la cuenca se representa mediante la curva hipsométrica y puede ser cuantificado con parámetros que relacionan la altitud con la superficie de la cuenca. Los principales son el rectángulo equivalente, la altitud media de la cuenca y la pendiente media de la cuenca.

4.3.3 Altitud Media de la Cuenca (H)

La altitud media de la Cuenca es de 1620.49 m. La Altitud Media (H), 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.

4.3.4 Rectángulo Equivalente:

Esta 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.

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

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

Donde:

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

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

El rectángulo equivalente es de 288.234 x 37.921km

Finalmente, en la Tabla N° 4.2 se presenta el resumen de los parámetros geomorfológicos de la cuenca Piura.

Tabla 4.2: Parámetros geomorfológicos de la cuenca

Parámetro		Valor
Superficie de cuenca.	A_km2	10930.11
Perímetro de la cuenca.	P_km	652.31
Elevación media.	Em_m	1620.49
Pendiente media (grados).	Pm_g	8.17°
Pendiente media (porcentaje).	Pm_p	14.36%
Coeficiente de compacidad (Gravelius).	Kc	1.75
Longitud del eje del río principal.	Lc_km	311.72
Índice de forma (Horton).		0.112

4.4 Infraestructura Hidráulica Existente

Dentro de la infraestructura hidráulica existente en la cuenca del río Piura, se cuenta para los sectores, poblacional, agrícola y energético. Para el sector Poblacional en la parte media y baja de la cuenca del río Piura es abastecida por el EPS Grau S.A.; para la parte alta, la demanda es servida por la JASS y los organismos locales (Municipalidades); para el sector agrícola es atendido por las Juntas de Usuarios: Junta de Usuarios del Medio y Bajo Piura, Junta de Usuarios de Sechura y Junta de Usuarios de Alto Piura. Para el Sector energético es operada por SINERSA y ENOSA.

Para el uso Agrícola se distingue 2 sistemas con diferente grado de desarrollo:

Sistema hidráulico Medio y Bajo Piura: Es abastecido del sistema de Poechos a través del canal de trasvase Daniel Escobar, tiene una presa derivadora “Los Ejidos” y el canal de derivación Biaggio Arbulú que abastece a la JU del Medio y Bajo Piura y la Junta de Usuarios de Sechura.

Sistema hidráulico Alto Piura: Se abastece del recurso hídrico en el período de avenidas con agua superficial a partir del río Piura, a excepción de algunas empresas que se abastecen mediante pozos tubulares con agua subterránea. En el período de estiaje el valle se abastece a través de pozos tubulares que explotan el agua subterránea de los acuíferos.

En la el cuadro se muestra los Sistemas Hidráulicos de la Cuenca Chira Piura

Tabla 4.3: Sistemas Hidráulicos de la Cuenca Chira Piura

Sistema Hidráulico	N° CUs	N° Usuarios	Área Total (Ha)	Sistemas de Riego							Sistemas de Drenaje	
				Canales de Derivación			Canales Laterales			Área Bajo Riego (Ha)	N° de Sistemas	Longitud Total (Km)
				Revestido (km)	Sin Revestir (km)	Total (km)	Revestido (km)	Sin Revestir (km)	Total (km)			
Medio y Bajo Piura	16	31 280	55,060.71	224.53	4.98	229.51	1,803.08	1,454.64	3,257.72	50,973.45	2	454.46
Alto Piura	10	13 237	41,601.71	14.09	225.78	239.87	14.98	415.00	429.98	29,357.35	-	-

Fuente: Juntas de Usuarios (San Lorenzo, Chira, Medio y bajo Piura, Sechura, Alto Piura), ALAs, PECHP, 2012

4.5 Climatología

El clima de la cuenca del río Piura es de una zona sub-tropical de acuerdo a la clasificación de Koppén, al tipo de clima semi-tropical costero de acuerdo a la clasificación de Pettersen y semicálido de acuerdo a la clasificación de W. Thornthwaite. Es un clima caracterizado por una precipitación moderada, salvo con la presencia del fenómeno del niño las precipitaciones se incrementan exponencialmente, altas temperaturas, con pequeñas oscilaciones estacionales. Los detalles pertinentes se presentan en el cuadro.

Tabla 4.4: Clima en el ámbito de influencia de la cuenca del río Piura

Tipo de Clima	Zonas	Rango Altitudinal (msnm)
Cálido	Piura, Chulucanas, Tambogrande y Morropón	Menor de 1 000

Tipo de Clima	Zonas	Rango Altitudinal (msnm)
Semicálido	Nazaino, Sapillica, Montero, Sicchez, Sechura	1 000 – 1 700
Templado Cálido	Palo Blanco, Santo Domingo y Frias	1 700 – 2 300
Templado Frio	Morropón, Bigote, Yamanco, Chalaco y Santo Domingo	2 300 – 3 000
Semifrío	San Miguel del Falque, Canchaque, y Las	3 000 – 3 500
Frio Moderado	Las cumbres más altas de la cuenca	Mayor de 3 500

4.5.1 Precipitación:

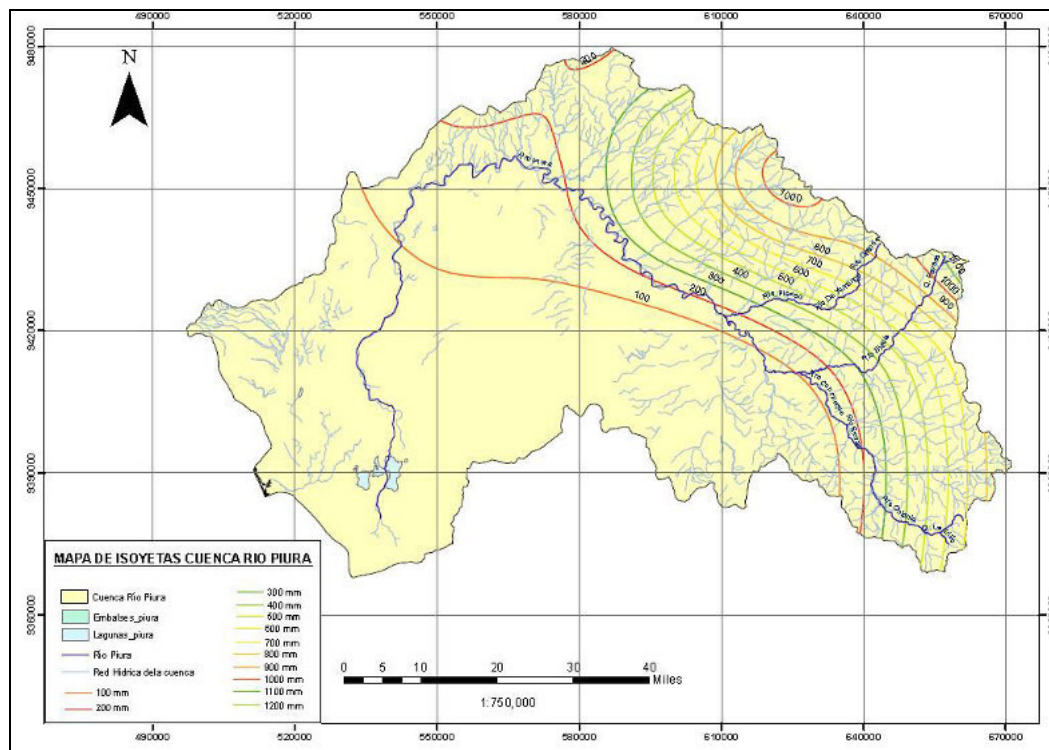


Figura N° 4.4: Perfil del Cauce Principal

El régimen de lluvias en las cuencas puede clasificarse en tres tipos:

- La zona baja entre las curvas de nivel 0,0 y 80 msnm con precipitaciones escasas del orden de 10 a 80 mm anuales (Ene-Abr).
- La franja ubicada entre los 80 y 500 msnm, donde las lluvias registradas son del orden de los 100 y 600 mm (Dic-May).
- La franja ubicada desde los 500 msnm hasta la línea divisoria de aguas de las 2 cuencas, con lluvias promedios anuales que varían entre 700 y 1 100 mm, (Ene-May).

4.5.2 Pluviometría

- Red de Estaciones Pluviométricas

La cuenca del río Piura tiene un conjunto de estaciones pluviométricas y algunos de ellas se encuentran en la cuenca del río Chira. El conjunto de las estación

De acuerdo a la recopilación de información histórica, se tiene estaciones pluviométricas que iniciaron su operación en el año 1964, y debido a muchas

Figura N° 4.5: Ubicación de Estaciones pluviométricas

o a la recopilación de información histórica, se

pluviométricas que iniciaron su operación en el año 1964, y debido a muchas

circunstancias algunos de ellos han dejado de operar, así como también que han entraron en operación algunas nuevas en la década del 80.

- Análisis del Comportamiento de la Precipitación en la Cuenca del Río Piura

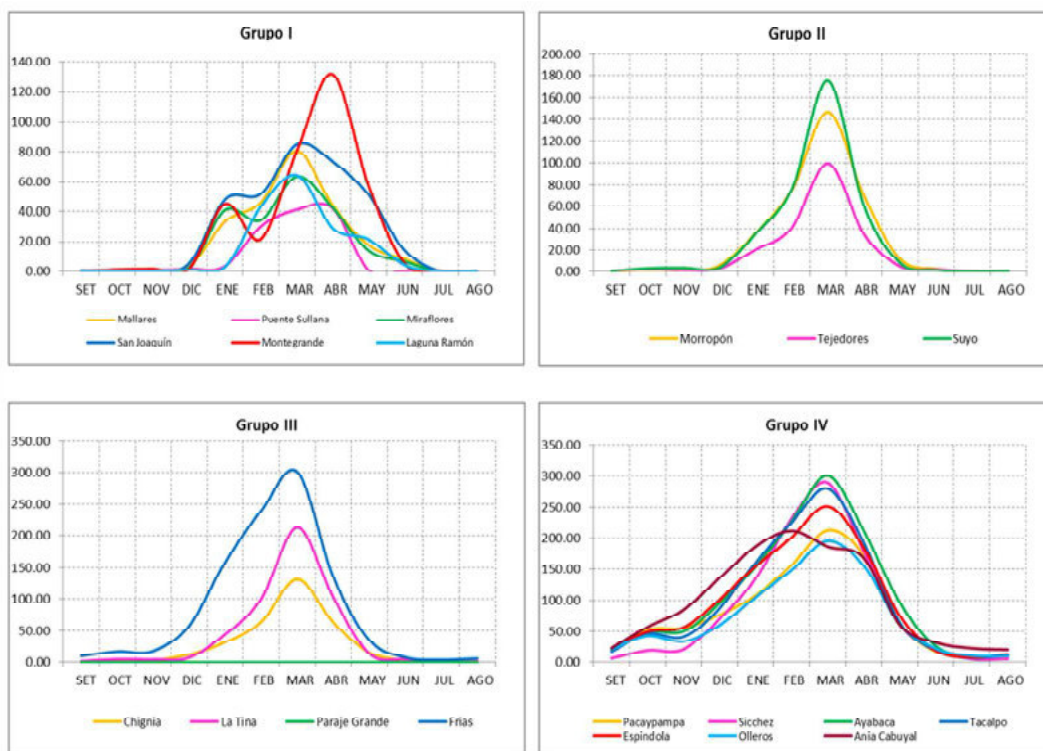


Figura N° 4.6: Precipitación total mensual histórica

De acuerdo al análisis de los registros analizados la precipitación se encuentra concentrado en el periodo de enero a abril, con una precipitación comprendida de 40 a 300 mm/mes en el de marzo, en el periodo de mayo a septiembre prácticamente las precipitaciones son nulas, tal como se detalla en la Tabla N° 4.6, en la Figura N° 4.6 se muestra la Precipitación total mensual histórica. Durante los eventos de “El Niño”, las precipitaciones se elevan exponencialmente, principalmente en la parte baja de la cuenca.

Las estaciones ubicadas en las nacientes de la cuenca en cotas superiores a 3500 msnm son los que presentan las más altas precipitaciones que en años húmedos pueden alcanzar precipitación del orden de 1200 mm/mes como es el caso de las estaciones de Pacaypampa y Espindola, Olleros entre otros. Sin embargo durante los eventos del Niño como los años 1983 y 1998, las precipitaciones más altas se presentaron en la parte baja de la cuenca.

Debido a que los registros históricos evaluados no disponen de registros históricos con una longitud uniforme se ha efectuado la completación y extensión de datos con la finalidad de disponer registros históricos para un periodo común de análisis (1964-2007), lo cual se ha trabajado con la aplicación del software HEC-4 del Hydrologic Engineering Center.

Tabla 4.6: Registros históricos de precipitación total mensual

ESTACION	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total
Mallares	0.29	0.85	0.80	3.00	33.35	45.97	80.52	44.03	17.61	7.98	0.19	0.25	234.84
Puente Sullana	0.39	1.08	0.86	1.67	3.45	30.21	41.17	42.06	0.64	0.12	0.00	0.00	121.66
Miraflores	0.17	0.79	1.37	2.39	40.84	34.32	63.68	42.32	13.88	6.38	0.09	0.09	206.31
San Joaquín	0.67	0.47	0.71	5.22	47.84	51.69	84.69	73.56	51.08	14.06	0.07	0.31	330.36
Montegrande	0.05	1.31	1.69	1.53	44.93	21.83	80.46	131.65	56.98	5.10	0.27	0.00	345.81
Laguna Ramón	0.11	0.31	0.15	1.19	2.91	43.23	64.46	29.00	21.47	4.18	0.00	0.15	167.15
Morropón	0.23	1.46	1.18	5.63	35.81	74.86	146.77	69.29	11.38	2.53	0.22	0.30	349.67
Tejedores	0.64	1.98	1.02	2.92	20.35	40.49	99.30	34.43	4.77	2.01	0.32	0.23	208.47
Suyo	0.48	3.05	3.44	3.81	35.28	75.83	174.98	60.05	7.78	1.36	0.11	0.65	366.83
Chignia	0.84	3.61	2.95	12.03	31.14	64.16	130.25	62.95	15.09	2.91	0.30	0.60	326.82
La Tina	1.66	4.57	4.16	7.19	44.28	100.24	212.34	102.16	13.09	4.44	0.55	1.08	495.77
Frias	9.67	16.71	17.52	57.99	158.65	239.63	300.67	134.30	34.62	7.34	3.86	5.68	986.62
Pacaypampa	18.46	53.07	55.83	76.57	107.11	156.85	211.82	174.05	61.90	17.17	7.23	7.81	947.89
Sicchez	5.84	18.85	20.57	70.16	134.48	231.10	289.44	179.74	61.54	20.38	4.99	5.35	1042.42
Avabaca	22.57	48.84	50.15	94.98	154.01	226.66	300.41	211.96	96.43	25.64	8.46	10.39	1250.51
Tacalpo	16.85	45.48	41.20	86.92	160.90	224.68	279.86	193.08	64.37	18.45	6.72	10.59	1149.10
Espindola	20.51	49.14	56.67	100.74	154.81	201.06	250.93	185.06	75.27	18.47	7.46	12.21	1132.33
Olleros	20.63	42.34	33.00	60.25	104.35	148.48	195.13	155.90	61.05	21.47	9.79	9.42	861.79
Ania Cabuval	22.24	57.28	84.55	135.48	186.61	211.19	186.53	168.30	60.86	31.15	22.13	19.92	1186.23

Tabla 4.7: Registros históricos de precipitación total mensual completados y extendidos

Estación	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Mallares	0.18	0.59	0.80	2.98	36.55	61.77	83.23	44.25	14.36	6.20	0.14	0.16	251.20
Puente Sullana	0.18	0.75	0.43	1.89	7.36	82.66	87.16	82.84	0.82	0.98	0.00	0.00	265.07
Miraflores	0.11	0.66	1.11	2.23	32.05	42.05	55.52	43.75	10.16	4.59	0.05	0.07	192.34
San Joaquín	0.23	0.32	0.52	6.41	44.66	67.07	132.75	52.91	20.66	5.48	0.02	0.16	331.18
Montegrande	0.26	0.56	0.79	0.67	13.03	24.33	37.67	30.92	8.08	0.56	0.08	0.10	117.05
Laguna Ramón	0.05	0.16	0.11	1.36	1.84	23.93	43.45	24.05	10.18	1.70	0.00	0.07	106.91
Morropón	0.27	2.34	1.18	6.32	38.93	78.20	154.16	64.86	12.77	2.89	0.27	0.32	362.52
Tejedores	1.05	2.66	1.75	10.82	44.55	39.00	125.55	41.36	3.27	1.50	0.25	0.14	271.89
Suyo	0.50	4.09	3.16	5.25	38.14	85.80	189.98	61.45	6.18	2.20	0.05	0.41	397.20
Chignia	1.23	3.52	2.50	6.59	22.18	63.39	166.43	67.23	19.48	1.66	0.36	0.41	354.98
La Tina	2.30	5.07	2.93	9.32	51.84	133.32	201.80	88.45	14.25	2.95	0.32	0.59	513.14
Paraje Grande	1.25	5.52	3.89	16.39	61.66	99.68	172.07	120.11	33.45	7.27	2.45	0.64	524.39
Frias	12.92	17.08	18.67	66.56	158.79	225.92	316.21	145.18	38.97	7.05	3.38	5.59	1,016.33
Pacaypampa	20.52	48.27	52.82	74.45	103.34	186.52	244.55	183.75	66.02	16.48	6.11	7.27	1,010.11
Sicchez	6.27	19.05	22.36	61.82	126.07	243.45	334.64	191.95	60.48	16.73	3.48	3.16	1,089.45
Avabaca	22.73	47.25	47.02	95.73	161.41	233.73	308.00	211.70	93.91	25.93	8.16	9.59	1,265.16
Tacalpo	17.52	41.98	44.00	87.52	159.16	247.73	323.36	202.14	56.61	15.48	9.30	6.41	1,211.20
Espindola	15.41	47.05	55.84	103.55	144.27	215.57	232.27	189.16	75.70	22.16	5.55	8.84	1,115.36
Olleros	20.39	37.61	33.93	66.09	106.55	164.18	218.09	157.32	65.27	21.73	8.59	7.57	907.32
Ania Cabuval	23.45	57.39	102.25	136.59	186.11	242.95	195.82	170.27	68.73	44.02	21.20	17.25	1,266.05

- Análisis de Consistencia de la Información Pluviométrica

Para evaluar la consistencia de los registros pluviométricos se ha efectuado el procedimiento Estándar que se sigue para estos casos, como son: análisis gráfico para visualizar la homogeneidad de los registros y el análisis de doble masa donde se ha prestado especial interés en los quiebres de pendientes de las acumulaciones efectuadas.

Con la finalidad de evaluar la presencia de datos inconsistentes que se pueden presentar como saltos o la presencia de valores extremadamente altos o bajos que reflejen el comportamiento anómalo de la precipitación total mensual y anual se ha efectuado una comparación de los histogramas de un periodo común de registros (1964-2007), concluyendo que los histogramas guardan una estrecha similitud en los años hidrológicos secos, húmedos y normales, por lo que pueden ser considerados como registros consistentes.

Para efectuar el análisis de doble masa, se ha agrupado registros de estaciones pluviométricas con similares características, tales como: ubicación de la cuenca, altitud, régimen pluviométrico y periodo de registro concurrente. El análisis de doble masa efectuado corresponde al periodo (1964-2007). En el presente estudio se ha considerado estaciones de la parte baja, de la parte media y de la parte alta de la cuenca.

- Variabilidad Espacial de la Precipitación en la Cuenca

La variabilidad espacial de la precipitación en el área de estudio está marcado por la altitud y la ubicación, vale decir, que en los sectores ubicados en la parte alta de la cuenca se presentan las más altas precipitaciones y va disminuyendo en función a la altitud, siendo prácticamente nulo en la parte costa de la cuenca. Los detalles pertinentes se pueden apreciar en la Figura N° 4.7.

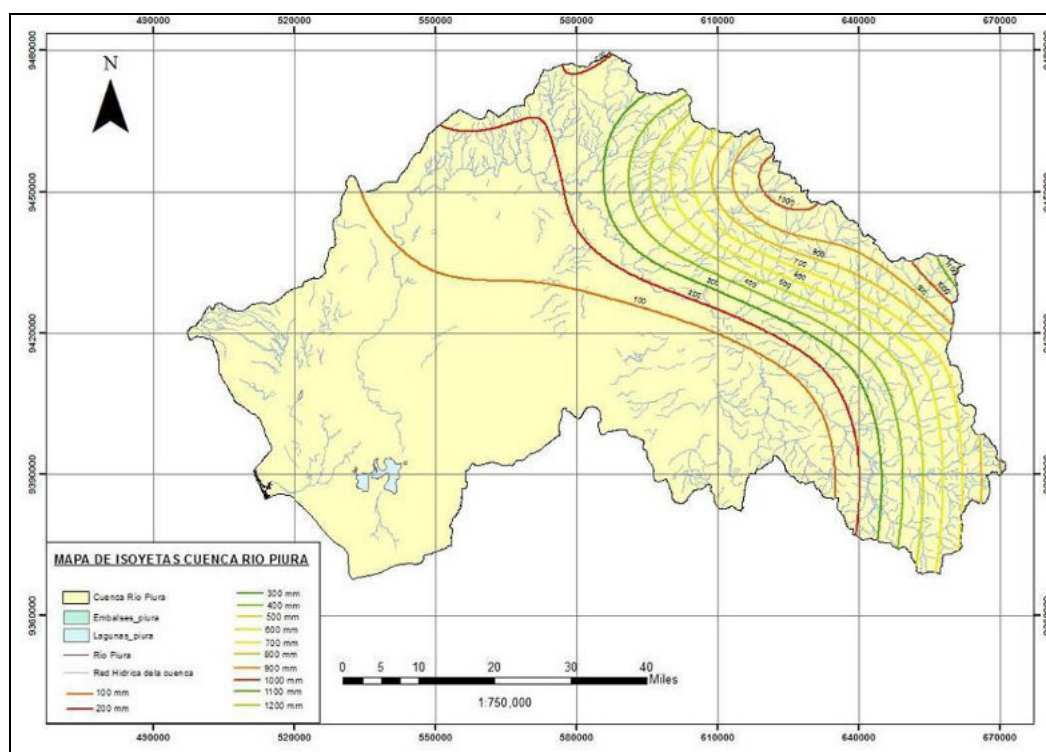


Figura N° 4.7: Isoyetas del área de estudio

- Régimen de la Precipitación Anual

El régimen de las precipitaciones en la cuenca del río Piura es de una marcada estacionalidad, donde las precipitaciones están concentradas en el periodo de enero a abril y de mayo a diciembre prácticamente no existe precipitaciones.

Dentro de esta estacionalidad, existe anomalías debido a las sequías o a los años húmedos y extremadamente húmedos que se presentan por la presencia del fenómeno del Niño, como sucedió los años 1982-1983 y 1997-1998, donde las precipitaciones se incrementaron exponencialmente principalmente en la parte baja de la cuenca ocasionando una destrucción masiva de todo tipo de infraestructura hidráulica.

- Gradiente de Precipitación – Altitud

El análisis de gradiente de la precipitación se ha efectuado sin considerar la presencia de años extremadamente húmedos debido a los “Niños”. Bajo ese marco de referencia, la precipitación total anual tiene una relación directa con la altitud, donde se tiene una alta correlación entre la precipitación total anual y la altitud. En la Figura N° 4.8 se tiene los detalles pertinentes.

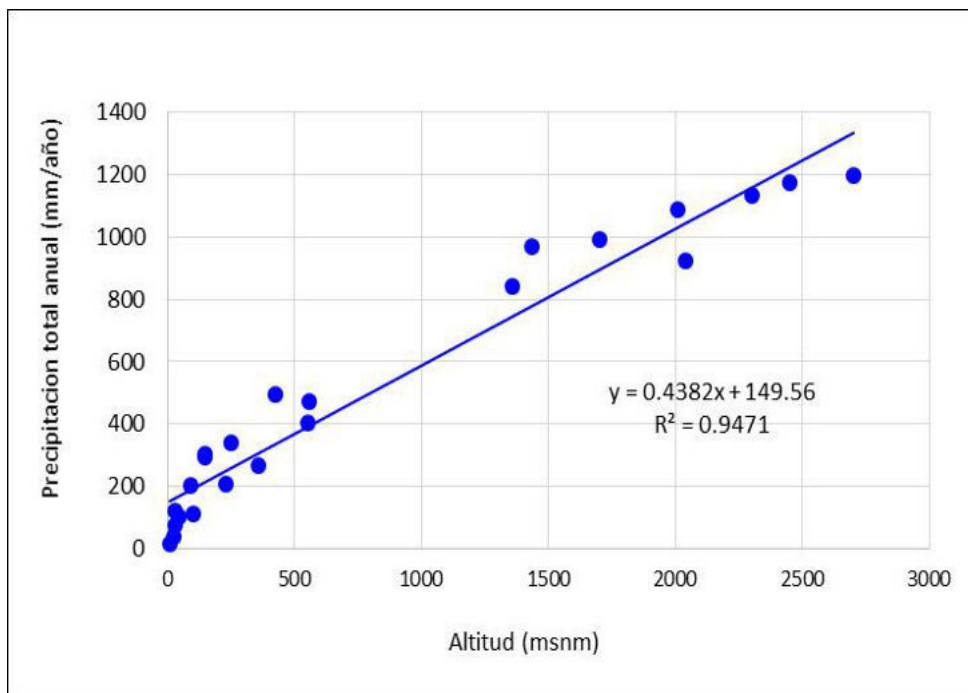


Figura N° 4.8: Relación de la precipitación total anual y la altitud

4.6 Evaluación de Aguas Superficiales

El Río Piura pertenece al sistema hidrográfico de la gran cuenca del Pacífico, el curso más largo del río principal nace a 3400 msnm en las inmediaciones del cerro Paratón, inicialmente toma el nombre de Quebrada de Paratón hasta unirse con la Quebrada Cashapite, para dar origen a la Quebrada Chalpa, que al unirse con la Quebrada Overall dan origen al Río Huarmaca; este río mantiene su nombre hasta la localidad de Serrán; por su margen izquierda recibe el aporte del río Chignia o San Martín. La unión del Río Huarmaca con el Río Pusalca y el Río Pata dan origen al Río Canchaque, que recorre con dirección Nor – Oeste hasta la confluencia con el río Bigote. A partir de la unión de los Río Canchaque y el río Bigote se denomina Río Piura, que recorre con dirección Nor – Oeste hasta la localidad de Tambogrande, desde este punto hasta Curumuy recorre en

dirección Oeste, para luego recorrer en dirección Sur – Oeste hasta la localidad de Catacaos, donde se desvía de su cauce natural en dirección sur hasta la depresión que conforma la Laguna Ramón de 12 Km² de espejo de agua, esta laguna se conecta por el lado norte con la Laguna Ñapique de 8 Km² de espejo de agua; cuando las dos lagunas se llenan durante los fenómenos del Niño, el agua rebasa y se dirige hacia el oeste mediante un cauce natural, el cual conecta con la Laguna Las Salinas de 150 Km² de espejo de agua, la que se conecta finalmente con el Estuario de Virrilá para desembocar en el Océano Pacífico.

El Río Piura tiene como afluentes por la margen derecha a los ríos: Bigote, Corral del Medio, La Gallega, Quebrada Las Damas, Charanal, Yapatera, Sancor, Quebrada San Francisco y Quebrada Carneros; por la margen izquierda la Quebradas: Garabo, Río Seco que desemboca entre Buenos Aires y Malacasí, y la Quebrada Seca La Matanza-Tortolitas.

El Río Piura tiene una longitud aproximada de 280 Km., presentando una pendiente suave en un tramo de 248 Km. entre la desembocadura y la conexión con el Río Huarmaca, las pendientes varían de la siguiente manera; Laguna Ramón – Ciudad de Piura 0.03%, Piura - Tambogrande 0.08%, Tambogrande - Malacasí 0.13%, Malacasí y confluencia Huarmaca – Chignia 0.35% y el tramo final de 32 Km. tiene una pendiente promedio de 7.8%.

En cuanto a las descargas de los ríos, el mayor caudal promedio anual del Río Piura se registra en la estación de Los Ejidos que alcanza a 55.5 m³/s, y lo correspondiente al caudal promedio mensual se da en el mes de marzo que alcanza a 134m³/s, ofreciendo un régimen anual de 100 MMC en años extremadamente secos y más de 3,000 MMC en años muy húmedos, con una media aproximada de 1120 MMC/año. Las descargas máximas puntuales registradas en la estación del Puente Sánchez Cerro corresponden a los años del Fenómeno del Niño, en 1983 el Río Piura alcanzó una descarga máxima puntual de 3,200 m³/s y en el año 1998 llegó a 3,500 m³/s. Las estaciones de la medición de caudales del Río Piura datan desde 1925, a partir del año 1971 el Proyecto Especial Chira – Piura tiene a su cargo los aforos, la cual ha sufrido muchas interrupciones especialmente por los fenómenos del Niño que han dañado la infraestructura de medición de canales.

En el Río Piura y sus tributarios más importantes se han instalado 19 estaciones de aforos, de los cuales 13 estaciones han dejado de funcionar, En el Cuadro N° 05 se presentan las estaciones hidrométricas que controlan las descargas del Río Piura y las estaciones que controlan las aguas de derivación de la Cuenca del Río Chira. Los resultados del procesamiento de los aforos de las estaciones: Los Ejidos, Tambogrande y Puente Ñácara son 55.5, 43.1 y 24.6 m³/s respectivamente. Con la puesta en operación del Reservorio de Poechos en 1976 y la Presa Ejidos en 1985, se han definido nuevas secciones de control, que permiten la medición de las descargas con buena precisión, reemplazando de esta manera a la estación Puente Sánchez Cerro.

Como consecuencia de haberse desarrollado proyectos hidráulicos en las Cuencas del Río Chira y Piura con sistemas de transvase, se han modificado también los escurrimientos naturales en ambos ríos.

Tabla 4.8: Estaciones Hidrométricas

Estación	Rio	Periodo de funcionamiento	Años con datos	Descarga (m ³ /s)
Puente Sanchez Cerro	Piura	1925-1985	61	31.0
Los Ejidos	Piura	1985-2000	16	55.5
Puente SQ/ Los Ejidos	Piura	1925-2000	76	36.5
Tambogrande	Piura	1954-2000	34	43.1
San Francisco	San Francisco	1954-1982	27	7.0
Puente Ñacara	Piura	1942-2000	53	24.6
Chililique	Yapetera	1964-1991	28	2.3
San Pedro	Charanal	1964-1993	30	2.4
Puente Carrasquillo	Piura	1942-1990	45	16.3
Paltashoo	La Gallega	1950-1991	42	2.0
Teodulo Peña	Corrales	1950-1993	44	4.0
Malacasi	Piura	1967-1993	27	12.1
Barrios	Bigote	1958-1993	36	5.7
Salitral	Piura	1943-1967	25	3.1
Serran	Canchaque	1967-1972	6	2.5
Pusmalca	Pusmalca	1966-1986	21	2.3
Huarmaca	Huarmaca	1966-1986	21	2.1
Canal Qurumuy	Derivacion Chira	1976-1998	23	16.0
Canal Los Ejidos	Derivacion Chira-Piura	1985-2000	16	16.7

4.7 Oferta Hídrica

La oferta hídrica del Sistema Medio y Bajo Piura, está representada por los aportes del Piura y el trasvase de agua desde la represa Poechos a través del canal Daniel Escobar.

La Estación hidrométrica Sánchez Cerro ubicado sobre el Piura en las coordenadas 05°11'55' Latitud Sur, 80°37'20" Longitud Oeste a una altitud de 23,3 msnm cuenta con un registro histórico que data desde el año 1925 tiene muchas interrupciones en el registro histórico.

Los análisis se ha efectuado con los registros históricos del rio Piura medidos en la estación Sánchez Cerro correspondiente al periodo (1964 – 2007) ubicado aguas arriba del aporte del canal de derivación Daniel Escobar, por lo que registra los recursos propios de la cuenca del rio Piura. El rio Piura tiene un caudal promedio mensual de 44.409 m³/s y llegando a disponer caudales máximos instantáneos del orden de 1659.1 m³/s, cuyos detalles se presenta en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9: escargas del Rio Piura en Estación Sánchez Cerro (1964 -2007)

Descripción	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean
Pte Sanchez Cerro	31.056	78.614	170.294	137.381	52.686	29.674	13.275	6.686	2.891	2.628	2.056	5.666	44.409

4.7.1 Uso y Demanda

La demanda de agua para uso agrícola se ha determinado en función a las características climatológicas del área de estudio y siguiendo la metodología de

la FAO en función a al cedula de cultivos del valle de Medio y Bajo Piura. Las áreas bajo riego actuales, según cifras oficiales de PROFODUA (Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua, Dic. 2009), organizados en Comisión de Regantes del Valle del Medio y Bajo Piura (Quadro) ascienden a 43,182.3 ha.

Tabla 4.10: Demanda de agua para uso agrícola (Medio y Bajo Piura)

Comisión de usuarios	Junta de Usuarios Medio y Bajo Piura - Demanda promedio (Hm3)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Medio y Bajo Piura	49.7	49.1	67.6	88	80.6	62.1	14.1	49.4	98.2	101.2	91.4	56.9	808.3

La demanda hídrica poblacional se consideró cambiante en el tiempo a una tasa de cambio igual a la tasa de crecimiento poblacional informada por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática); esto ayuda a mantener el criterio de sostenibilidad del crecimiento de la demanda de agua por considerar una simulación dinámica. Véase Tabla N° 4.11.

Tabla 4.11: Demanda de agua para uso poblacional (Medio y Bajo Piura)

Poblacion	Unidad	Censo 2007	Tasa crecimiento	Poblacion estimada 2015	Consumo l/hab/dia	Demanda agua Hm3
Piura	Hab	569540	1.70%	651766	250	59.470
Sechura	Hab	62319	1.50%	71316	200	5.206

La determinación del caudal ecológico de un río es complejo y requiere un periodo prolongado de monitoreo e investigaciones. En los ríos del Perú, la Autoridad Nacional del Agua establece la metodología de determinación del caudal ecológico en coordinación con el ministerio del Ambiente con la participación de las autoridades sectoriales competentes, en función a las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos a ser alcanzados. Para el caso del río Piura el caudal ecológico establecido es igual a 2 m3/s; el mismo proviene generalmente del mismo río, pero en algunas ocasiones hay transvase del río Chira. Véase la Tabla 4.12.

Tabla 4.12: Demanda de agua para uso ecológico (Medio y Bajo Piura)

Río	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Piura	5.36	5.18	5.36	5.36	4.84	5.36	5.18	5.36	5.18	5.36	5.36	5.36	63.26

La demanda de agua para uso industrial es próximo a 40 l/s y como masa anual es del orden de 1.248 Hm3/año. Véase la Tabla 4.13.

Tabla 4.13: Demanda de agua para uso industrial (Medio y Bajo Piura)

Uso	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Industrial	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	1.248

4.8 Simulación de Operaciones, Balance Hídrico a Nivel Mensual de Acuerdo al Planteamiento Hidráulico

La aplicación de ésta herramienta ha permitido generar descargas a partir de datos de precipitación total mensual, datos climatológicos de la zona, características geomorfológicos de las microcuencas, cobertura vegetal, características de suelos de la cuenca, Kc de vegetación, ente otros parámetros que ha permitido la generación de descargas del río Piura.

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

La descarga promedio multianual de la cuenca del río Piura es de 34.11 m³/s, siendo marzo el mes donde se presenta el mayor aporte con un caudal promedio de 141.524 m³/s.

En la Figura N° 4.9 se presentan las características del modelo WEAP desarrollado para la cuenca del río Piura. En la Tabla N° 4.11 y Figura N° 10 se presenta los resultados correspondientes. Durante los Niños que eventualmente se presenta, el río Piura ha alcanzado caudales del orden de 1594.597 m³/s como caudal máximo.

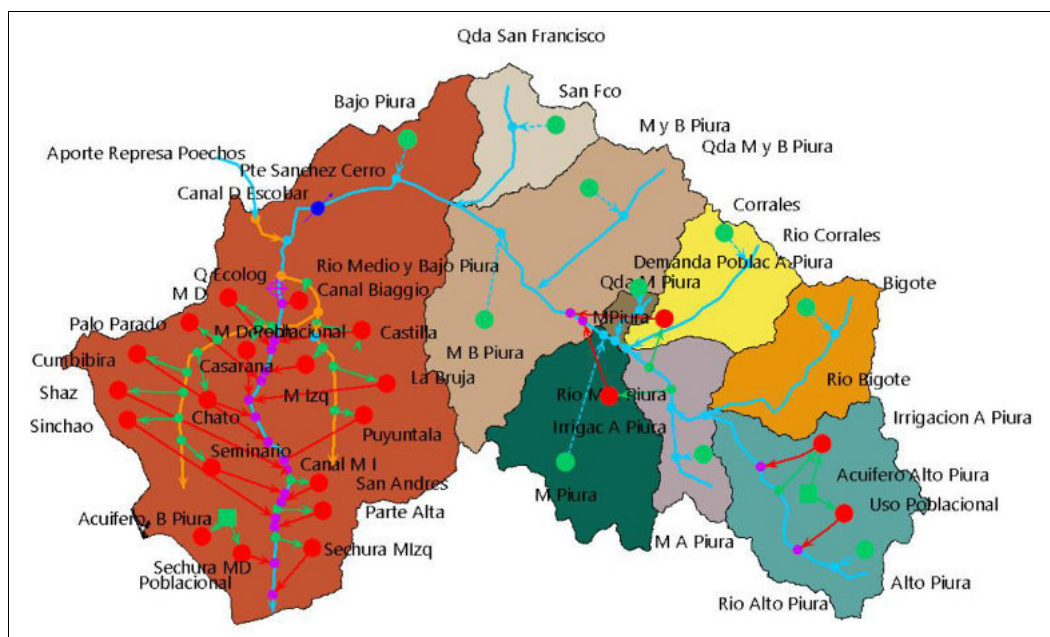


Figura N° 4.9: Modelo WEAP de la cuenca del río Piura

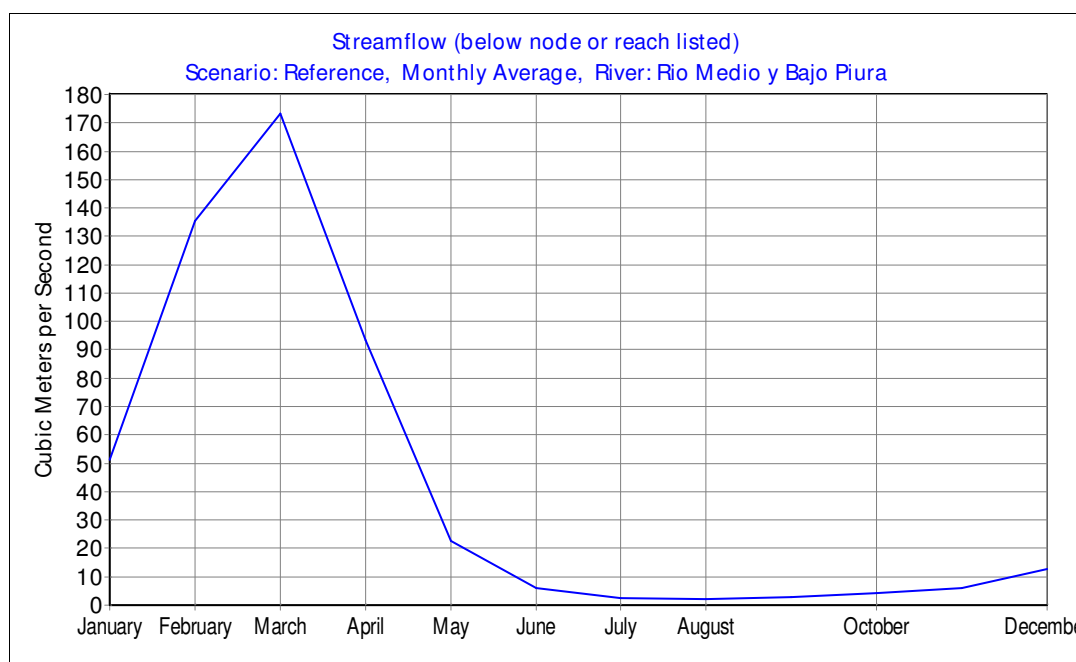


Figura N° 4.10: Relación de la precipitación total anual y la altitud

Tabla 4.14: Descarga mensual generado con el modelo WEAP (1964-2007) (m³/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Prom	51.366	135.321	173.396	93.288	22.456	6.012	2.373	2.281	2.696	4.274	5.976	12.688	42.677
Max	681.975	1594.597	849.232	980.21	416.163	167.647	4.132	7.443	6.414	12.419	26.38	98.017	403.719
Min	2.527	13.025	8.24	2.962	1.22	0.672	2.085	2.081	2.088	2.149	2.12	2.103	3.439

En años húmedos se pueden presentar caudales promedio mensuales del orden de 726.054 m³/s como es el caso del año 1983 y eventualmente caudales del orden de 1594.597 m³/s durante la presencia de Niños. Los detalles se presentan en la Figura N° 4.11 y tabla Tabla N° 4.15.

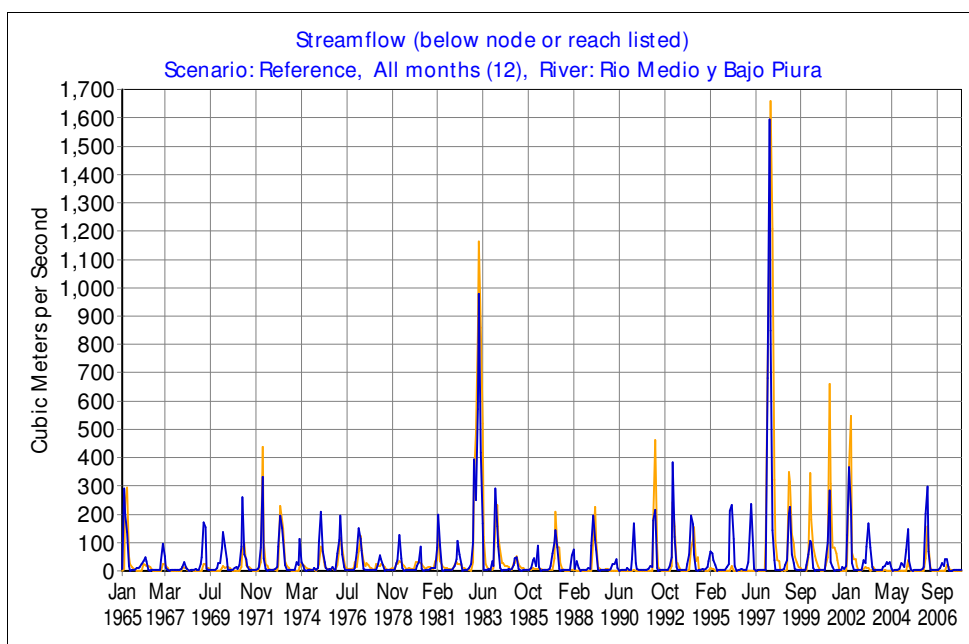


Figura N° 4.11: Relación de la precipitación total anual y la altitud

Tabla 4.15: Descarga promedio mensual generado del rio Piura (m³/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
1965	6.299	292.139	201.505	137.789	17.150	1.002	2.085	2.081	3.024	11.600	10.811	12.306	58.149
1966	23.792	32.638	46.456	35.002	1.953	0.672	2.088	2.081	2.100	5.033	2.828	2.643	13.107
1967	38.255	95.302	50.173	11.547	2.166	1.171	2.811	2.141	2.088	4.356	2.263	2.113	17.866
1968	5.870	13.025	30.708	10.172	5.231	0.745	2.099	2.134	3.528	5.425	2.931	2.647	7.043
1969	24.286	49.609	170.365	154.376	8.067	2.732	2.235	2.173	3.698	3.759	10.956	26.425	38.223
1970	27.589	82.356	135.929	89.664	41.270	2.361	2.145	2.102	2.438	9.464	13.958	6.269	34.629
1971	19.732	84.526	259.767	58.712	39.969	15.499	2.589	2.132	2.345	5.033	3.981	6.065	41.696
1972	13.778	81.152	332.107	44.778	7.108	1.538	2.216	2.156	2.169	2.239	6.495	12.581	42.360
1973	85.399	194.670	152.242	110.415	21.043	3.652	3.603	2.173	2.912	2.346	3.304	30.562	51.027
1974	20.001	112.586	29.818	17.043	2.785	1.006	2.199	2.122	2.202	3.383	9.632	3.340	17.176
1975	8.740	102.356	209.432	68.862	29.706	9.675	4.132	7.443	2.361	12.419	2.903	2.315	38.362
1976	61.657	108.269	196.230	57.027	14.332	2.324	2.230	2.173	2.247	2.697	2.401	10.718	38.525
1977	65.493	152.086	111.514	71.414	5.406	1.917	2.222	2.117	2.673	2.786	2.277	2.380	35.190
1978	3.365	23.519	53.253	39.538	21.440	1.291	2.180	2.173	2.268	2.149	2.130	2.471	12.981
1979	28.502	37.020	126.773	45.040	10.990	1.102	2.128	2.173	3.080	2.201	2.120	2.301	21.953
1980	3.262	16.233	31.599	83.956	7.967	0.967	2.130	2.119	2.131	5.326	10.490	11.448	14.802
1981	9.300	83.090	198.848	89.270	3.976	0.961	2.165	2.173	2.179	3.093	2.337	7.586	33.748
1982	16.319	42.670	104.932	57.734	23.605	1.256	2.154	2.126	2.168	11.904	25.119	98.017	32.334
1983	392.527	248.661	571.182	980.210	416.163	167.647	3.982	2.173	2.199	8.168	4.339	35.413	236.055

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
1984	16.405	292.027	156.708	86.871	8.596	1.212	2.457	2.173	2.283	8.086	3.423	5.825	48.839
1985	19.650	43.741	49.366	6.371	4.624	0.957	2.155	2.163	2.155	3.342	2.464	10.991	12.332
1986	37.507	43.259	15.867	90.145	15.011	1.082	2.155	2.173	2.249	2.295	6.079	15.690	19.459
1987	61.470	98.467	142.386	83.090	7.707	0.907	2.364	2.173	2.325	2.586	3.779	2.647	34.158
1988	53.144	75.847	8.240	33.772	10.708	1.166	2.198	2.160	2.704	2.530	10.670	8.308	17.621
1989	88.594	195.355	107.798	74.978	3.597	1.322	2.225	2.161	2.376	4.153	2.368	2.471	40.617
1990	5.695	23.619	25.000	41.625	9.388	1.165	2.195	2.163	2.171	4.844	8.949	4.614	10.952
1991	2.527	40.631	168.909	28.207	8.479	3.586	2.291	2.166	2.176	2.294	2.529	7.109	22.575
1992	18.170	15.136	178.209	214.307	11.874	1.110	2.189	2.173	2.208	2.203	2.555	4.288	37.869
1993	16.730	48.153	383.738	121.092	13.289	1.983	2.469	2.173	2.794	2.733	2.233	24.723	51.843
1994	58.807	196.581	163.759	56.530	4.917	0.906	2.188	2.173	6.414	2.396	6.970	14.774	43.035
1995	33.716	67.583	62.975	39.085	20.164	1.400	2.197	2.173	2.243	2.688	3.824	14.802	21.071
1996	24.084	213.592	233.716	112.646	17.138	1.641	2.220	2.173	5.708	2.976	4.134	5.035	52.089
1997	30.012	97.280	234.612	90.128	6.314	1.175	2.219	2.173	2.545	3.025	2.752	2.377	39.551
1998	681.975	1594.597	849.232	144.587	38.246	1.816	2.222	2.173	2.690	3.104	6.076	19.055	278.814
1999	36.821	201.198	225.355	58.906	26.247	6.322	2.401	2.173	2.248	4.698	2.523	3.577	47.706
2000	19.845	58.651	106.999	100.034	9.363	1.060	2.228	2.173	2.385	2.984	2.719	3.893	26.028
2001	41.421	98.305	285.114	29.304	12.012	1.527	2.306	2.173	3.564	2.412	12.134	8.331	41.550
2002	16.176	126.366	365.302	215.934	28.518	2.106	2.275	2.173	4.621	2.755	3.956	37.940	67.344
2003	25.693	86.123	169.264	83.302	13.758	2.057	2.279	2.173	2.247	3.032	4.308	12.850	33.924
2004	18.152	31.858	24.591	29.187	6.864	1.024	2.304	2.173	2.881	7.042	26.380	22.585	14.587
2005	14.633	75.030	147.896	35.648	3.762	0.919	2.300	2.173	2.617	3.110	2.794	7.209	24.841
2006	14.964	202.125	298.547	70.120	3.506	3.754	2.555	2.173	2.249	2.684	9.681	26.797	53.263
2007	18.377	41.381	39.598	2.962	1.220	0.795	2.245	2.173	2.246	2.438	2.377	2.103	9.826
Prom	51.366	135.321	173.396	93.288	22.456	6.012	2.373	2.281	2.696	4.274	5.976	12.688	42.677

4.9 Estimación de la Recarga

La estimación de la recarga del acuífero de medio y bajo Piura se ha efectuado mediante el concepto de balance hídrico, cuya descripción se detalla a continuación:

Se ha considerado como fuente de recarga del acuífero Medio y Bajo Piura el área comprendido desde la isoyeta 250 mm/año hasta las nacientes de la cuenca del río Piura donde la precipitación alcanza hasta valores del orden de 980 mm/año. Se ha tomado en consideración la Curva de Sutton, que establece que a partir de la isoyeta 250 mm/año se produce la escorrentía.

La precipitación total anual de la cuenca húmeda del río Piura es de 487.3 mm/año, que puede generar un aporte de hasta 1692.269 Hm³/año. Obviamente existe un conjunto de pérdidas, como lo relacionado a la interceptación por la vegetación existente, evaporación y almacenamiento en depresiones, entre otros factores. El área donde se presenta la precipitación tiene una extensión de 3473.5 km² que corresponde al área húmeda de la cuenca del río Piura y constituye la principal fuente de recarga al acuífero.

En el balance hídrico desarrollado se ha tomado en consideración la evaporación promedio anual existente en la cuenca húmeda es de 1741.7 mm/año. La vegetación existente en la parte húmeda de la cuenca del río Piura intercepta las precipitaciones del periodo de lluvias, los cuales han sido considerado a en valores del orden de 4 a 7 mm/mes, con un total anual de 25.7 mm/año que

produce un nivel de pérdidas del orden de 89.268 Hm³/año. Estas magnitudes se ha estimado de manera iterativa, tomado en consideración la variación del volumen del acuífero en el modelo WEAP. Dentro del balance hídrico desarrollado también se ha tomado en consideración el almacenamiento en las depresiones existentes en la cuenca húmeda, que para el caso de la cuenca húmeda del río Piura se ha estimado en valores del orden de 3 a 6 mm/mes, con un total anual de 20 mm/año, que produce pérdidas del orden de 69.469 Hm³/año. Del balance hídrico desarrollado, se tiene un volumen de ingreso total de 1692.269 Hm³/año y la magnitud de pérdidas o salidas del sistema es de 1550.835 Hm³/año constituido por las pérdidas por la intercepción de pasturas o vegetación, almacenamiento en depresiones entre otros factores.

En la estimación de la recarga al acuífero del Medio y Bajo Piura se ha considerado que sólo el 30% del excedente del volumen generado por la precipitación, es el aporte al acuífero que en términos globales es de 90.778 Hm³/año, equivalente a 2.879 m³/s. los detalles de las estimaciones efectuadas se presenta en el cuadro N° 35. La recarga estimada en 90.778 Hm³/año, ha sido incorporada al modelo de simulación desarrollado con el WEAP, para lo cual se ha tomado en consideración el uso de agua subterránea del acuífero para consumo poblacional de 45000 habitantes con una dotación de 91.25 m³/año y para la atención de 3500 ha de área bajo riego con una demanda de agua de 74.526 Hm³/año. Como se puede apreciar en la Figura N° 4.12, existe una mínima disminución del volumen del acuífero. Esta conclusión es coherente, debido a que la variación de los niveles piezométricas en el acuífero de Medio y Bajo Piura es mínimo, debido a que es un acuífero sobreexplotado.

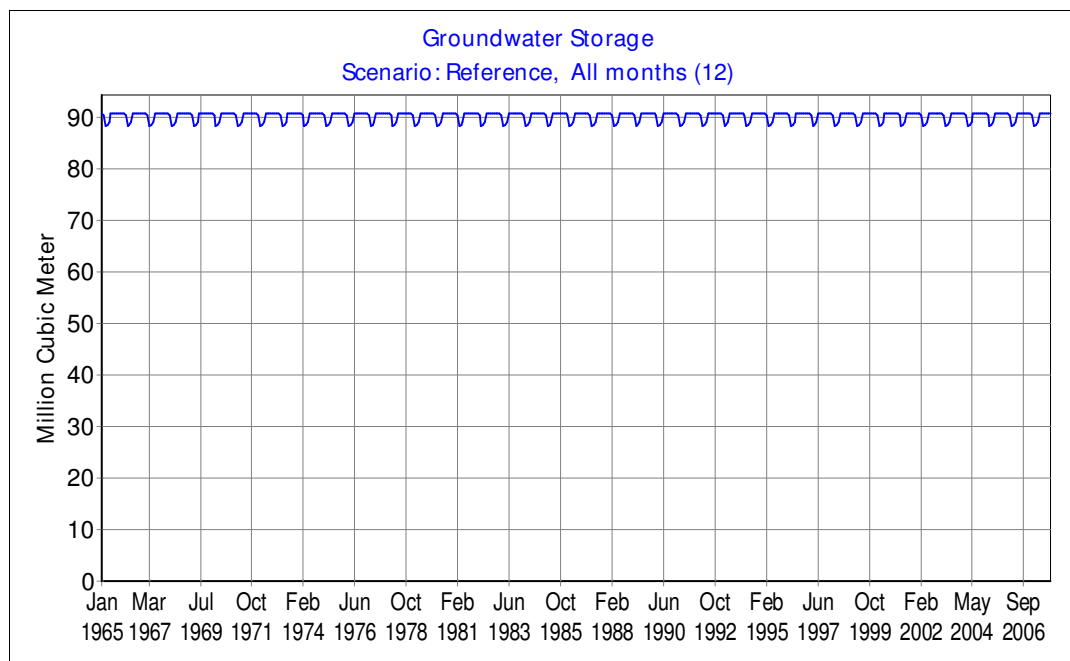


Figura N° 4.12: Variación del volumen del acuífero de Medio y Bajo Piura.

En el siguiente cuadro se presenta el Balance Hídrico de la Cuenca del Río Piura, habiéndose hecho el cálculo para el Medio y Bajo Piura.

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

Tabla 4.16: Balance Hidrico de la Cuenca del Rio Piura para la Estimación de la Recarga del Acuífero de Medio y Bajo Piura (Hm3)

DATOS	Unid	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación (Zona Húmeda)	mm	62.2	99.9	154.9	86.8	24.9	7.4	1.9	1.9	4.1	9.8	10.9	22.5	487.200
Evaporación	mm	169.3	145.9	160.3	151.8	139.5	116.1	115.9	129.9	144.6	155	150.3	163.1	1741.700
Intercepción en Pasturas	mm	4.3	6.4	7.3	4.5	0	0	0	0	0	0	0	3.2	25.700
Almacenamiento en Depresiones	mm	3.5	5.5	6.3	3.2	0	0	0	0	0	0	0	1.5	20.000
Área Cuenca Húmeda	Km2	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.5	3473.458
Entradas	Hm3	216.0	347.0	538.0	301.5	86.5	25.7	6.6	6.6	14.2	34.0	37.9	78.2	1692.269
Precipitación	Hm3	216.0	347.0	538.0	301.5	86.5	25.7	6.6	6.6	14.2	34.0	37.9	78.2	1692.269
Salidas	Hm3	110.3	231.5	503.4	382.8	141.1	76.9	35.6	17.9	7.5	7.0	5.3	31.5	1550.835
Intercepción por Pasturas	Hm3	14.9	22.2	25.4	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	89.268
Almacenamiento en Depresiones	Hm3	12.2	19.1	21.9	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	69.469
Escorrentamiento Superficial	Hm3	83.180	190.183	456.114	356.091	141.115	76.915	35.556	17.908	7.493	7.039	5.328	15.176	1392.098
Entradas - Salidas	Hm3	105.8	115.5	34.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.7	302.595
Infiltración o Recarga Al Acuífero	Hm3	31.73	34.64	10.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	90.778
Caudal(m3/ S)													2.879	

CAPÍTULO 5

Características geológicas y geomorfológicas

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



5. Características Geológicas y Geomorfológicas

5.1 Introducción

La zona de estudios forma parte de la planicie costera del norte del Perú, planicie cuyo relieve ha sido modificado durante el Terciario (Cenozoico) por fenómenos relacionados con el levantamiento progresivo de la Cordillera de los Andes (ANA, 2008; Agüello, 2008; Castañeda, 2014; INGEMMET, 2004-2010, etc.), estos procesos han originado evidentemente cambios en la constitución física de los medios, tales como la presencia de Depósitos Volcánicos hacia los flancos occidentales de la Costa, depósitos intrusivos hacia los flancos orientales de la misma y depósitos intercalados de origen marino-continental hacia el valle de Piura. La magnitud de la zona investigada propone la hipótesis de fenómenos de Transgresión y Regresión Marina, acaecidos durante el Cenozoico (65.5 m.a.-actualidad), etapa durante la cual se produjeron cambios en los relieves tan significativos que lograron configurar las actuales Cordilleras y zonas negativas en el Perú y en general en Sudamérica, a partir del inicio de los procesos agradacionales y degradacionales como producto del contacto entre las placas de Nazca (rumbo SW-NE) y Sudamericana (rumbo NE-SW). Localizando la hipótesis antes expuesta en la zona de investigaciones (Valle Medio y Bajo del Río Piura), es necesario reconocer la influencia hidroclimatológica que poseen las partes altas del Valle Piura, San Lorenzo y Olmos), puesto que desde aquéllas zonas es de donde proceden las principales recargas para los cauces superficiales de los valles influyentes y de los sistemas acuíferos en investigación, las mismas que se encuentran constituidas por afloramientos de Rocas Intrusivas, Volcánicas y Sedimentarias deformadas y reacomodadas (en función al crecimiento de la Cordillera y el comportamiento plástico-elástico de los macizos rocosos), secuencia que se corta, con razones estructurales, en la zona de Costa, que constituye la zona de recepción de todos aquellos cauces de aguas originados en las áreas de recarga (parte alta de las cuencas), la misma que está cubierta por depósitos de espesores importantes, originados durante el Cenozoico, las mismas que se manifiestan por las Formaciones Montero, Zapallal y los recientes depósitos marinos y fluvio-lacustre-aluvionales de bajas etapas de consolidación y evidentemente conformando los medios que por sus características hidráulicas constituyen los sistemas acuíferos de distribución regional en el Valle Medio y Bajo Piura.

Estructuralmente, se reconocen un sistema tipo Graben, entre la Cordillera de la Costa y lo que por motivos del presente estudio se considera el Flanco Noroccidental de la Cordillera de los Andes, que se orienta de Noreste hacia el Suroeste, sistema estructural que es cortado por una falla regional, hacia el Norte del área de estudios, esta falla se evidencia de tal forma que corta el recorrido del Río Piura, que en el Valle Alto se orienta de Este hacia el Oeste y en la zona Media y Baja es cortada por la divisoria de aguas Piura-Chira, redirigiendo sus cauces desde el Norte hacia el Suroeste. El acuífero en el Medio y Bajo Piura del valle del río Piura se ubica entre la localidad de Tambo Grande y su desembocadura en el mar y está en las inmediaciones de la planicie del desierto Sechura, parte de una cuenca antigua del mesozoico y entre los afloramientos rocosos de la Cordillera de la Costa –de cerros Los Amotapes y las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes del Noroeste Peruano; en

alineamiento entre las coordenadas UTM WGS 84: 552800E y 9453600 en Tambo grande con 514250E y 9363600N en la zona de la desembocadura en el mar.

En el área de estudios son sumamente escasos los afloramientos rocosos debido a la intensa cobertura de depósitos de origen eólicos. Dentro del Medio Piura podemos apreciar afloramientos de rocas pertenecientes a la formación Zapallal y al Tablazo Máncora con mayor presencia, entre Piura y Sechura; en la zona de Salinas y Bayóvar. Estos afloramientos se dan a lo largo de la plenillanura del desierto y a ambos lados de la llanura del Bajo Piura. Estos afloramientos pueden ser evidenciados en las zonas del bajo Piura, hacia la parte desértica que se forma en la parte baja de Piura y la mayor parte de Sechura. El bajo Piura al ser una zona de poca elevación con respecto al nivel del mar desde el punto de vista topográfico, forma dos planicies que se diferencian entre sí por su elevación. Una está ubicada en la zona norte el valle formada por el tablazo y hacia el sur la planicie formada por el valle en sí y sus ramales. Desde el litoral de la costa pasando por las llanuras costeras y desérticas, terminando hacia la zona occidental andina que es el inicio del Valle del Alto Piura encontramos diversas unidades rocosas cuyo predominio es de Rocas Sedimentarias cubriendo más del 60% de esta extensión territorial y en menor proporción Rocas ígneas y metamórficas dependiendo directamente de estas.

5.2 Litología

5.2.1 Rocas Metamórficas

- Gneises (Pe-gn)

Son parte del zócalo precambriano en el macizo de Illescas, son rocas de ortogneises tonalíticos de color grisáceo con característico bandeamiento compuestas por micas (biotitas) hornablendas principalmente, en conjunto es moteado con feldespatos, de aspecto plutónico, es de buena compacidad e impermeabilidad. La característica se aprecia en la siguiente vista fotográfica N° 02.



Figura N° 5.1: Gneises del Precámbrico indiviso

- Complejo Olmos (Pe-co).

Es una secuencia de esquistos de naturaleza pelítica, se le ubica en Olmos y consiste de esquistos pelíticos a cuarzosos, anfíbolitas de facies de esquistos verdes por el gran contenido de biotitas; presentan esquistosidad de flujo distinguiéndose en algunos casos micropliegues con buena compacidad e impermeabilidad.

La edad aún no es definida, presumiéndose que son rocas sedimentarias y volcánicas metamorfisadas de fines del Precámbrico al ordoviciano superior.

- Grupo Salas (Pi-s)

Es una secuencia de rocas metamórficas compuestas por filitas argiláceas gris marrones intercaladas con cineritas verdes que alternan con delgados horizontes de cuarcitas blanco grisáceas afectadas por una marcada esquistosidad y tobas pizarrosas que yacen sobre las rocas del complejo Olmos. En su base muestra conglomerado basal compuesto por fragmentos de esquistos metamorfisados, a lo largo de la faja Huarmaca – Canchaque - los ranchos y en el valle Huancabamba contiene grandes paquetes de material lávico de meta-andesitas. Generalmente el grado metamorfismo es menor al que presentan los esquistos del complejo Olmos.

De acuerdo a restos paleontológicos se le considera de Ordoviciano Inferior y se le correlaciona con la formación Contaya.

- Formación Río Seco (Pi-rs)

Secuencia epimetamórfica mayormente cuarcítica se le ubica en el caserío Río Seco (Morropón Huancabamba) se extiende a los valles del curso superior del río Piura cubriendo parte de los cuadrángulos de Morropón, Chulucanas y Olmos, consiste de bancos de 3 a 4m de cuarcitas gris oscuras a negruscas con intercalaciones de filitas lustrosas gris blanquecinas a blanco amarillentas así como pizarras negras lustrosas.

Por Suprayacer a la, formación Salas se le considera del Devónico tectonizado en la fase eo-herciniana. Se le correlaciona con la formación Cerro Negro de los Amotape, con la parte superior de la serie metamórfica de los cerros Illescas y con el grupo Cabanillas de la región Cabanillas de la región del Altiplano.

5.2.2 Rocas Volcano Sedimentarias

- Formación La Leche (TR-L).

Secuencia calcárea que yace sobre conglomerados continentales, tiene particulares características y ambiente geológico en el que se ha desarrollado, se le ubica en el sector noroccidental del cuadrángulo de Olmos dispuestos en dos fajas: la primera bordea los cerros Ñaupe y Tinajones y la segunda es una alineación sobre el flanco sur de la quebrada Limón y partes altas de Tablones donde conforma un anticlinal volcado. Se estima un grosor entre 700 y 1000 metros. Se compone de areniscas blanco amarillentas de grano fino, paquetes moderados de calizas bituminosas, gris oscuras particularmente silicificadas afectadas por deformación tectónica, calizas tobáceas o areniscas calcáreas blanco violáceas en capas delgadas, techo conformado por calizas

bituminosas de color gris negruzcas existen conglomerados parciales con elementos de cuarzos y brechas intraformacionales. En el sector Tablones – Sábila en anticlinal volcado son calizas oscuras en capas delgadas y tabulares. La formación La Leche presenta especímenes del Noriano y del Sinemuriano. Se le correlaciona con el Volcánilco Oyotun y con el Grupo Pucará de la región cordillerana y Subandina.

- Formación Sábila (Js-s)

Secuencia clástica ubicada en la localidad de Sábila, nacientes y ambas márgenes del río Limón conformando un sinclinal volcado, en discordancia erosional con la formación La Leche, la parte inferior está constituida por areniscas de grano fino de color gris plomiso a gris verdoso de matriz limolítica o lodolítica bastante cementadas con material silíceo o calcáreo y dispuestas en capas delgadas de 15 a 20cms, areniscas gris azulinas, areniscas tobáceas, conglomerados y brechas hacia el tope son limolitas y lodolitas negras en capas delgadas. Se le considera del Jurásico superior hasta del cretáceo y se le correlaciona con la formación Chicama y equivalente a la formación Tinajones.

- Grupo Goyllarisquisga (Ki-g),

Es de cerca de 300 metros compuesta de cuarcitas bastante tectonizadas yace en discordancia erosional sobre la formación La Leche y directamente discordante sobre el Grupo Salas, con un conglomerado basal.

Localmente se ha diferenciado dos miembros: el inferior se compone de 20m de areniscas arcósicas intercaladas con areniscas cineríticas blanco amarillentas y con microconglomerados cuarzosos y el miembro superior ampliamente expuesto es de bancos masivos de cuarcitas porfidoblasticas con microconglomerados lenticulares bastante compactos, bancos de cuarcitas grises de 3 a 4 metros con intercalaciones de lodolitas gris oscuras a negras cubierta concordantemente por la formación Chignia.

De acuerdo a flora fósil encontrada se le considera del Eocretáceo, y su correlación es posible que corresponda a la formación Chimú y/o formación Farrat por la litología bastante similar.

- Formación Chimú (Ki-chim)

Es una serie metamórfica constituida por cuarcitas recrystalizadas en horizontes de 20 a 50cm en la base están presentes una serie abigarrada compuesta por limolitas y areniscas.

Se le considera equivalente a las cuarcitas Chimú del grupo Goyllarisquisga y sería del Valanginiense inferior.

- Grupo San Pedro (Kim – sp).

Es una gruesa secuencia clástico-volcánica con espesor de 1200m presente en la localidad de San Pedro (Chulucanas), se compone de areniscas tobáceas gris parduzcas, areniscas lodolíticas duras de color negro, en la parte media lodolitas y/o

limolitas negras, en el tope subyace a volcánicos cretáceos, contiene también calizas, areniscas limosas y cuarcitas gris claras.

Se le considera del jurásico y cretáceo inferior, es correlacionada con el grupo Huayllapampa y formación Cochapunta.

- Volcánico Ereo (Km-ve).

Son rocas volcánicas mesozoicas ubicadas en Tambo grande (c. las Lomas) la localidad típica es el cerro El Ereo al Norte de T. grande. Se compone de lavas andesitas, brechas, basaltos olivínicos.

Suprayace al grupo San Pedro e infrayace al volcánico la Bocana por lo que es considerada del Albiano inferior a medio.

- Volcánico Chignia (Km-chi).

Secuencia calcárea – piroclástica, está en contacto inferior con la formación Goyllarisquisga, en aparente concordancia, su espesor es estimado en 400 metros, se compone en su parte inferior de cineritas blanquecinas, calizas, areniscas amarillentas de grano fino, areniscas limosas gris verdosas se intercalan con ignimbritas y areniscas calcáreas, en la parte intermedia son esquistos, también calizas blanco violáceas intercaladas con calizas blanco violáceas, hacia la parte superior son tobas consistentes y en la parte más alta son Margas gris claras que se intercalan con calizas.

La fauna encontrada indica que la formación tiene edad comprendida entre el Albiano medio y el superior; se correlaciona con las formaciones de Chúlec, Pariatambo, Muerto y Pananga así como también con las formaciones de volcánicos Ereo y La Bocana.

- Volcánico La Bocana (Km-vb)

Se le ubica en las inmediaciones del caserío La Bocana, es una serie volcánico sedimentaria compuesta de un miembro inferior es aglomerádico de composición andesítica que se intercala con limolitas areniscas calcáreas, calizas impuras con coloración gris verdoso a gris oscuro, mientras que el miembro superior es de lavas y tobas ignimbriticas intercaladas con calizas, margas etc.

Se le considera del Albiano superior y parte de esta unidad se le correlaciona con la formación Muerto de los Amotape.

- Volcánico Lancones (Km -vl).

Es de naturaleza volcánico sedimentaria ubicada en las inmediaciones de Lancones, se presenta en fajas angostas de brechas, andesitas, se intercala con niveles de margas, calizas areniscosas, limolitas con matices gris rojizos a gris violáceos, al tope de la formación son alternancias de calizas, areniscas friables, el espesor o grosor es de 1500 metros.

La edad le corresponde o está comprendida entre el Albiano superior y el cenomaniano inferior.

- Formación Jahuay Negro (Ks-jn).

Se le ubica en el lugar del mismo nombre, caracterizada por estar compuesta por areniscas feldespáticas gris verdosas, con intercalaciones de lodolitas negras o gris verdosas se intercalan también con brechas piroclásticas andesíticas y tobas líticas. Se le considera del cenomaniano superior pudiendo llegar hasta el Turoniano.

- Formación Tortuga (Ks-T).

Es una secuencia conglomerádica brechoide que alterna con lutitas, lodolitas y brechas ubicándose en Paita, La Ensenada, Tortugas y La Casita.

A las series conglomerádicas se les considera del Maestrichtiano.

- Formación La Mesa (Ks-Lm).

Se le ubica al Sureste de Paita, en el límite entre Piura y Paita, compuesta por calizas masivas de color gris claro y gradan a areniscas gris verdosas, limolitas pardo amarillentas. Por la fauna encontrada se le considera de edad del cretáceo superior.

- Formación Yapatera (Ti-y)

Es una secuencia de conglomerados intercalado con areniscas tobáceas ubicados en la localidad de Yapatera, presa San Lorenzo, el contacto inferior es en discordancia angular con el volcánico Lancones . Se le considera de edad del Terciario Inferior.

- Volcánico Llama (Ti-vll)

Aflora en el pueblo de Llama, es secuencia de andesitas, bancos gruesos de brechas piroclásticas y andesíticas, se intercala con tobas ácidas blanco verdosas y ocasionalmente se observan conglomerados volcánicos. En el cuadrángulo de Huancabamba presenta niveles sedimentarios de origen Lacustre, tal es el caso de las areniscas calcáreas y calizas fosilíferas, capas de yeso, arcillas, areniscas rojas y lavas andesíticas hay también la presencia de lodolitas tobáceas. El grosor es de 200 a 500 metros. Se le considera tentativamente del terciario inferior y se la correlaciona con los volcánicos Tembladera y Chilete del Cuadrángulo de Cajamarca- (parte del Grupo Calipuy).

- Volcánico Porculla (Tim-vp).

Se le ubica en el abra de Porculla en la zona de Olmos y Pomahuaca, está constituido por tobas andesíticas y riolíticas gris blanquecinas y en bancos masivos con intercalaciones de brechas piroclásticas andesíticas, el espesor es cerca de 600m.

Tentativamente se le considera de la parte alta del terciario inferior y parte baja del terciario medio. Se le correlaciona con el Volcánico San Pablo.

- Formación Talara (Te-t).

Se extiende a lo largo de la faja costanera y sur de Talara, se compone de lutitas grises a negras, conglomerados, areniscas cuarzosas gris verdosa, en la región Máncora

es conglomerado basal, areniscas arcillosas gris verdosas. El espesor es variable de 3000 hasta menos de 100 metros. De acuerdo a la fauna encontrada la edad es considerada desde el Eoceno medio a superior.

- Formación Verдум (Te-v).

Aflora desde Paita hacia el norte –Tumbes y en el cerro Illescas (Bayovar). Es una secuencia clástica de areniscas, lutitas laminares, conglomerados. Esta unidad es productora de petróleo. De acuerdo a la fauna determinada se le considera del Eoceno superior.

- Formación Chira (Te-ch).

Aflora a lo largo del río Chira, siendo las localidades típicas: Tamarindo, Amotape, Vichayal, hacia el norte se extienden hasta Talara, está conformada por lutitas bentónicas laminadas de tonalidades oscuras, areniscas intercaladas con lutitas micáceas, la parte media está compuesta solo por areniscas de grano grueso con horizontes conglomerádicos. El espesor de esta formación varía de 600 a 1300m. La edad de acuerdo a la fauna es del Eoceno Superior.

- Formación Chira Verдум (Te-chv).

Esta unidad es el resultado de la dificultad de separar la formación Verдум de la formación Chira por lo que el INGEMMET ha mapeado como una unidad, además las dos son del Eoceno superior y presentan litología similar.

- Formación Miramar (Te-mi)



Figura N° 5.2: Capas de restos de conchas en matriz calcárea de la formación Miramar

Aflora en el área de Bayovar, su sección típica está debajo de los tablazos cerca a la localidad de Miramar (entre Sechura y La Unión, también en Paita y el valle del Río Chira, la base de la Formación consiste de un conglomerado que está constituido por areniscas arcillosas arenas sin cohesión, areniscas tobáceas abigarradas, la parte

superior son areniscas coquiníferas de grano fino en matriz areno arcillosa. El espesor varía entre 400 y 800m. La edad de acuerdo a la fauna es del Mioceno superior.

- Formación Montera (Tm-mo).

Aflora en la quebrada Montera, (macizo de Illescas), en los acantilados marinos del área de Bayovar y en la ciudad de Sechura, está compuesta de bancos gruesos de areniscas amarillo grises a grises-beige, areniscas poco consolidadas y horizontes lenticulares de conglomerados, en la parte media está compuesta de alternancia de areniscas microconglomerádicas, ocurren interposiciones de conglomerados conchíferos, la parte superior son paquetes gruesos de conglomerados rojizos, cuarcitas, areniscas tobáceas así como por calizas descarlonatadas, en Sechura afloran areniscas calcáreas. El grosor es entre 60 y 218m. La edad considerada es del Mioceno inferior.

- Formación Zapallal Superior (Tm-zas).

Es la secuencia de mayor grosor y extensión regional, se diferencian dos miembros: miembro inferior compuesto por diatomitas tobáceas, fosfatos (entre 35 y 43m) con diatomitas y paquetes de tobas diatomáceas blandas de tonos grises y el miembro superior se compone de diatomitas yesíferas en donde se han distinguido 5 horizontes; areniscas hueco de almejas, zona mineralizada cero, diatomita Inca, zona mineralizada Minerva, Diatomita Quechua, y diatomita Estéril. La edad de acuerdo a la flora fósil - clase diatomácea se le considera del Mioceno Inferior a Medio y se le correlaciona con la formación Zorritos, Cardalitos, y formación Pisco.

- Formación Tambo Grande (Tp-tg).

Está expuesta en el sector de Tambo Grande (C° las Lomas), está conformada por areniscas semi consolidadas blanco grisáceas, intercalados por cenizas dacíticas, areniscas tobáceas, lodolitas grises y microconglomerados. Su edad se le ubica tentativamente en el Mioplioceno y es correlacionable con la formación Hornillos del Área de Bayovar.

- Tablazo Mancora (Qp-tm).

Se exponen al sur de los Órganos y Mancora, se componen de conglomerados, arenas finas o gruesas bioclásticas; son del Pleistoceno.

- Tablazo Talara (Qp-tt).

Se exponen en forma de costra sedimentaria con 3m de espesor (entre Mórrope hasta la zona de Talara se compone de conglomerados lumaquílicos poco consolidados, es de edad pleistocénica.

- Tablazo Lobitos (Qp-tl).

Constituye la plataforma más baja y está expuesta en la bahía de Sechura, se extiende desde Paita hasta Lobitos. Es secuencia conglomerádica con rodados subangulosos y matriz arenosa. Es considerada del pleistoceno



Figura N° 5.3: Tablazo Lobitos en la zona de Parachique

- Depósitos aluviales Antiguos (Qp-al).

Están formando terrazas y llanuras alejadas del curso actual, se componen de conglomerados, arenas, arcillas con espesores inclusive mayores a 10 metros con estratificación lenticular y/o laminados y son del Pleistoceno.

- Depósitos mixtos de Playa y Lacustres (Qr-mia).

Son los depósitos en fajas angostas de arenas recientes en el litoral del mar y en lagunas, formando cordones litorales y/o marginales.

- Depósitos de Playa (Qr-m).

Son los depósitos en fajas angostas de arenas recientes en el litoral del mar y forman cordones litorales

- Depósitos Eólicos (Qr-e).

Son acumulaciones de arenas transportadas por el viento y que ocupan extensas áreas de superficie de las pampas entre Sechura y Piura son antiguas y recientes.

Los depósitos antiguos forman gruesos mantos de arena y morfología de colinas disectadas por red fluvial dendrítica y hay fijados arbustos e inclusive han desarrollado arboles. Los depósitos eólicos recientes son erráticos y en ellos no se han desarrollado plantas.

- Depósitos Aluvio Fluviales (Qr-alf).

Son depósitos compuestos de cantos rodados, gravas, arenas, limos y arcillas, y/o mezcla de ellos, los cuales son acarreados por las aguas de los ríos y quebradas; depositados por pérdida del poder de transporte de las mismas. Ocupan valles de ríos y quebradas.



Figura N° 5.4: Capas intercaladas de arenas de diversos tamaños con restos orgánicos

5.2.3 Rocas Intrusivas

- Intrusivos Graníticos Indivisos (Pi-gr).

Son cuerpos plutónicos del paleozoico inferior, se les ubica en los cerros Amotape e Illescas y se caracterizan por ser de grano medio a grueso y por acción de tectonismo presentan en algunas zonas una gneisificación incipiente. Por efecto de meteorización se disgregan en arenas gruesas cuarzo feldespáticas, son rocas gris rosadas a verduscas según la predominancia de los minerales que la componen y en forma particular de cada zona donde están expuestas. Son consideradas del Paleozoico Inferior y superior y están afectando a la serie metamórfica indivisa

- Intrusivos Graníticos del Cretáceo (KTi-gr).

Son rocas intrusivas mesozoicas correspondientes al batolito costanero, se encuentran intruyendo a la secuencia cretácica: son dioritas y gabrodioritas, etc. La edad se enmarca en el Cretáceo superior.

5.3 Estructuras

La zona en estudio se ubica en lo que el INGEMMET denomina estructuralmente Zona Meridional y que corresponde al sur de la Falla Huaypira con rumbo NE que ha controlado estructuralmente la zona otras evidencias muestra en los cerros Amotape y en Illescas se ven estructuras con dirección predominante NW. Estructuralmente, se reconocen un sistema tipo Graben, entre la Cordillera de la Costa y lo que por motivos del presente estudio se considera el Flanco Noroccidental de la Cordillera de los Andes, que se orienta de Noreste hacia el Suroeste, sistema estructural que es cortado por una falla regional, hacia el Norte del área de estudios, esta falla se evidencia de tal forma que corta el recorrido del Río Piura, que en el Valle Alto se orienta de Este hacia el Oeste y en la zona Media y Baja es cortada por la divisoria de aguas Piura-Chira, redirigiendo sus cauces desde el Norte hacia el Suroeste. En el cuadro siguiente se

muestra el resumen de las condiciones litológicas del ambiente litológico que encierra al acuífero del Medio y Bajo Piura.

Tabla 5.1: Características Geológicas del Acuífero Medio y Bajo Piura

TIEMPO - ESTRATIGRAFÍA				TIPO DE ACUÍFERO	CARÁCTER HIDROGEOLÓGICO	COMPOSICIÓN LITOLÓGICA
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	FORMACIÓN			
Paleozoico	Indiviso		Gneises		Basamento impermeable	Ortogneises
Paleozoico	Pre cambriano		Complejo olmos		Basamento impermeable	Esquistos
Paleozoico		Inferior	Grupo salas		Basamento impermeable	Filitas, cuarcitas, tobas, conglomerados
Paleozoico		Inferior	Rio Seco		Basamento impermeable	Cuarcitas y pizarras
Mesozoico	Triásico		La Leche		Basamento impermeable	Conglomerados, areniscas, calizas
Mesozoico	Jurásico	Superior	Sábila		Basamento impermeable	Areniscas, areniscas tobáceas, conglomerados, brechas, limolitas y lodolitas
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Grr. Goyllarisquisga		Basamento impermeable	Areniscas, cuarcitas, microconglomerados, lodolitas.
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Chimú		Basamento impermeable	Cuarcitas, limolitas y gareniscas
Mesozoico	Cretáceo	Inf. Medio	San Pedro		Basamento impermeable	Areniscas tobáceas, lodolitas, limolitas, volcánicos, calizas, areniscas y cuarcitas
Mesozoico	Cretáceo	medio	Volcánico Ereo		Basamento impermeable	Andesitas, brechas, y basaltos
Mesozoico	Cretáceo	Medio	Chignia		Basamento impermeable	Calizas, areniscas, ignimbritas.
Mesozoico	Cretáceo	Medio	Volcánico la Bocana		Basamento impermeable	Andesitas, limolitas, calizas tobas
Mesozoico	Cretáceo	Medio	Volcánico Lacones		Basamento impermeable	Calizas, areniscas, limolitas.
Mesozoico	Cretáceo	Superior	Jahuay Negro		Basamento impermeable	Areniscas, lodolitas, andesitas y tobas
Mesozoico	Cretáceo	Superior	Tortuga		Basamento impermeable	Conglomerados, lutitas (lodolitas)
Mesozoico	Cretáceo	Superior	La Mesa		Basamento impermeable	Calizas, areniscas, limolitas.
Cenozoico	Terciario	Inferior	Yapatera		Basamento impermeable	Conglomerados, areniscas
Cenozoico	Terciario	Inferior	Volcánico Llama		Basamento impermeable	Andesitas, brechas, conglomerados
Cenozoico	Terciario	Inf. medio	Volcánico Porculla		Basamento impermeable	Tobas, andesitas, y riolitas.
Cenozoico	Terciario	Eoceno	Talara		Basamento impermeable	Lutitas, conglomerados, areniscas.
Cenozoico	Terciario	Eoceno	Verdum	Confinado?	Acuífero	Areniscas, lutitas y conglomerados.
Cenozoico	Terciario	Eoceno	Chira	Confinado?	Acuífero	Lutitas, areniscas, conglomerados.
Cenozoico	Terciario	Eoceno	Chira Verdum	Confinado?	Acuífero	Lutitas areniscas conglomerados
Cenozoico	Terciario	Medio	Miramar	Confinado?	Acuífero	Conglomerados, areniscas,
Cenozoico	Terciario	Medio	Montera	Libre al este, y confinado al oeste	Acuífero	Areniscas, Conglomerados, microconglomerados
Cenozoico	Terciario	Medio	Zapallal Superior	Confinado	Acuífero	Diatomitas, tobas diatomíticas, diatomitas yesíferas, .
			Zapallal inferior	Confinado	Acuífero	Areniscas
Cenozoico	Terciario	superior	Homillos	Confinado	Acuífero	Areniscas tobáceas, lodolitas y microconglomerados
Cenozoico	Cuaternario	Plioceno	Tablazo Mancora	Libre	Acuífero	Conglomerados, arenas finas.
Cenozoico	Cuaternario	Plioceno	Tablazo Talara	Libre	Acuífero	Conglomerados, arenas finas.
Cenozoico	Cuaternario	Plioceno	Tablazo Lobitos	Libre	Acuífero	Arenas
Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno	Dep. Aluviales Antiguos	Libre	Acuífero	Conglomerados, arenas, arcillas,
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Dep Mixtos de Playa y Lacustres		Indiferenciados	Arenas y limos
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Depósitos de Playa		Cobertura	Arenas
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Depósitos Eólicos		Cobertura	Arenas
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Dep. Aluvio Fluviales	Libre	Acuífero	Cantos, gravas, arenas, limos y arcillas.
Intrusivos						
Paleozoico	Indiviso		Granitos Indivisos		Basamento impermeable	Granitos
Mesozoico	Cretáceo - Terciario Inf.		Granitos		Basamento impermeable	dioritas, gabrodioritas, tonalitas

5.4 Geomorfología

El INGEMMET en el estudio Geología de los Cuadrángulos de Paita Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes y Zarumilla (Boletín N° 54 de la Serie “A” de la Carta Geológica Nacional, distingue con propiedad tres unidades que corresponden al acuífero Medio bajo Piura:

5.4.1 Plataforma Costanera.

Denominada así a la parte de costa o borde litoral hasta los cerros Amotape y hacia el norte hasta Talara con ancho variable de más menos 30 km. Con estructura geológica sedimentaria del Cretáceo-terciario adosada a rocas del basamento Paleozoico, esta geoforma se debe a eventos tectónicos del subsuelo con levantamientos verticales que han dado lugar a la conformación de terrazas marinas escalonadas conocidas como tablazos (Tablazos: Máncora, Talara, Lobitos y Salinas.)

5.4.2 Llanura Costanera.

Es la zona o superficie plana de carácter desértico que contiene al río Piura (medio y bajo Piura), y que es parte de la cuenca antigua Mesozoica rellena con sedimentos correspondientes a las formaciones Mancora, Heath, Montera, Zapallal, Miramar y depósitos recientes del cuaternario. Esta unidad está limitada hacia el litoral con la cordillera de la Costa y hacia el Este por la Cordillera Occidental Andina.

5.4.3 Cordilleras.

Se identifica dos cadenas de cordilleras: Cordillera de la Costa y la Cordillera Occidental de los Andes ambas son de naturaleza rocosa correspondientes a unidades metamórficas, intrusivas y volcánicas sedimentarias con gran variedad de unidades formacionales así como gran diversidad de materiales que las componen. Estas dos unidades geomorfológicas encierran a la llanura costanera y en ella al acuífero del medio Bajo Piura.

CAPÍTULO 6

Inventario de fuentes de agua subterránea

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



6. Inventario de Fuentes de Agua Subterránea

6.1 Inventario de Pozos

Se ha realizado el inventario de los pozos del acuífero del Medio y Bajo Piura, con el objetivo de conocer su ubicación, estado, características técnicas y cuantificar el volumen anual explotado, sobre la base de esta información se obtendrá el mapa de ubicación de las fuentes de agua subterránea (Ver Anexos: Mapas), que será la base de diferentes mapas temáticos.

El registro se realizó entre los meses de junio y noviembre de 2014. En total se censaron 398 pozos, entre tubulares, mixtos y tajo abiertos. En el Anexo I, se presenta el Cuadro de Características Técnicas de los Pozos Inventariados además de las Fichas con los datos tomados en campo, de cada uno de los pozos inventariados.

6.1.1 Código Del Inventario De Las Fuentes De Agua Subterránea

Para la identificación de las fuentes de aguas subterráneas se emplea un código compuesto de cuatro (04) números, de los cuales el 1ro, 2do y 3ro corresponden a los códigos del departamento, provincia y distrito y distrito respectivamente, mientras que el 4to corresponde al orden secuencial con que se registra a cada fuente en un distrito durante el inventario. Cuadro N° 6.1

Tabla 6.1: Código Inventario de Recursos Hídricos Subterráneos (N° IRHS)

DISTRITO	CÓDIGO BASE
Piura	20-01-01
Castilla	20-01-04
Catacaos	20-01-05
Cura mori	20-01-07
La Arena	20-01-09
El Tallán	20-01-08
La Unión	20-01-10
Bellavista	20-08-02
Vice	20-08-05
Bernal	20-08-03
Rinconada de Llicuar	20-08-06
Sechura	20-08-01
Cristo Nos Valga	20-08-04
Paita	20-05-01

6.1.2 Tipos de Fuentes de Agua Subterránea Inventariadas

Las fuentes de agua subterránea, pueden ser: manantiales, galerías y pozos, en el acuífero del medio y bajo Piura sólo se han inventariado pozos.

6.1.2.1 Pozos

Los pozos son obras para el alumbramiento de aguas subterráneas; en el inventario de fuentes de agua subterránea del acuífero del Medio y Bajo Piura del 2014, se han encontrado un total de 398 pozos, de los cuales 262 son tubulares y 136 son a tajo abierto. La distribución de los mismos, se presentan en el Cuadro N° 6.2 y Figura N° 13.

Tabla 6.2: Inventario de Pozos por Años

Distrito	N° de pozos 1980	N° pozos 2004	N° pozos 2011	N° Pozos 2014
Piura	26	26	40	48
Castilla	30	30	52	71
Catacaos	43	52	62	73
Cura morí	15	19	21	23
El Tallán	5	7	9	11
La Arena	20	27	36	53
La Unión	11	23	29	30
Sechura	10	12	14	52
Bellavista	4	4	7	8
Bernal	6	9	10	9
Cristo Nos Valga		2	6	7
Vice	4	4	4	7
Rinconada de Llicuar	4	4	5	6
Total	170	219	295	398

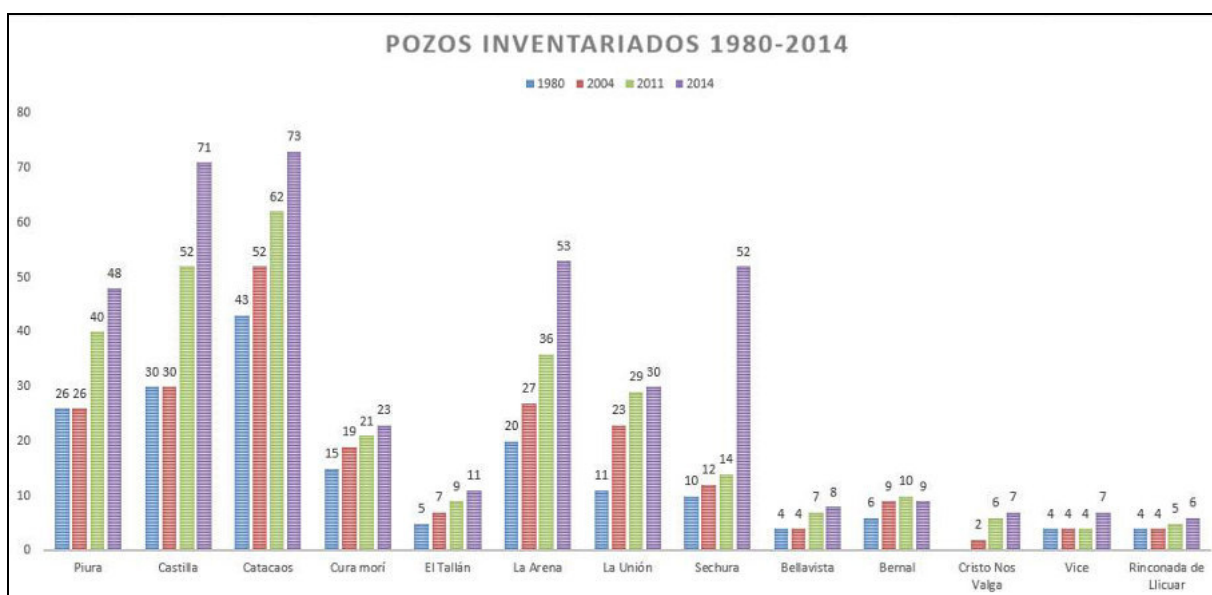


Figura N° 6.1: Variación del número de pozos inventariados en el Valle Medio y Bajo Piura

- 6.3.1.1 Tipo de pozos

Según el tipo los pozos pueden ser tubulares y tajos abierto. En este inventario del 2014, se han identificado 398 pozos, de ellos 262 (65.83 %) son tubulares y 136 (34.17 %) tajos abierto. Ver Cuadro N° 6.3 y Anexo de Mapa de Inventarios.

Tabla 6.3: Tipo de Pozos según Tipo de Perforación

SEGÚN TIPO PERFORACIÓN	CANTIDAD
TUBULARES	262
TAJO ABIERTO	136
TOTAL	398



FOTOGRAFIA 06: Pozo IRHSN° – 006, pozo tubular de uso de riego ubicado en el distrito de Cristo Nos Valga



FOTOGRAFIA 07: Pozo IRHSN°– 042, pozo tajo abierto de uso doméstico-riego ubicado en el distrito de Sechura

- Estado de los pozos

El 2014, se han inventariado 164 pozos utilizados, que representan 41,96% de pozos, de éstos 79 tubulares y 25 son a tajo abierto, siendo los distritos de

Catacaos, Sechura y Castilla y Piura donde se ubican la mayor cantidad de pozos utilizados, con 29, 25, 23 y 22 pozos cada uno.

También se encontraron 50 pozos utilizables, que representan el 12,56% del total, la mayor cantidad de pozos utilizables se ubica en el distrito de Castilla con 22 pozos, seguido por los distritos de Piura con 8 pozos y Catacaos con 7 pozos.

Asimismo se censaron 181 pozos no utilizables, que representan el 45,48% del total inventariado, siendo los distritos de Catacaos, La Arena, Castilla y Sechura los que presentan mayor número de pozos no utilizables, con 37, 32, 26 y 25 pozos respectivamente. En el siguiente cuadro se muestra la distribución de los pozos según su estado para el año 2014.

Quadro N° 6.4:
Tipo de Pozos según su Estado

SEGÚN ESTADO DEL POZO	CANTIDAD
UTILIZADO	167
UTILIZABLE	50
NO UTILIZABLE	181
TOTAL	398

- Uso de los pozos

El 2014, según su uso se encontraron 152 pozos, de los cuales, 102 pozos son de uso doméstico (67%), 7 de uso industrial (4.61%), 8 de riego (5.26%) y 35 de uso pecuario (3.95%).

Quadro N° 6.5:
Tipo de Pozos según su Uso

Uso	Código	Número	Porcentaje
Agrícola	A	8	5.26
Doméstico	D	50	32.89
Doméstico-Pecuario	D-P	49	32.24
Doméstico-Pecuario-Industrial	D-P-I	3	1.97
Industrial	I	7	4.61
Pecuario	P	29	19.08
Pecuario-Agrícola	P-A	6	3.95
TOTAL		152	100.00

- Rendimiento de los pozos

La mayor extracción de agua subterránea en el valle se realiza a través de pozos tubulares, por lo tanto los máximos rendimientos o caudales se encuentran en este tipo de aprovechamientos.

En pozos de uso doméstico, en los distritos de Piura, Castilla y Catacaos, se observan mayormente caudales entre 0.2 l/s y 95 l/s, mientras que en los distritos La Arena, Tallan, Sechura, La Unión, Bellavista, Cura Mori y Bernal, los rendimientos se encuentran entre 0.05 l/s y 40 l/s.

En los pozos de uso industrial se observa un rendimiento puntual de 80 l/s en el IRHS N° 46, distrito de Castilla. En los pozos de riego los rendimientos se encuentran entre 2.5 l/s y 80 l/s.

Los rendimientos de todos los pozos productivos, se aprecia en el Anexo I: Inventario de Fuentes de Agua Subterránea; en los Cuadros de Características Técnicas, medidas realizadas y volúmenes de explotación.

6.1.2.2 Explotación del acuífero

- Por tipo de pozo

La mayor explotación anual de las aguas subterráneas en el acuífero del Medio y Bajo Piura, es a través de pozos tubulares, 54.438.582,48 m³ (54.4 hm³/año) equivalente al 93.67% del total explotado. Con los pozos a tajo abierto se ha explotado una masa anual de agua de 3681797.39 m³ (3.68 hm³/año) que representa el 6.33 % del volumen total. Ver Cuadro N° 6.6.

Cuadro N° 6.6
Rendimiento de Tipo de Uso

Tipo	Volumen Anual (m3)
Tubular	54438582.48
Tajo Abierto	3681797.39
Total	58120379.87

- Por uso del pozo

La mayor explotación anual, de las aguas subterráneas en el acuífero del Medio y Bajo Piura, es por uso doméstico y asciende a 44131131 m³ (44.13 hm³/año), mientras que en los usos industriales ascienden a 2042470 m³ y riego las extracciones son de 2745503 m³ (2.75 hm³/año). Esto se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 6.7
Rendimiento de Pozos Por Uso

USO	TOTAL (m3)
Agrícola	2745403.00
Doméstico	44131131.00
Doméstico-Pecuario	4260465.17
Doméstico-Pecuario-Industrial	315360.00
Industrial	2042470.00
Pecuario	1435310.30
Pecuario-Industrial	13140
No Especificado	3177100.40

USO	TOTAL (m3)
Total	58120379.87

En el siguiente gráfico se aprecia que el mayor uso de agua se produce en el distrito de Piura, con más de 34 hm³/año, a la vez que en el distrito de Rinconada Llicuar, se produce el menor consumo anual de agua, siendo 91 m³/año.

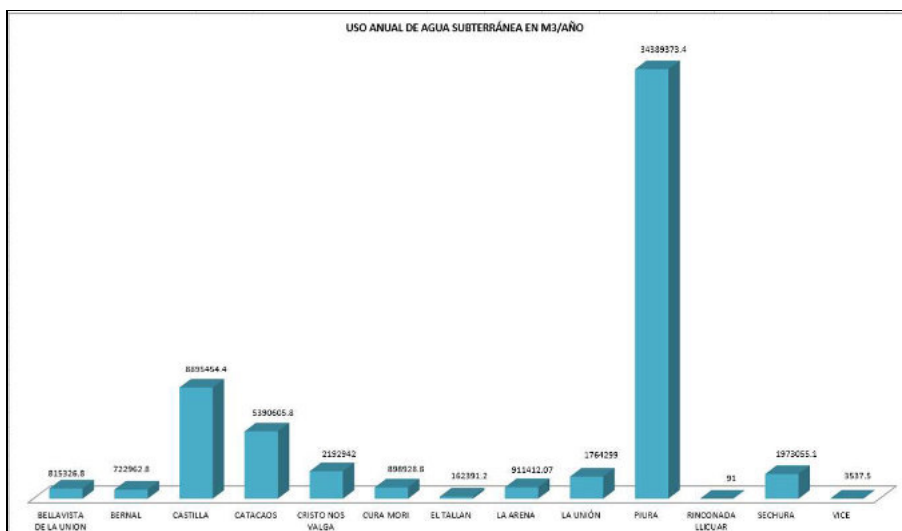


Figura N° 15: Variación del uso de agua por distritos

- Explotación histórica

En 1980, la Dirección General de Aguas y Suelos en el año 1980 registró un total de 58 pozos utilizados, mediante los cuales se explotó del acuífero 27.009.954 m³ (27,01 hm³/año), que equivale un caudal continuo de 856 litros/s.

El 2004, la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA, inventarió las fuentes de agua subterránea, determinando el volumen anual explotado, del acuífero, en 43.332.011 m³ (43,33 hm³/año), que equivale a un caudal continuo de 1374 litros/s.

El 2011, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), actualizó el inventario y explotación del agua subterránea, en el acuífero del Medio y Bajo Piura, el volumen anual explotado fue de 36.567.093 m³ (36,57 hm³/año), que equivale a un caudal continuo de 1.160 litros/s.

El 2014, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), actualizó el inventario y explotación del agua subterránea, en el acuífero del Medio y Bajo Piura, el volumen anual explotado fue de 58.120.379 m³ (58,12 hm³/año), que equivale a un caudal continuo de 1.840 litros/s. Estas variaciones se muestran en el siguiente cuadro y la Figura N° 16.

Quadro N° 6.8

Variación Temporal de Volúmenes de Explotación de Aguas Subterráneas

Volumen Explotado	Años de Control			
	1980	2004	2011	2014
	DGAS	IRH- INRENA	ANA	ANA
m3/año	27009954	43332011	36567093	58120379.87
hm3/año	27,01	43,33	36,57	58,12
litros/ s.	856	1.374	1.16	1.84



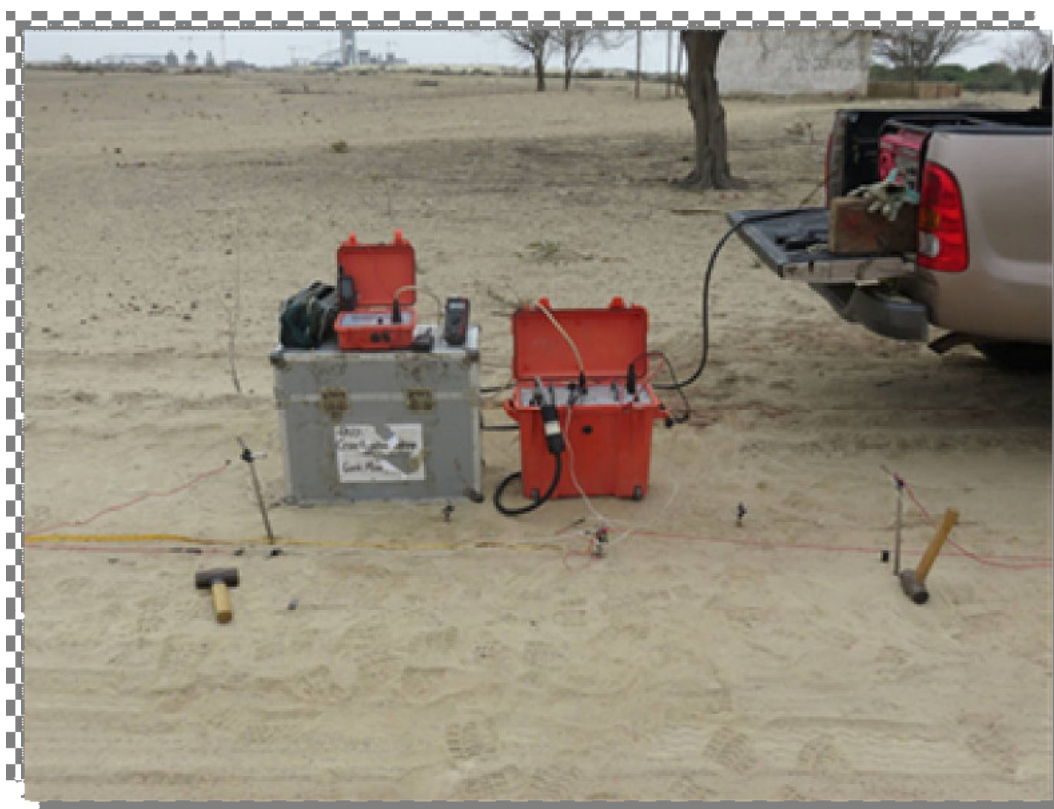
Figura N° 16: Histograma de Explotación Volumétrica del Acuífero

CAPÍTULO 7

Prospección Geofísica

Estudio

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



7. Prospección Geofísica

Se presenta el informe técnico realizado con la finalidad de presentar los resultados realizados durante una campaña de recolección de datos geofísicos aplicando el método de las resistividades eléctricas, en el marco del estudio Hidrogeológico para el Valle Medio y Bajo Piura, además se incluye en las secciones realizadas los resultados de estudios geofísico con el método electromagnético aplicando el TDEM, éstos se recopilan en el ANEXO 3: PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.

7.1 Objetivos del Estudio

El objetivo del Estudio Geofísico es determinar el nivel freático en función de los cambios de valores de resistividad en profundidad, los resultados de este estudio geofísico se presentan en este informe, el cual contiene a su vez una descripción de los procedimientos, la metodología empleada y la interpretación de cada SEV. Como Objetivos puntuales tenemos:

- Determinar la presencia de aguas subterráneas dentro de las zonas estudiadas.
- Determinar los Niveles Freáticos dentro de las Zonas si es que se lograra definir.
- Determinar y correlacionar las características geoeléctricas de la zona para una posterior integración con data geológica.

7.2 Métodos de Adquisición de Datos

Se utilizó información de Sondajes por Métodos Electromagnéticos en el Dominio del Tiempo junto con los Sondajes Eléctricos Verticales a fin de caracterizar los horizontes con potencial de saturación hidrogeológica en el Valle Medio y Bajo Piura. La localización de los sectores investigados se muestra en el Anexo 4: Mapas adjunto en versión digital del presente tomo.

Para realizar la recolección de datos de resistividad tanto de los Sondajes Eléctricos Verticales como de las tomografías eléctricas se consideraron los siguientes parámetros que se muestran en los cuadros siguientes.

Quadro N° 7.1:

Parámetros de adquisición de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEVs)

METODO SCHLUMBERGER:	DESCRIPCIÓN
Mediciones	Dominio de Tiempo cada 2 seg.
Configuración	Schlumberger
Extensión de cables AB/2	300 metros
Electrodo de corriente (AB)	2 electrodos metálicos
Electrodos de potencial (MN)	2 electrodos metálicos

Quadro N° 7.2:
Parámetros de adquisición de la Tomografía Eléctrica.

Parámetros	Modo de Adquisición
Mediciones	Dominio de Tiempo
Intervalo entre las líneas	Indistinto
Configuración de electrodos	Polo – Dipolo
Extensión del dipolo	10 mts
Densidad de puntos	2000 pto / km
Profundidad nominal	100 metros
Factor de separación (n)	Lecturas de n 1 a n 20
Ventanas de medición	20 ventanas de 80 milisegundos
Tiempo de Retraso	240 mseg

En la recolección de información se consiguió el plano topográfico del área de estudio, considerando la profundidad de investigación (entre 200 y 300 metros) y se realizó el planteamiento de los puntos. El posicionamiento de los puntos se realiza en campo según se vaya observando la ubicación planteada y considerando las condiciones de los terrenos, los accesos y otras condiciones que deben ser tomadas en cuenta para poder realizar el punto en las zonas planteadas.

7.2.1 Metodologías de Campo

El procedimiento de campo está dado por los siguientes procesos:

- Reconocimiento de la zona de estudio. Se realizó un análisis visual de las características del terreno, evaluando la accesibilidad, peligros y riesgos que puedan suscitarse.
- Instalación de equipos y cables. Una vez realizada la inspección de la zona, se procedió a determinar la ubicación de las líneas, observando la extensión y dirección de estas para proceder a realizar el tendido de los cables y la instalación de los electrodos.
- Toma de datos. Al momento de realizar las medidas se contó con el apoyo de radios móviles para la comunicación entre el operario y los apoyos indicando cuando ellos pueden desplazarse a realizar la conexión en los siguientes puntos.
- Cada tendido de cable era de aproximadamente 300 metros tanto para los SEV como la tomografía con la diferencia que en los SEVs se distribuía 4 electrodos y en el caso de las tomografías se dispusieron de 10 electrodos distribuidos a cada 20 metros a lo largo de línea.
- En el presente informe se reporta los SEVs ejecutados dentro del proyecto del estudio Hidrogeológico del Valle del Medio y Bajo Piura realizados en los meses de Junio a Noviembre del 2014, en el cuadro 7.3 se muestra los SEV ejecutados.

Quadro N° 7.4:
Ubicación de los Sondajes Geofísicos

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
1	PIURA	SECHURA	SECHURA	538476	9377102	25
2	PIURA	SECHURA	SECHURA	537202	9373306	17
3	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	531315	9388698	32
4	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	526827	9389688	29
5	PIURA	SECHURA	SECHURA	518917	9381440	29
6	PIURA	SECHURA	BERNAL	527709	9393558	25
7	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	531668	9388162	29
8	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	533625	9386234	30
9	PIURA	SECHURA	SECHURA	536750	9380858	21
10	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	541780	9384854	25
11	PIURA	SECHURA	VICE	526686	9402504	22
12	PIURA	SECHURA	SECHURA	546929	9377686	29
13	PIURA	SECHURA	SECHURA	545636	9377794	27
14	PIURA	SECHURA	SECHURA	544768	9378332	20
15	PIURA	SECHURA	SECHURA	544272	9378498	20
16	PIURA	SECHURA	SECHURA	546095	9376458	18
17	PIURA	SECHURA	VICE	524753	9402924	49
18	PIURA	SECHURA	VICE	523596	9402200	48
19	PIURA	SECHURA	VICE	522702	9402410	49
20	PIURA	SECHURA	VICE	523396	9403265	52
21	PIURA	PIURA	LA UNION	522500	9404378	50
22	PIURA	PIURA	LA UNION	523871	9404654	41
23	PIURA	PIURA	LA UNION	522876	9404748	44
24	PIURA	PIURA	LA UNION	522063	9405416	36
25	PIURA	PIURA	LA UNION	523610	9405782	40
26	PIURA	SECHURA	VICE	521301	9402722	56
27	PIURA	SECHURA	VICE	518673	9402396	32
28	PIURA	SECHURA	VICE	517362	9402254	37
29	PIURA	SECHURA	VICE	515852	9402440	43
30	PIURA	SECHURA	VICE	514627	9402866	56
31	PIURA	SECHURA	VICE	523391	9401040	44
32	PIURA	SECHURA	VICE	522526	9401548	32
33	PIURA	SECHURA	VICE	521519	9402280	51
34	PIURA	SECHURA	VICE	521372	9403156	52
35	PIURA	SECHURA	VICE	522358	9403192	48
36	PIURA	SECHURA	VICE	520724	9404114	59
37	PIURA	SECHURA	VICE	519691	9403700	29
38	PIURA	SECHURA	VICE	518491	9404122	41
39	PIURA	SECHURA	VICE	517636	9404614	39
40	PIURA	SECHURA	VICE	520245	9398872	53
41	PIURA	SECHURA	VICE	519185	9399060	52
42	PIURA	SECHURA	VICE	517989	9398940	48

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
43	PIURA	SECHURA	VICE	516809	9398894	56
44	PIURA	SECHURA	VICE	517989	9398940	48
45	PIURA	PIURA	LA UNION	521607	9404742	49
46	PIURA	PIURA	LA UNION	516802	9407126	27
47	PIURA	PIURA	LA UNION	518838	9409380	38
48	PIURA	PIURA	LA UNION	519529	9408328	30
49	PIURA	SECHURA	BELLAVISTA DE LA UNION	527294	9400072	27
50	PIURA	SECHURA	VICE	526185	9398998	31
51	PIURA	SECHURA	VICE	525877	9399758	28
52	PIURA	SECHURA	VICE	524779	9399414	26
53	PIURA	PIURA	EL TALLAN	544151	9394316	41
54	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	546685	9393364	45
55	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	547029	9391710	44
56	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	547375	9390234	60
57	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	547863	9388170	54
58	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	548244	9386794	54
59	PIURA	SECHURA	VICE	527048	9402368	31
60	PIURA	PIURA	LA UNION	526185	9403730	42
61	PIURA	PIURA	LA UNION	525037	9403578	49
62	PIURA	PIURA	LA UNION	528428	9406074	31
63	PIURA	PIURA	LA UNION	525850	9406794	29
64	PIURA	PIURA	LA ARENA	526779	9409086	38
65	PIURA	PIURA	LA ARENA	524486	9410754	32
66	PIURA	PIURA	LA ARENA	525795	9410650	33
67	PIURA	PIURA	LA ARENA	529380	9409979	34
68	PIURA	PIURA	LA ARENA	527601	9411672	32
69	PIURA	PIURA	LA ARENA	529025	9414134	34
70	PIURA	PIURA	CATACAOS	528813	9416955	35
71	PIURA	PIURA	CATACAOS	526439	9419133	57
72	PIURA	PIURA	LA UNION	532299	9404773	29
73	PIURA	PIURA	LA UNION	533426	9403552	29
74	PIURA	PIURA	EL TALLAN	533409	9400828	21
75	PIURA	PIURA	LA ARENA	535920	9402869	28
76	PIURA	PIURA	PIURA	541981	9429930	54
77	PIURA	PIURA	PIURA	542001	9429942	52
78	PIURA	PIURA	PIURA	542018	9429960	56
79	PIURA	PIURA	PIURA	542005	9429960	54
80	PIURA	PIURA	PIURA	542011	9429920	56
81	PIURA	PIURA	CASTILLA	542958	9428134	43
82	PIURA	PIURA	CASTILLA	543874	9431878	59
83	PIURA	PIURA	CASTILLA	543006	9433688	61
84	PIURA	PIURA	CASTILLA	544723	9436640	54
85	PIURA	PIURA	PIURA	533487	9428838	45

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
86	PIURA	PIURA	PIURA	531827	9429320	54
87	PIURA	PIURA	PIURA	528615	9430000	91
88	PIURA	PIURA	CATACAOS	542904	9418170	42
89	PIURA	PIURA	CATACAOS	544666	9416522	46
90	PIURA	PIURA	CATACAOS	547579	9418098	54
91	PIURA	PIURA	CATACAOS	542618	9415214	25
92	PIURA	PIURA	PIURA	532485	9442514	70
93	PIURA	PIURA	PIURA	532673	9440332	74
94	PIURA	PIURA	PIURA	532602	9437660	77
95	PIURA	PIURA	PIURA	533067	9434266	60
96	PIURA	PIURA	CATACAOS	542045	9413180	42
97	PIURA	PIURA	CURA MORI	542211	9409540	35
98	PIURA	PIURA	CURA MORI	542575	9406060	34
99	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	524383	9430846	110
100	PIURA	PIURA	PIURA	526178	9430756	111
101	PIURA	PIURA	CASTILLA	546475	9428814	72
102	PIURA	PIURA	CASTILLA	551086	9429722	95
103	PIURA	PIURA	CASTILLA	559018	9430882	190
104	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	567087	9454092	117
105	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	569687	9453398	87
106	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	568837	9458878	85
107	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	564394	9459594	91
108	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	560851	9460213	91
109	PIURA	PIURA	CATACAOS	536526	9421882	42
110	PIURA	PIURA	CATACAOS	534721	9419907	37
111	PIURA	PIURA	CURA MORI	533742	9410880	29
112	PIURA	PIURA	LA ARENA	534248	9407806	28
113	PIURA	PIURA	LA ARENA	535022	9405162	27
114	PIURA	PIURA	LA ARENA	535310	9403777	25
115	PIURA	PIURA	LA UNION	532785	9404648	24
116	PIURA	PIURA	CURA MORI	534574	9410621	33
117	PIURA	PIURA	CATACAOS	537048	9416652	35
118	PIURA	PIURA	CATACAOS	538340	9415501	32
119	PIURA	PIURA	LA ARENA	532443	9412937	29
120	PIURA	PIURA	LA ARENA	531011	9412128	30
121	PIURA	PIURA	LA ARENA	530017	9412870	25
122	PIURA	PIURA	LA ARENA	527666	9412611	29
123	PIURA	PIURA	CATACAOS	532774	9414487	27
124	PIURA	PIURA	CATACAOS	532024	9416978	27
125	PIURA	PIURA	CATACAOS	530748	9418170	30
126	PIURA	PIURA	CATACAOS	530418	9417041	29
127	PIURA	PIURA	LA ARENA	530624	9413765	30
128	PIURA	SECHURA	RINCONADA LLICUAR	525646	9394994	14

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
129	PIURA	SECHURA	BERNAL	528908	9396582	18
130	PIURA	SECHURA	BERNAL	528356	9396599	24
131	PIURA	SECHURA	BERNAL	528497	9395402	22
132	PIURA	SECHURA	BERNAL	529567	9397984	20
133	PIURA	SECHURA	BERNAL	529914	9399120	19
134	PIURA	SECHURA	BERNAL	531204	9397751	17
135	PIURA	SECHURA	BERNAL	531576	9396551	21
136	PIURA	SECHURA	BERNAL	530554	9395939	23
137	PIURA	SECHURA	BERNAL	531619	9395303	22
138	PIURA	PIURA	PIURA	537261	9428185	43
139	PIURA	PIURA	PIURA	537322	9430192	61
140	PIURA	PIURA	CATACAOS	540437	9418225	34
141	PIURA	PIURA	CATACAOS	539638	9416451	32
142	PIURA	PIURA	CATACAOS	539523	9414555	34
143	PIURA	PIURA	CATACAOS	539437	9413011	33
144	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	562639	9434596	204
145	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	564245	9441119	195
146	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	565464	9446184	156
147	PIURA	PIURA	CASTILLA	556645	9430168	167
148	PIURA	PIURA	PIURA	537174	9434177	57
149	PIURA	PIURA	PIURA	537283	9432592	55
150	PIURA	PIURA	PIURA	533485	9450394	102
151	PIURA	PIURA	PIURA	534455	9452009	89
152	PIURA	PIURA	PIURA	533236	9445546	75
153	PIURA	PIURA	CATACAOS	532958	9415767	32
154	PIURA	PIURA	CATACAOS	533667	9417451	33
155	PIURA	PIURA	CATACAOS	534950	9418781	36
156	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	569687	9431468	256
157	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	567238	9431076	250
158	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	565925	9431073	243
159	PIURA	PIURA	CASTILLA	562313	9431272	203
160	PIURA	PIURA	LASLOMAS	578470	9475772	215
161	PIURA	PIURA	LASLOMAS	577950	9474088	207
162	PIURA	PIURA	LASLOMAS	578696	9472159	202
163	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	580211	9470541	199
164	PIURA	PIURA	CATACAOS	531033	9427242	38
165	PIURA	PIURA	CATACAOS	532105	9428365	47
166	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	525750	9432388	117
167	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	524610	9433470	107
168	PIURA	PIURA	CATACAOS	533698	9415504	37
169	PIURA	PIURA	CATACAOS	534002	9416709	32
170	PIURA	PIURA	CATACAOS	534434	9417681	40
171	PIURA	PIURA	CATACAOS	536774	9419198	44

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
172	PIURA	PIURA	CATACAOS	539214	9421647	38
173	PIURA	PIURA	CASTILLA	539353	9422460	41
174	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	546213	9383211	11
175	PIURA	SECHURA	SECHURA	536884	9378076	16
176	PIURA	PIURA	PIURA	533436	9431582	48
177	PIURA	PIURA	PIURA	533893	9435391	52
178	PIURA	PIURA	PIURA	535257	9435277	52
179	PIURA	PIURA	PIURA	534784	9435615	58
180	PIURA	PIURA	PIURA	534815	9436946	57
181	PIURA	PIURA	EL TALLAN	536140	9401053	29
182	PIURA	PIURA	EL TALLAN	537964	9400671	28
183	PIURA	PIURA	EL TALLAN	539457	9400094	31
184	PIURA	PIURA	EL TALLAN	539270	9398115	18
185	PIURA	PIURA	LA ARENA	530884	9408834	21
186	PIURA	PIURA	LA ARENA	530292	9409800	25
187	PIURA	PIURA	LA ARENA	528595	9409915	23
188	PIURA	PIURA	LA ARENA	527248	9409324	24
189	PIURA	PIURA	LA UNION	530571	9408395	26
190	PIURA	PIURA	LA ARENA	532708	9411579	30
191	PIURA	PIURA	LA UNION	526447	9406564	30
192	PIURA	PIURA	CASTILLA	545235	9438074	50
193	PIURA	PIURA	CASTILLA	545085	9439011	51
194	PIURA	PIURA	CASTILLA	544839	9440475	58
195	PIURA	PIURA	CASTILLA	543916	9443563	59
196	PIURA	PIURA	CASTILLA	545868	9447278	59
197	PIURA	PIURA	CASTILLA	545907	9449129	100
198	PIURA	PIURA	CASTILLA	542364	9428508	22
199	PIURA	PIURA	PIURA	540311	9431806	43
200	PIURA	PIURA	PIURA	539932	9434471	55
201	PIURA	PIURA	PIURA	540005	9435899	56
202	PIURA	PIURA	PIURA	540935	9436905	46
203	PIURA	PIURA	PIURA	541155	9438833	74
204	PIURA	PIURA	PIURA	540227	9439762	63
205	PIURA	PIURA	PIURA	540907	9440528	60
206	PIURA	PIURA	CASTILLA	546798	9449014	55
207	PIURA	PIURA	CASTILLA	548549	9449103	63
208	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	549617	9449705	69
209	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	550908	9450011	104
210	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	551997	9449778	111
211	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	554044	9450006	140
212	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	553936	9452041	121
213	PIURA	PIURA	PIURA	540371	9443870	84
214	PIURA	PIURA	PIURA	538349	9444372	82

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
215	PIURA	PIURA	PIURA	538479	9445938	86
216	PIURA	PIURA	PIURA	539140	9447957	86
217	PIURA	PIURA	PIURA	539427	9450018	93
218	PIURA	PIURA	PIURA	539844	9451543	83
219	PIURA	PIURA	PIURA	540688	9453954	92
220	PIURA	SECHURA	SECHURA	547712	9373783	52
221	PIURA	SECHURA	SECHURA	546836	9378789	23
222	PIURA	SECHURA	SECHURA	546967	9380933	13
223	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	546605	9383136	21
224	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	546093	9386084	32
225	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	545288	9389447	32
226	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	544838	9391075	27
227	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	544433	9392801	25
228	PIURA	PIURA	EL TALLAN	543740	9396261	27
229	PIURA	PIURA	EL TALLAN	542591	9400055	27
230	PIURA	PIURA	EL TALLAN	541810	9400137	27
231	PIURA	PIURA	EL TALLAN	540754	9400366	27
232	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	546333	9454628	90
233	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	549529	9454263	84
234	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	553471	9455729	103
235	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	554190	9463761	161
236	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	554154	9461648	134
237	PIURA	PIURA	PIURA	534795	9445133	67
238	PIURA	PIURA	PIURA	536122	9444955	66
239	PIURA	PIURA	PIURA	536320	9444183	71
240	PIURA	PIURA	PIURA	536642	9442658	73
241	PIURA	PIURA	PIURA	536860	9441393	88
242	PIURA	PIURA	PIURA	536310	9440048	80
243	PIURA	SECHURA	RINCONADA LLICUAR	525399	9396251	17
244	PIURA	SECHURA	VICE	525655	9398024	20
245	PIURA	SECHURA	VICE	525462	9399312	22
246	PIURA	SECHURA	VICE	525585	9400586	25
247	PIURA	SECHURA	VICE	526550	9401236	21
248	PIURA	PIURA	PIURA	537061	9435800	54
249	PIURA	PIURA	PIURA	536969	9437170	57
250	PIURA	PIURA	PIURA	536729	9438771	61
251	PIURA	PIURA	PIURA	535827	9441087	62
252	PIURA	PIURA	PIURA	533499	9441864	61
253	PIURA	PIURA	PIURA	533711	9442494	67
254	PIURA	PIURA	CATACAOS	537854	9419413	18
255	PIURA	PIURA	CATACAOS	539366	9419284	32
256	PIURA	PIURA	CATACAOS	539891	9420426	39
257	PIURA	PIURA	CATACAOS	538603	9418404	45

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
258	PIURA	PIURA	CATACAOS	537755	9417608	40
259	PIURA	PIURA	CATACAOS	535877	9415874	36
260	PIURA	PIURA	PIURA	537384	9443687	79
261	PIURA	PIURA	PIURA	537213	9444803	81
262	PIURA	PIURA	PIURA	536602	9446173	76
263	PIURA	PIURA	PIURA	536942	9447343	75
264	PIURA	PIURA	PIURA	537288	9448818	78
265	PIURA	PIURA	PIURA	537483	9450059	82
266	PIURA	PIURA	PIURA	535906	9449064	83
267	PIURA	PIURA	PIURA	534663	9447388	86
268	PIURA	SECHURA	VICE	506868	9410198	78
269	PIURA	SECHURA	VICE	516830	9403212	50
270	PIURA	SECHURA	VICE	514202	9404538	59
271	PIURA	SECHURA	VICE	517814	9405453	46
272	PIURA	SECHURA	VICE	511782	9391113	10
273	PIURA	SECHURA	VICE	513483	9391304	16
274	PIURA	SECHURA	VICE	514815	9392227	16
275	PIURA	SECHURA	VICE	516658	9393754	35
276	PIURA	SECHURA	VICE	517808	9394540	43
277	PIURA	SECHURA	VICE	519203	9396147	44
278	PIURA	SECHURA	SECHURA	531920	9369585	23
279	PIURA	SECHURA	SECHURA	531881	9372757	19
280	PIURA	SECHURA	SECHURA	531695	9374242	22
281	PIURA	SECHURA	SECHURA	533967	9374944	22
282	PIURA	SECHURA	SECHURA	522617	9386984	19
283	PIURA	SECHURA	SECHURA	523987	9387265	19
284	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	525551	9388598	20
285	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	526370	9389872	23
286	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	527528	9391650	21
287	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	528547	9391119	25
288	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	529283	9391956	29
289	PIURA	PIURA	CATACAOS	567940	9420034	270
290	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	563695	9431255	255
291	PIURA	PIURA	CASTILLA	561733	9433076	198
292	PIURA	PIURA	CASTILLA	554888	9429635	149
293	PIURA	PIURA	CASTILLA	552519	9428949	119
294	PIURA	PIURA	CASTILLA	549445	9428437	84
295	PIURA	SECHURA	VICE	519957	9394816	42
296	PIURA	SECHURA	SECHURA	520590	9393963	38
297	PIURA	SECHURA	SECHURA	520703	9392604	41
298	PIURA	PIURA	EL TALLAN	545953	9398748	38
299	PIURA	PIURA	EL TALLAN	547723	9398655	50
300	PIURA	PIURA	EL TALLAN	549694	9398523	61

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
301	PIURA	PIURA	CATACAOS	551678	9398663	85
302	PIURA	PIURA	CATACAOS	553544	9398396	105
303	PIURA	PIURA	CATACAOS	555141	9398238	110
304	PIURA	PIURA	CATACAOS	556642	9399092	114
305	PIURA	PIURA	CATACAOS	558110	9399216	126
306	PIURA	PIURA	CURA MORI	544921	9402021	25
307	PIURA	PIURA	CURA MORI	546748	9401244	50
308	PIURA	PIURA	CURA MORI	548601	9400952	61
309	PIURA	PIURA	CATACAOS	548345	9393528	59
310	PIURA	PIURA	CATACAOS	549630	9392618	68
311	PIURA	PIURA	EL TALLAN	546414	9394323	34
312	PIURA	PIURA	EL TALLAN	546012	9396200	29
313	PIURA	PIURA	LA UNION	503337	9417503	142
314	PIURA	PIURA	LA UNION	500818	9419705	185
315	PIURA	PIURA	LA UNION	501996	9419430	172
316	PIURA	PIURA	LA UNION	504294	9419439	155
317	PIURA	PIURA	LA UNION	504992	9420892	152
318	PIURA	SECHURA	VICE	524164	9396040	160
319	PIURA	SECHURA	SECHURA	522998	9393291	5
320	PIURA	SECHURA	SECHURA	521974	9390618	10
321	PIURA	SECHURA	SECHURA	521078	9389098	14
322	PIURA	PIURA	CATACAOS	559347	9399341	123
323	PIURA	PIURA	CATACAOS	561239	9399381	141
324	PIURA	PIURA	CATACAOS	562984	9399322	170
325	PIURA	PIURA	CATACAOS	564801	9398976	176
326	PIURA	PIURA	CATACAOS	566826	9398216	141
327	PIURA	PIURA	CATACAOS	568927	9397715	202
328	PIURA	PIURA	CATACAOS	571404	9395962	212
329	PIURA	PIURA	CATACAOS	572782	9394980	221
330	PIURA	SECHURA	SECHURA	519803	9388626	13
331	PIURA	SECHURA	SECHURA	519805	9390589	32
332	PIURA	SECHURA	SECHURA	519945	9393462	38
333	PIURA	SECHURA	VICE	519381	9395083	48
334	PIURA	PIURA	CATACAOS	565643	9396460	165
335	PIURA	PIURA	CATACAOS	564654	9394558	143
336	PIURA	PIURA	CATACAOS	564126	9392523	133
337	PIURA	PIURA	CATACAOS	561156	9401318	171
338	PIURA	PIURA	CURA MORI	543838	9405977	27
339	PIURA	PIURA	CURA MORI	545555	9405950	31
340	PIURA	PIURA	CURA MORI	547600	9405221	45
341	PIURA	PIURA	CURA MORI	549965	9405341	88
342	PIURA	PIURA	CURA MORI	551900	9405158	88
343	PIURA	PIURA	CATACAOS	554228	9405162	96

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
344	PIURA	PIURA	CATACAOS	557344	9403236	123
345	PIURA	PIURA	CATACAOS	567449	9399836	169
346	PIURA	PIURA	CATACAOS	568211	9401440	191
347	PIURA	PIURA	CATACAOS	568823	9403227	200
348	PIURA	PIURA	CATACAOS	569838	9404919	208
349	PIURA	PIURA	CATACAOS	526539	9429353	80
350	PIURA	PIURA	CATACAOS	527265	9427499	70
351	PIURA	PIURA	CATACAOS	526502	9425833	65
352	PIURA	PIURA	CATACAOS	525630	9424251	58
353	PIURA	PIURA	CATACAOS	524576	9422378	74
354	PIURA	PIURA	LA ARENA	523538	9420666	67
355	PIURA	PIURA	CATACAOS	528272	9419666	33
356	PIURA	PIURA	CATACAOS	527012	9421366	40
357	PIURA	PIURA	CATACAOS	526038	9422449	56
358	PIURA	PIURA	CATACAOS	523613	9424727	78
359	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	521768	9425578	85
360	PIURA	PIURA	CATACAOS	529126	9426448	80
361	PIURA	PIURA	LA ARENA	524847	9413792	36
362	PIURA	PIURA	LA ARENA	523636	9415547	53
363	PIURA	PIURA	LA ARENA	522537	9417616	58
364	PIURA	PIURA	LA ARENA	521116	9419470	65
365	PIURA	PIURA	LA ARENA	519738	9421053	83
366	PIURA	PIURA	LA ARENA	522685	9415006	41
367	PIURA	PIURA	LA ARENA	523271	9413360	21
368	PIURA	PIURA	LA ARENA	521723	9413888	37
369	PIURA	PIURA	LA ARENA	520222	9414742	44
370	PIURA	PIURA	LA ARENA	518785	9415272	54
371	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	517437	9415776	52
372	PIURA	SECHURA	VICE	504776	9410151	89
373	PIURA	SECHURA	VICE	508919	9410765	77
374	PIURA	PIURA	LA UNION	510749	9411170	75
375	PIURA	PIURA	LA UNION	510800	9413342	70
376	PIURA	PIURA	LA UNION	512363	9414843	74
377	PIURA	PIURA	LA UNION	513739	9416162	54
378	PIURA	PAITA	LA HUACA	515155	9417523	60
379	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	516577	9418871	62
380	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	517906	9420161	59
381	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	517203	9422256	73
382	PIURA	PAITA	LA HUACA	511898	9423907	85
383	PIURA	SULLANA	MIGUEL CHECA	517506	9425967	98
384	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	571908	9451849	97
385	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	572901	9450245	112
386	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	564257	9453644	62

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
387	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	562493	9452489	71
388	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	560975	9452521	88
389	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	559539	9451844	129
390	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	558207	9451008	122
391	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	556741	9451064	135
392	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	555295	9454916	57
393	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	556237	9453354	122
394	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	554886	9453042	119
395	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	552708	9451278	94
396	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	553685	9448363	144
397	PIURA	PIURA	CASTILLA	547855	9450131	57
398	PIURA	PIURA	CASTILLA	555186	9431612	154
399	PIURA	PIURA	CASTILLA	555345	9433590	165
400	PIURA	PIURA	CASTILLA	555481	9435524	170
401	PIURA	PIURA	CASTILLA	555641	9437632	170
402	PIURA	PIURA	CASTILLA	555846	9439617	173
403	PIURA	PIURA	CASTILLA	556072	9441849	174
404	PIURA	PIURA	CASTILLA	556258	9443623	162
405	PIURA	PIURA	CASTILLA	556438	9445509	150
406	PIURA	PIURA	CASTILLA	556615	9447313	147
407	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	556856	9449841	137
408	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	555076	9451193	150
409	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	555642	9448804	160
410	PIURA	PIURA	CASTILLA	553687	9447015	167
411	PIURA	PIURA	CASTILLA	555057	9445408	171
412	PIURA	PIURA	CASTILLA	553089	9430824	146
413	PIURA	PIURA	CASTILLA	552591	9432633	140
414	PIURA	PIURA	CASTILLA	552775	9434584	155
415	PIURA	PIURA	CASTILLA	552975	9436638	157
416	PIURA	PIURA	CASTILLA	553163	9438519	154
417	PIURA	PIURA	CASTILLA	553348	9440402	165
418	PIURA	PIURA	CASTILLA	553527	9442250	161
419	PIURA	PIURA	CASTILLA	551778	9440477	134
420	PIURA	PIURA	CASTILLA	550910	9441946	127
421	PIURA	PIURA	CASTILLA	551027	9443176	123
422	PIURA	PIURA	CASTILLA	554374	9439191	167
423	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	573021	9457755	89
424	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	573863	9460350	106
425	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	574103	9462083	121
426	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	572822	9463602	125
427	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	572736	9465687	137
428	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	572844	9467505	140
429	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	572753	9469727	166

SEV	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA
430	PIURA	PIURA	LASLOMAS	573126	9472051	194
431	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	570704	9469277	186
432	PIURA	SULLANA	SULLANA	568499	9469159	181
433	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	566035	9467973	178
434	PIURA	SULLANA	SULLANA	560623	9465926	175
435	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	562585	9466539	170
436	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	581522	9466089	178
437	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	579945	9464540	128
438	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	578159	9463959	101
439	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	576464	9464514	129
440	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	575694	9466230	132
441	PIURA	SULLANA	SULLANA	560623	9465926	175
442	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	580380	9468748	175
443	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	543743	9455751	122
444	PIURA	PIURA	PIURA	542319	9453840	114
445	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	545323	9457726	125
446	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	547300	9459085	127
447	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	548928	9460513	132
448	PIURA	PIURA	TAMBO GRANDE	550524	9460620	123
449	PIURA	SECHURA	SECHURA	547426	9374916	27
450	PIURA	SECHURA	SECHURA	546767	9377740	19

7.3 Interpretación

Obtenidos todos los registros de campo (SEV) se procede a trabajar en gabinete con fines de procesar los datos y revisar los perfiles eléctricos en modo 1D.

De acuerdo a las resistividades obtenidas en el levantamiento de campo, se realiza una serie de modelos equivalentes, con la finalidad de obtener el “mejor” modelo de ajuste. Este análisis lo realizamos con el algoritmo desarrollado por GEOTOMO, este programa cuenta con la capacidad de generar modelos cercanos a las condiciones del terreno e incluso ingresarle un modelo generado de datos reales como calicatas o perforaciones. Para definir el modelo de los sondeos de (SEV) tipo Schlumberger se utiliza el programa RES 1D, desarrollado por GEOTOMO. El programa RES 1D es un programa de modelamiento directo e inverso para la interpretación de modelos de tierra estratificada. El modelamiento directo permite el cálculo de una curva sintética de sondeo de resistividad para modelar hasta 10 capas. Las curvas de resistividad son calculadas usando filtros lineales descrita por Davis et al (1980).

Asimismo el modelamiento inverso permite la estimación del modelo de tierra estratificada directamente a partir de la curva de datos, usando un método similar al empleado por Koefoed (1976), este cálculo fue realizado en el algoritmo IPI2win obteniendo los valores de profundidad para cada estrato y su

respectivo valor de resistividad, este resultado lo podemos observar en la siguiente figura.

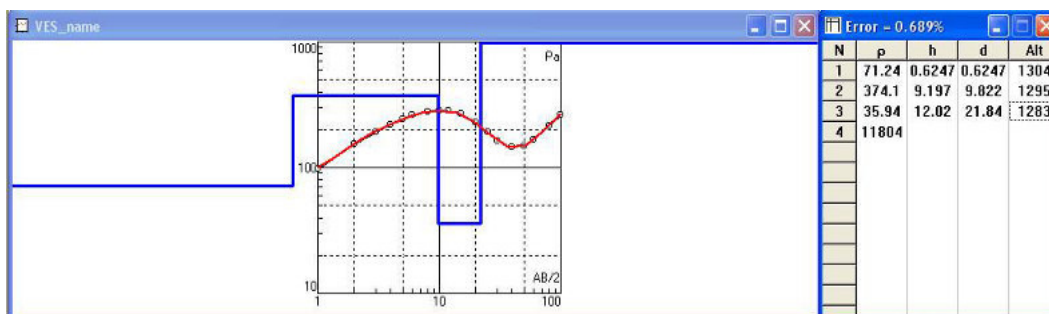


Figura N° 17: Resultados de cálculo con el programa IPI2win para SEV 1

Finalmente, para la interpretación estratigráfica se correlaciona los datos de campo y las curvas logarítmicas obtenidas por el software, en un esquema de modelo que “mejor” se ajuste, para cada locación se realizaron dos secciones juntando un par de SEV y representado regionalmente las anomalías se presenta la información como se muestra en la Figura 17, y así de esta manera se representó las demás secciones de todas las zonas y como se puede apreciar en los Anexos III.

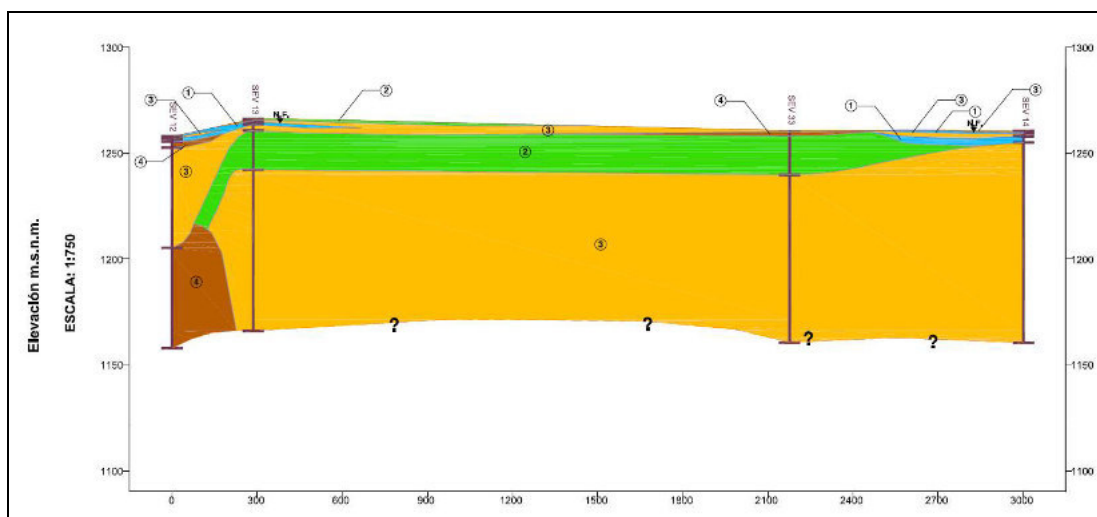


Figura N° 18: Modelo de la Sección Geoeléctrica.

En la Quadro 7.5 presentamos las capas identificadas en la interpretación de la sección Geo eléctrica mostrada en la Figura 6 basándonos en modelos extraídos de las zonas según las variaciones de resistividad y presentados en el levantamiento y de esta misma manera se presenta para cada sección en su Leyenda.

Quadro N° 7.5:
Interpretación de zonas eléctricas.

Zonas	Resistividad	Material
1	0.1 – 13 Ohm.m	Flujo de Agua Subterránea en material no consolidado
2	13.0 – 80.0 Ohm.m	Suelo Superficial con humedad o roca fracturada saturada en Agua
3	80.0 – 200.0 Ohm.m	Roca fracturada o material semipermeable conteniendo humedad, arcillas y gravas compactas.
4	200.0 – 600.0 Ohm.m	Suelo compacto o roca alterada superficial, zonas semipermeables sin presencia de humedad.
5	600.0 – 14000.0 Ohm	Macizo Rocosos sin alteraciones

7.3.1 Secciones Geofísicas

El método de los Sondajes Eléctricos Verticales proporciona secciones a través de la interpolación de datos y se representa por horizontes, en estas representaciones se realiza una interpretación estratigráfica con la asociación a los diferentes rasgos geológicos presentes en las zonas. En los siguientes cuadros podemos observar los resultados de las secciones generadas a partir de los SEVs y a continuación se ira describiendo cada sección.

Quadro N° 7.6:
Sección Geoeléctrica N° 1

SEV	Nivel Freático	Resultados											
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4		
		p1	E1	Prof.	p2	E2	Prof.	p3	E3	Prof.	p4	E4	Prof.
SEV 12	0.60	0.7069	0.60	0 - 0.60	196.80	15.17	5.41 – 20.58	196.80	4.81	0.60-5.41	--	--	--
		0.2189	--	20.58 - ?									
SEV 13	4.68	0.1400	4.68	0.00 – 4.68	--	--	--	--	--	--	5017	27.87	4.68 - 32.55
	32.55	0.9173	--	32.55 - ?									
SEV 14	0.55	0.0061	0.55	0.00 – 0.55	11.410	1.91	0.55 – 2.46	-	-	--	--	--	--
	2.46	0.0414	22.58	2.46 – 25.04	2.55	40.76	25.04 – 65.80						
	63.34	0.8350	34.20	65.80 - 100	10.79	--	100 -- ?						
SEV 15	0.078	0.0070	0.60	0.0 - 0.60	7.4640	18.18	0.60 - 18.78	--	--	--	--	--	--
	18.18	0.0556	--	18.78 - ?									

p = Resistividad geoeléctrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m); Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presentan 2 zonas una superficial (muy conductiva), por presencia de sales y la segunda más profunda probablemente se trate de una zona con materiales permeables y porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas superficiales a las zonas permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con intercalaciones de arenas y arcillas, capaces de infiltrar el agua superficial hacia zonas más profundas. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales semipermeables con menor compactación siendo muy superficial y con alta porosidad no presentando agua ni humedad. Capa 4, Zona de alta resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona impermeable compacta compuesta de roca masiva sin fracturas o arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.7:
Sección Geoeléctrica N° 2

SEV	Nivel Freático	Resultados																	
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5			Capa 6		
		p1	E1	Prof.	P2	E2	Prof.	P3	E3	Prof.	p4	E4	Prof.	P5	E5	Prof.	P6	E6	Prof.
SEV- 53	--	--	--	--	--	--	--	30.94	2.25	0.00 – 2.25	300.1	2.64	2.25 – 4.89	4385	14.39	12.10 – 26.49	48699	--	26.49-?
SEV- 54	6.44	1.89	6.44	0.00 – 6.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1847	-	6.44-?	-	-	-
SEV- 55	6	1.3	3	3-6	4.16	3	0-3	76.6	6.6	6-12.60	-	-	--	16093	-	12.6-?	-	-	-
SEV- 56	3.30	0.51	3.3	00.0-3.30	-	--	--	-	--	--	271.1	-	160.20-?	1394	156.9	3.3-160.2	-	-	--
SEV- 57	-	-	-	-	7.19	8.61	2-10.61	15.84	2.0	0.0-2.0	413.5	51.21	21.88-73.09	2396	11.25	10.61-21.86	-	-	--
					3.35	-	73.09-?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEV- 58	--	-	-	--	3.38	0.63	0-0.63	-	-	-	473.2	25.94	5.68-31.62	7884	5.05	0.63-5.68	-	-	--
					8.09	-	31.62-?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

p = Resistividad geoeléctrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m);Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, probablemente se trate de una zona con materiales permeables, porosos como arenas no consolidadas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con intercalaciones de arenas y arcillas con presencia de humedad o filtraciones, característico de los depósitos aluviales. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales permeables con menor compactación y puede ser que este asociado a zonas de concentraciones de arcillas y limos. Capa 4, Zona resistiva, en esta zona no se presenta agua y posiblemente asociado a la presencia de material semipermeable como arcillas o limos con arenas y gravas. Capa 5, Zona de alta resistividad, en esta zona no se presenta agua siendo una zona impermeable compuesta de roca masiva. Capa 6, Zona muy resistiva, en esta zona no se presenta agua siendo una zona impermeable compuesta de arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.8:
Sección Geoeléctrica N° 3

SEV	Nivel Freático	Resultados																	
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5			Capa 6		
		p1	E1	Prof.	p2	E2	Prof.	p3	E3	Prof.	p4	E4	Prof.	p5	E5	Prof.	p6	E6	Prof.
SEV- 1	--	-	-	--	-	-	--	64.25	4.87	0.60-5.47	330.3	0.60	0.0-0.60	197.2	--	50 - ?	-	-	--
								59.99	26.07	23.93-50	127.1	18.46	5.47-23.93						
SEV- 2	38.59	0.010	38.59	0.0-38.59	-	-	--	24.28	38.59	38.59-77.18	-	--	--	-	--	--	-	--	--
	77.18	1.88	--	77.18-?	-	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	Nivel Freático	Resultados																	
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5			Capa 6		
		p1	E1	Prof.	p2	E2	Prof.	p3	E3	Prof.	p4	E4	Prof.	p5	E5	Prof.	p6	E6	Prof.
SEV- 3	1.05	0.19	1.05	0.0-1.05	4	20.78	1.05-21.83	21.75	--	266.1-?		--	--		--	--	2817	244.27	21.83-266.1
SEV- 4	1.26	0.99	1.26	0.0-1.26	--	--	--	--	--	--	79.42	2.41	1.26-3.67	167.9	77.05	25.85-102.9		-	--
	3.67	1.02	22.18	3.67-25.85							79.44	--	102.9-?						
SEV- 8	0.60	0.13	0.60	0.0-0.60	15.1	0.76	0.60-1.36	44.97	33.58	6.45-40.03	-	--	--	-	--	--	-	--	--
	1.36	0.91	5.09	1.36-6.45															
	40.03	0.54	--	40.03-?															
SEV- 9	0.5	0.38	0.5	0.0-0.5	8.87	0.82	0.5-1.32	-	--	--	--	--	--	--	--	--	-	--	--
	1.32	1.6	28.48	0.5-28.98															
	62.96	0.006	--	62.96-?	2.36	33.98	28.98-62.96												

p = Resistividad geoelectrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m); Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presentan 3 zonas una superficial (muy conductiva), por presencia de sales, la segunda semi-profunda probablemente se trate de una zona con materiales permeables y la tercera más profunda se trataría de materiales porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas superficiales a las zonas permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con presencia de humedad. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales permeables con menor compactación siendo muy superficial y con alta porosidad no presentando agua ni humedad. Capa 4, Zona de resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona semipermeable compacta compuesta de arcilla compacta impermeable. Capa 5, Zona de alta resistividad, en esta zona no se presenta agua siendo una zona impermeable compuesta de roca masiva. Capa 6, Zona muy resistiva, en esta zona no se presenta agua siendo una zona impermeable compuesta de arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.9:
Sección Geoelectrica N° 4

SEV	Nivel Freático	Resultados														
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5		
		p1	E1	Prof.	p2	E2	Prof.	p3	E3	Prof.	p4	E4	Prof.	p5	E5	Prof.
SEV 27	0.52	0.25	0.52	0.0-0.52	10.55	52.65	26.58-79.23	68.42	0.83	0.52-1.35	-	--	--	-	--	--
	1.35	0.76	25.23	1.35-26.58												
	79.23	0.15	--	79.23-?												
SEV-28	0.57	0.43	0.57	0.0-0.57	14.18	14.74	0.57-15.31	-	-	---	247.4	-	69.74-?	-	-	-
	15.31	1.27	54.43	15.31-69.74												
SEV-29	34.73	1.37	34.73	0.0-34.73	-	--	--	-	--	--	357	--	34.73-?	-	-	--
SEV 30	--	-	--	--	13.4	3.03	1.99-5.02	89	1.99	0.0-1.99	-	--	--	47405	--	5.02-?

p = Resistividad geoelectrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m); Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presentan 2 zonas una superficial (muy conductiva), por presencia de sales y la segunda más profunda probablemente se trate de una zona con materiales permeables y porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas superficiales a las zonas permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con intercalaciones de arenas, capaces de infiltrar el agua superficial. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales permeables con menor compactación siendo muy superficial y con alta porosidad no presentando agua ni humedad. Capa 4, Zona resistiva, no presenta agua puede asegurarse que es una zona semipermeable compuesto de gravas y arenas. Capa 5, Zona de alta resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona impermeable compacta compuesta de roca masiva sin fracturas o arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.10:
Sección Geoeléctrica N° 5

SEV	Nivel Freático	Resultados														
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5		
		$\rho 1$	E1	Prof.	$\rho 1$	E1	Prof.	$\rho 3$	E3	Prof.	$\rho 4$	E4	Prof.	$\rho 5$	E5	Prof.
SEV 62	5.95	0.21	5.95	0.0-5.95	-	-	--	24.98	63.04	5.95-68.99	-	-	--	-	-	--
	68.99	0.59	-	68.99-?												
SEV-63	3.50	0.07	3.50	0.0-3.50	2.45	72.82	27.98-100.8	50.46	24.48	3.5-27.98	-	-	--	-	-	--
	100.8	0.66	-	100.8-?												
SEV-72	0.062	0.03	0.062	0.0-0.062	-	-	--	12.02	5.6	0.61-6.21	-	-	--	1679	--	172.91 - ?
	6.21	0.51	42.55	6.21-48.76				27.06	124.15	48.76 - 172.91						
SEV 73	1.34	0.61	1.34	0.0-1.34	-	-	--	4.02	4.95	1.34-6.29	725.6	--	26.93-?	-	-	--
	6.29	0.35	8.1	6.29-14.39				30.16	12.54	14.39-26.93						
SEV 75	--		-	--		-	--		-	--	19.65	0.60	0.0-0.60	3104	0.72	0.60-1.32
											310.5	150.28	1.32-151.6	4885	-	151.6-?

ρ = Resistividad geoeléctrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m); Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presentan 2 zonas una superficial (muy conductiva), por presencia de sales y la segunda más profunda probablemente se trate de una zona con materiales permeables y porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas superficiales a las zonas permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con intercalaciones de arenas, capaces de infiltrar el agua superficial. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales permeables con menor compactación siendo muy superficial. Capa 4, Zona resistiva, no presenta agua puede asegurarse que es una zona semipermeable compuesto de gravas y arenas. Capa 5, Zona de alta resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona impermeable compacta compuesta de roca masiva sin fracturas o arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.11:
Sección Geoeléctrica N° 6

SEV	Nivel	Resultados														
-----	-------	------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

	Freático	Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5			
		p1	E1	Prof.	p2	E2	Prof.	p3	E3	Prof.	p4	E4	Prof.	p5	E5	Prof.	
SEV 99	2.49	5.20	133.21	2.49-135.70	--	--	--	83.03	2.49	0.00-2.49	116.00	--	135.70-?	--	--	--	
SEV-100	1.62	8.75	86.61	1.62-88.23	--	--	--	275.00	1.62	0.00-1.62	404.90	--	88.23-?	--	--	--	
SEV-87	1.29	2.48	3.67	1.29-4.96	16.62	11.41	4.96-16.37	47.60	1.29	0.00-1.29	582.5	--	57.90-?	--	--	--	
	16.37	1.60	41.53	16.37-57.90													
SEV-86	58.70	1.86	48.96	58.70-107.66	15.73	62.34	107.66-170.00				131.4	58.70	0.00-58.70	--	--	--	
	170.00	0.12	--	170-?													
SEV-85	0.00	7.42	0.60	0.00-0.60	22.54	11.27	3.42-14.69	--	--	--	243.30	2.78	0.60-3.42	11694	--	69.67-?	
											513.00	54.98	14.69-69.67				
SEV-138	--	--	--	--	15.49	0.62	0.50-1.12	--	--	--	176.90	0.50	0.00-0.50	8246	--	205.60-?	
					24.27	8.69	2.87-11.56				248.20	1.75	1.12-2.87				
											164.90	194.04	11.56-205.6				
SEV-81	19.05	2.06	59.56	19.05-78.61	34.38	14.98	4.07-19.05	--	--	--	121.60	4.07	0.00-4.07	--	--	--	
											418.90	--	78.61-?				
SEV-101	25.38	4.21	35.11	25.38-60.49	11.20	24.04	1.34-25.38	--	--	--	433.40	1.34	0.00-1.34	--	--	--	
											1093.0	--	60.49-?				
SEV-102	7.28	8.95	60.47	7.28-67.75	--	--	--	--	--	--	1529	7.28	0.00-7.28	--	--	--	
											1185	--	67.75-?				
SEV-147	--	--	--	--	--	--	--	83.00	19.15	12.84-31.99	1576	12.84	0.00-12.84	6683	--	116.60-?	
											507.1	84.61	31.99-116.6				
SEV-103	--	--	--	--	--	--	--	67.50	--	59.09-?	115.2	0.52	0.00-0.52	3445	2.22	0.52-2.74	
											106.6	56.35	2.74-59.09				
SEV-159	6.13	5.78	52.07	6.13-58.20	--	--	--	--	--	--	1329	1.56	1.81-3.37	4112	1.81	0.00-1.81	
											206	--	58.20-?				
SEV-158	--	--	--	--	--	--	--	95.34	28.94	0.00-28.94	880.8	--	28.94-?	--	--	--	
SEV-157	--	--	--	--	--	--	--	33.3	32.26	21.08-53.34	663.1	21.08	0.00-21.08	20363	--	222.80-?	
											698.3	169.46	53.34-222.80				
SEV-156	159.50	4.50	--	159.50-?	--	--	--	97.69	57.23	15.91-73.14	527.9	15.91	0.00-15.91	--	--	--	
											1323	86.36	73.14-159.50				

p = Resistividad geoelectrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m);Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presentan 2 zonas una superficial muy conductiva por la presencia de sales y la segunda más profunda probablemente esta zona presenta materiales permeables y porosos como materiales no consolidados que permiten la filtración de aguas superficiales a las zonas permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se puede tratar de material no consolidado con presencia de humedad, capaz de infiltrar el agua superficial. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales permeables o menor compactación puede asociarse a horizontes compuestos de arenas y arcillas siendo muy superficial. Capa 4, Zona resistiva, en esta zona no hay presencia de agua, por lo que se puede asegurar que es una zona semipermeable probablemente con presencia masiva de arcilla. Capa 5, Zona de alta resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, por lo que se puede asegurar que es una zona impermeable compuesta de roca masiva o arcilla compacta impermeable

Quadro N° 7.12:
Sección Geoelectrica N° 7

SEV	Nivel Freático	Resultados											
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4		
		p1	E1	Prof.	p2	E2	Prof.	p3	E3	Prof.	p4	E4	Prof.
SEV 95	0.00	2.12	0.60	0.00-0.60	42.29	0.72	0.60-1.32	--	--	--	270.90	--	69.25-?
	1.32	8.96	67.93	1.32-69.25									
SEV 94	1.00	3.89	1.00	0.00-1.00	18.56	1.17	1.00-2.17	--	--	--	375.70	--	97.40-?
	2.71	1.51	2.71	2.17-4.88									

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	Nivel Freático	Resultados											
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4		
		p1	E1	Prof.	p2	E2	Prof.	p3	E3	Prof.	p4	E4	Prof.
	20.98	1.51	76.42	20.98-97.40									
SEV 93	0.00	5.96	0.50	0.00-0.50	102.7	0.60	0.50-1.10						
	1.10	7.59	2.24	1.10-3.34	20	8.49	3.34-11.83				1016	--	45.43-?
	11.83	1.74	33.6	11.83-45.43									
SEV 92	1.32	13.86	97.76	1.32-99.08	--	--	--	119.10	0.60	0.00-0.60	244.00	0.72	0.60-1.32
											1623.00	--	99.08-?
SEV 152	7.03	9.61	--	7.03-?	32.28	6.06	0.97-7.03	72.62	0.97	0.00-0.97	--	--	--
SEV 150	1.31	2.87	16.39	1.31-17.70	19	49.98	17.70-67.68	26.09	0.67	0.64-1.31	544.80	0.64	0.00-0.64
	67.68	0.118	--	67.68-?									
SEV 151	1.32	3.72	5.12	1.32-6.44	70.46	7.68	6.44-14.12	96.70	--	125.20-?	781.3	1.32	0.00-1.32
	14.12	1.89	111.08	14.12-125.20									

p = Resistividad geoelectrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m);Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presentan hasta 3 zonas una superficial (muy conductiva), por presencia de sales, otra intermedia un poco profunda probablemente se trate de una zona con materiales permeables y porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas superficiales y una tercera zona donde posiblemente existan materiales permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con intercalaciones de arenas, capaces de infiltrar el agua superficial, por el contenido de humedad. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales permeables con menor compactación siendo muy superficial en algunos horizontes de la sección, compuesto de arcillas. Capa 4, Zona resistiva, no presenta agua puede asegurarse que es una zona semipermeable compuesto de arenas y arcillas en sus capas más profundas.

Quadro N° 7.13:
Sección Geoelectrica N° 8

SEV	Nivel Freático	Resultados														
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5		
		p1	E1	Prof.	p 2	E2	Prof.	p 3	E3	Prof.	p 4	E4	Prof.	p 5	E5	Prof.
SEV 118	134.52	1.55	-	134.52-?	-	-	--	36.9	66.86	67.66-134.52	250.2	67.66	0.0-67.66	--	--	--
SEV-119	128.46	4.25	--	128.46-?	-	-	--	--	--	--	167.8	128.46	0.0-128.46	--	--	--
SEV-120	129.71	4.07	--	129.71-?	-	--	--	59.27	69.76	59.95-129.71	894.7	59.95	0.0-59.95	-	-	--
SEV 121	114.46	4.03	-	114.46-?	-	-	--	75.62	61.77	52.69-114.46	575.8	52.69	0.0-52.69	-	-	--
SEV 333	147.76	1.7	--	147.76-?	-	--	--	48.5	79.51	68.25-147.76	359.5	68.25	0.0-68.25	-	--	--
SEV-334	160.17	2.06	--	160.17-?	9.21	40.24	119.93-160.17	44.86	50.82	69.11-119.93	-	--	--	1815.0	69.11	0.0-69.11
SEV-335	114	1.29	-	114-?	-	--	--	28.39	43.06	70.94-114	132.5	70.94	0.0-70.94	-	--	--
SEV-336	126.91	3.86	-	126.91-?	12.69	30.16	96.75- 126.91	-	--	--	-	-	--	5151.	96.75	0.0-96.75
SEV-401	-	-	-	--	-	-	--	43.6	0.53	0.0-0.53	-	-	--	4064	6.62	0.53 - 7.15
								19.23	21.27	7.15-28.42				1731	-	28.42-?

p = Resistividad geoelectrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m);Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presenta una zona 1 profunda (conductiva), por la presencia de materiales permeables y porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas subterráneas a las zonas

permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados, capaces de infiltrar zonas permeables. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales semipermeables con menor compactación siendo una zona con presencia de arcilla. Capa 4, Zona de alta resistiva, no presenta agua puede asegurarse que es una zona impermeable compuesto de roca masiva. Capa 5, Zona muy resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona impermeable compacta compuesta de roca masiva sin fracturas o arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.14:
Sección Geoeléctrica N° 9

SEV	Nivel Freático	Resultados														
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5		
		$\rho 1$	E1	Prof.	$\rho 1$	E1	Prof.	$\rho 3$	E3	Prof.	$\rho 4$	E4	Prof.	$\rho 5$	E5	Prof.
SEV 125	121.4	5.33	-	121.4-?	-	--	--	39.56	64.83	56.57-121.4	534.1	56.57	0.0-56.57	--	--	--
SEV-145	127.55	2.33		127.55-?	-	--	--	17.68	49.27	78.28-127.55	279.6	78.28	0.0-78.28	-	--	--
SEV-398	-	--	--	--	--	--	-	-	--	-	100.5	92.97	3.25-96.22	78551	3.25	0.0-3.25
														4935	-	96.22-?
SEV 422	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	353.1	0.72	0.27-0.99	2373	0.27	0.0-0.27
											520.7	9.02	16.53-7.51	5457	6.52	0.99-7.51
														601541	-	16.53-?

ρ = Resistividad geoeléctrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m); Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presenta una zona profunda (conductiva), por la presencia de materiales permeables y porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas subterráneas a las zonas permeables profundas. Capa 2, Zona de resistividad moderada, se podría tratar de materiales semipermeables con intercalaciones masivas de arcilla. Capa 3, Zona de alta resistividad, con presencia de materiales impermeables con menor compactación siendo muy superficial y compuesta por lo general de roca masiva o arcilla compacta. Capa 4, Zona muy resistiva, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona impermeable compacta compuesta de roca masiva sin fracturas o arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.15:
Sección Geoeléctrica N° 10

SEV	Nivel Freático	Resultados														
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5		
		$\rho 1$	E1	Prof.	$\rho 2$	E2	Prof.	$\rho 3$	E3	Prof.	$\rho 4$	E4	Prof.	$\rho 5$	E5	Prof.
SEV 217	173.16	3.42	--	173.16-?	28.10	45	76.06-121.06	78	52.1	121.06-173.16	525.9	76.06	0.0-76.06	-	--	--
SEV-218	154.6	2.8	--	154.6-?	33.0	39.8	63-102.8	64	51.8	102.8-154.6	290	63	0.0 - 63	-	-	---
SEV-219	154	2.6	--	154 - ?	32	45	59 - 104	50	50	104-154	257	59	0.0-59	-	--	----
SEV 220	153.2	0.96	--	153.2-?	33.54	85.98	67.22 - 153.2	-	-	--	255.2	67.22	0.0 - 67.22	-	-	---
SEV 221	165.5	6.5	--	165.5-?	-	-	--	51.9	121.1	44.4 - 165.5	946.3	44.4	0.0 - 44.4	-	-	--

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SEV	Nivel Freático	Resultados														
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5		
		p1	E1	Prof.	p 2	E2	Prof.	p 3	E3	Prof.	p 4	E4	Prof.	p 5	E5	Prof.
SEV-222	150.2	0.94	-	150.2 - ?	28.49	69.79	80.41 - 150.2	67.58	34.87	45.54 - 80.41	439	45.54	0.0 - 45.54	-	-	---
SEV-223	136	0.95	-	136 - ?	25.85	70.29	65.71 - 136	-	-	--	607.8	65.71	0.0 - 65.71	-	-	---
SEV-224	138	0.76	--	138.2-?	25.48	70.6	67.6 - 138.2	--	--	--	4520	67.6	0.0 - 67.6	--	--	--
SEV-225	141.5	0.68	-	141.5-?	23.9	63.92	77.58 - 141.5	-	--	--	826.5	77.58	0.0 - 77.58	-	-	--
SEV-226	132.43	2.35	--	132.43-?	-	--	---	86.6	104.16	28.27 - 132.43	456.9	28.27	0.0 - 28.27	-	-	--
SEV-227	160.15	2.12	--	160.15-?	7.44	32.37	127.78 - 160.15	46.88	68.71	59.07 - 127.78	949.5	59.07	0.0 - 59.07	-	-	---
SEV-228	139.13	4.13	-	139.13-?	--	-	--	41.74	74.41	64.72 - 139.13	--	--	--	1033	64.72	0.0 - 64.72

p = Resistividad geoelectrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m);Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presenta una zona 1 profunda (conductiva), por la presencia de materiales permeables y porosos no consolidados permitiendo la filtración de aguas subterráneas a las zonas permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados, capaces de infiltrar zonas permeables, presentando cierta humedad. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales semipermeables con menor compactación siendo una zona con presencia de arcilla. Capa 4, Zona de alta resistividad, no presenta agua puede asegurarse que es una zona impermeable superficialmente compuesto de roca masiva. Capa 5, Zona muy resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona impermeable compacta compuesta de roca masiva sin fracturas o arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.16:
Sección Geoelectrica N° 11

SEV	Nivel Freático	Resultados														
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4			Capa 5		
		p1	E1	Prof.	p 2	E2	Prof.	p 3	E3	Prof.	p 4	E4	Prof.	p 5	E5	Prof.
SEV- 35	195.91	4.80	--	195.9-?	11.07	59.54	136.37-195.91	49.86	106.37	30-136.37	600	30.0	0.0-30.0	--	--	--
SEV-36	186.9	4.8	--	186.9-?	11.07	60.01	126.9-186.91	49.86	105.9	21.0 -126.9	600	21	0.0 -21			
SEV- 37	156.79	2.98	--	156.79-?	22.24	61.4	95.39-156.79	741.4	58.91	36.48 - 95.39	159.7	36.48	0.0 - 36.48	--	--	--
SEV- 154	153.99	3.36	--	153.99-?	29.85	83.82	70.17-153.99	--	--	--	158.3	70.17	0.0-70.17	-	--	---
SEV- 155	213.35	2.89	-	213.35-?	16.67	66.65	146.7-213.35	51.47	105.4	41.3-146.7	-	--	--	1306	41.3	0.0-41.3
SEV- 186	285.78	3.30	--	285.78-?	12.88	118.0	167.78-285.78	52.24	106.3	61.48-167.78	153.6	61.48	0.0 - 61.48	-	--	--

p = Resistividad geoelectrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m);Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, se presenta una zona profunda (conductiva), por la presencia de materiales permeables y porosos no

consolidadas permitiendo la filtración de aguas subterráneas a las zonas permeables profundas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con presencia de humedad. Capa 3, Zona resistiva, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona semipermeable compacta compuesta de arcilla masiva impermeable. Capa 4, Zona de alta resistividad, en esta zona no se presenta agua siendo una zona impermeable compuesta de roca masiva y arcilla compacta impermeable. Capa 5, Zona muy resistiva, en esta zona no se presenta agua siendo una zona impermeable compuesta de arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.17:
Sección Geoeléctrica N° 12

SEV	Nivel Freático	Resultados											
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4		
		ρ_1	E1	Prof.	ρ_2	E2	Prof.	ρ_3	E3	Prof.	ρ_4	E4	Prof.
SEV 76	5.50	1.60	18.54	5.5-24.04	3.19 3.49	4.25 --	1.25-5.5 24.04-?	72.13	0.60	0.0 - 0.60	168.10	0.65	0.60 - 1.25
SEV 77	5.0	0.26	19.0	24.0 – 5.0	--	--	--	67.20 50.7 94.7	0.50 4.01 --	0.0-0.50 0.99 - 5 24.0 - ?	181	0.49	0.50 – 0.99
SEV 78	4.56	0.81	25.4	4.56 - 29.96	-	--	---	43.58 98.13	3.27 --	1.29 – 4.56 29.96 - ?	906.9	1.29	0.0 – 1.29

ρ = Resistividad geoeléctrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m); Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, probablemente se trate de una zona con materiales permeables y porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas subterráneas. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con intercalaciones de arenas y arcillas, capaces de infiltrar el agua superficial hacia zonas más profundas. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales semipermeables con mayor compactación. Capa 4, Zona de alta resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona impermeable compacta compuesta de roca masiva sin fracturas o arcilla compacta impermeable.

Quadro N° 7.18:
Sección Geoeléctrica N° 13

SEV	Nivel Freático	Resultados											
		Capa 1			Capa 2			Capa 3			Capa 4		
		ρ_1	E1	Prof.	ρ_2	E2	Prof.	ρ_3	E3	Prof.	ρ_4	E4	Prof.
SEV 77	33.30	3.04	19.04	4.96-24		-	--	67.20 50.70 94.70	0.50 3.97 --	0.0-0.50 0.99-4.96 24-?	181	0.49	0.5-0.99
SEV 79	4.27	1.71	40.53	4.27-44.80	-	-	-	28.10 74.80	3.77 --	0.50-4.27 44.80 - ?	4.34	0.50	0.0-0.50
SEV 80	2.30	1.22	7.69	2.30-9.99	7.23 9.26	0.73 9.22	0.50-1.23 9.99-19.21	66.76 31.65	0.50 --	0.0-0.50 19.21- ?	168.2	1.07	1.23-2.30

ρ = Resistividad geoeléctrica (Ω -m); E= Espesor de la capa (m); Prof= Profundidad (m)

Capa 1, Zona conductiva con presencia de agua, presenta probablemente se trate de una zona con materiales permeables y porosos no consolidadas permitiendo la filtración de aguas superficiales. Capa 2, Zona de baja resistividad, se podría tratar de materiales no consolidados con intercalaciones de arenas y arcillas, capaces de infiltrar el agua superficial hacia zonas más profundas. Capa 3, Zona de resistividad moderada, con presencia de materiales semipermeables con mayor compactación. Capa 4, Zona de alta resistividad, en esta zona no hay presencia de agua, podría tratarse de una zona impermeable compacta compuesta de roca masiva sin fracturas o arcilla compacta impermeable.

7.4 Análisis y Discusión de Resultados

Los Resultados presentados en el presente Informe, muestran los avances alcanzados con el método de la geofísica la cual ayuda a determinar los niveles de los acuíferos en las zonas evaluadas, es importante contar con las secciones geológicas o perfiles estratigráficos de pozos perforados para poder amarrar o correlacionar con las anomalías determinadas con la Geofísica.

Es preciso indicar que dentro de la parte sur del proyecto se presentaron zonas superficiales muy conductivas asociadas a salinidad de los suelos con porcentajes muy altos, este hecho genero ruido en los registros realizados en esas zonas lo que conlleva a tener cuidado al momento de la interpretación.

Con los resultados obtenidos se podrán generar mapas y zonificación de presencia de aguas subterráneas y podrá ayudar a generar modelos de interpretación geología.

En cada sección, se insertó la sección topográfica, con la finalidad de obtener lo más real la secuencia de las capas interpretadas e identificación de las anomalías correspondientes al objetivo del trabajo.

El levantamiento con los Sondeos Eléctricos Verticales (Configuración Schlumberger), ha permitido perfilar la estratigrafía del subsuelo hasta profundidades máximas de 300 m, de acuerdo a las resistividades de los materiales se han determinado 05 Zonas con características diferentes y las cuales se aprecian en cada sección Geoeléctrica para cada zona.

Las mediciones de resistividades en los diversos sondeos realizados permitieron conocer la probable ubicación de la capa conductiva con presencia de Agua Subterránea con valores de Resistividad entre 0.11 Ohm.m a 5 Ohm.m.

De las líneas de tomografía eléctrica podemos indicar que modela mejor las anomalías y que estas se deben a acumulaciones de humedad en zonas conductivas. Además debemos indicar las profundidades máximas alcanzadas con el método llega hasta los 100 m pudiendo ampliarse la profundidad.

En general la Tomografía eléctrica ha logrado definir a las zonas de rocas más compactas como zonas resistivas muy altas y las zonas de fracturamiento o con porosidad y permeabilidad moderada como zonas conductivas, las zonas de

mediana resistividad son en general zonas de transición entre las zonas más resistivas a las más conductivas seguramente por los niveles de alteración o compactación moderado.

CAPÍTULO 8

Pruebas Hidrodinámicas

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



8. Pruebas Hidrodinámicas

8.1 Introducción

En la actualidad los acuíferos son considerados por muchos países como un recurso muy importante en su plan de desarrollo debido a la falta de fuentes y recursos de agua potable superficial en muchas partes de nuestro país. Uno de sus principales aspectos que vuelven a estas fuentes un recurso muy útil para su consumo humano es la poca exposición a fuentes de contaminación a la que está expuesto y a la gran capacidad filtrante de los suelos que la hace más pura que las fuentes superficiales, a esto también se le puede incrementar la particularidad de que están menos afectos a las sequías en comparación con los recursos superficiales.

Se ha incrementado considerablemente en los últimos años la explotación de este recurso por tanto, la evaluación de las propiedades hidráulicas, debe realizarse mediante pruebas específicas que nos ofrezcan una gran cantidad de valores y conocimiento exacto del tipo de acuífero. Para este trabajo se realizaron pruebas de bombeo a caudal constante en las que se utilizaron diversos equipos, los cuales nos ayudaran en la toma de datos en campo y posteriormente hacer el análisis con las diversas herramientas disponibles para ello

8.2 Pruebas de Bombeo

8.2.1 Pruebas Realizadas

Debido a demoras en la logística y retardo en los pagos a los locadores, las pruebas de bombeo se realizaron desde el día 5 de setiembre hasta el día 20 del mismo mes, estas se realizaron tratando de cubrir lo máximo posible todo el ámbito del estudio con el reducido número de estas.

Para la selección de donde se realizaran las pruebas se filtró la base de datos del inventario tomando solo los pozos tubulares que cuenten con equipo completo para la realización de estas, y dejando de lado los 15 pozos que ya contaban con registro de pruebas de bombeo anteriores que servirán de complemento para reforzar la información en el presente estudio.

Los pozos que cuentan con registros de pruebas de bombeo son los sgtes:

*Quadro N° 8.1:
Ubicación de Pruebas de Bombeo de la Primera Fase (2004)*

IRHS	PRUEBA BOMBEO	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA TERRENO	USO
1	2004	CATACAOS	541135	9421050	30	A
1	2014	CASTILLA	545032	9426810	47	D
3	2004	LA ARENA	531717	9411909	25	D-P
4	2004	CURA MORI	537065	9411275	18	D
7	2004	LA ARENA	527344	9412825	20	-
7	2014	EL TALLAN	543295	9399692	33	D

IRHS	PRUEBA BOMBEO	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA TERRENO	USO
8	2004	BERNAL	527770	9397017	23	-
12	2004	LA UNION	529749	9403945	20	D
12	2004	LA ARENA	531974	9409272	20	-
13	2004	LA ARENA	524464	9412207	27	D-P
13	2014	PIURA	540382	9427919	47	p
25	2004	PIURA	537855	9425561	32	D
26	2004	CASTILLA	544204	9434048	49	D
36	2004	LA ARENA	534015	9405378	17	D
39	2004	CATACAOS	534948	9413299	27	D

Los pozos que se seleccionaron para la realización de las pruebas son los siguientes.

Quadro N° 8.2:
Ubicación de Pruebas de Bombeo

IRHS	CÓDIGO	NOMBRE DEL POZO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA TERRENO	Prof. Inic m.
1	20-01-04-01	EPS GRAU- COSSIO DEL POMAR	PIURA	PIURA	CASTILLA	545032	9426810	47	180.00
50	20-01-05-50	AGUA POTABLE CATACAOS	PIURA	PIURA	CATACAOS	535120	9416767	15	180.00
4	20-01-07-04	AGUA POTABLE CURA MORI	PIURA	PIURA	CURA MORI	537065	9411275	18	120.00
7	20-01-08-07	AGUA POTABLE NUEVO TALLAN	PIURA	PIURA	EL TALLAN	543295	9399692	33	116.20
11	20-01-01-11	MICAELA BASTIDAS	PIURA	PIURA	PIURA	534802	9427909	36	165.00
13	20-01-01-13	UNIVERSIDAD DE PIURA	PIURA	PIURA	PIURA	540382	9427919	47	120.00
4	20-08-02-04	AGUA POTABLE SAN CLEMENTE	PIURA	SECHURA	BELLAVISTA DE LA UNION	528502	9399132	18	120.00
7	20-08-04-07	SAN BLAS	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	530269	9393878	14	156.00

Las pruebas se realizaron de forma individual debido a no contar con piezómetros en zonas cercanas a los pozos para poder medir las variaciones de nivel en las cercanías.

En los pozos seleccionados la recarga de este es alta y rápida para volver a alcanzar su nivel estático, los cuales se recuperaron en menos de 24 horas.

Esto evidencia que los estratos donde se encuentra ubicado el acuífero confinado es altamente poroso y tiene una buena permeabilidad siendo en su mayoría estratos conformados por arenas con limos y gravas de diversos tamaños desde finos (gravilla) a medios.

8.2.2 Resultados Obtenidos

Los resultados de las pruebas realizadas y su interpretación se muestran en los anexos adjuntos al presente reporte. A continuación se describen los principales parámetros hidráulicos obtenidos en las pruebas de hidráulica subterránea.

Quadro N° 8.3:
Características generales de las pruebas de bombeo
Autoridad Nacional del Agua

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

CODIGO POZO	NOM BRE	DURACION (Seg)		PROFUNDIDA D (m)	PROFUNDIDAD DE NIVEL DE AGUA				CAUDAL (m ³ /s)
		DESCENS O	RECUPER CIÓN		DESCENSO		RECUPERACION		
					INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
20-01-04-01	EPSGRAU - COSSIO DEL POMAR	24600	37200	180.0	38.76	70.00	70.00	38.26	0.09
20-01-05-50	EPSGRAU - CATACAOS	55800	7320	180.0	22.83	38.86	38.87	22.83	0.0827
20-01-08-07	AGUA POTABLENUEVO TALLAN	32450	64860	116.2	17.35	34.79	34.79	17.60	0.0096
20-01-01-13	UNIVERSIDAD DE PIURA	43020	67200	120.0	45.21	52.27	49.65	45.37	0.032
20-08-02-04	AGUA POTABLESAN CLEMENTE	21600	24600	120.0	10.46	39.07	39.07	10.32	0.03056
20-08-04-07	POZO SAN BLAS	36000	57600	156.0	17.07	32.15	32.15	16.70	0.04

8.2.3 Parámetros hidráulicos

8.2.3.1 Transmisividad

La transmisividad se puede definir como el caudal de agua que proporciona una sección de ancho unidad de frente acuífero sometido a un gradiente del 100 %. La transmisividad es un parámetro que en el campo se mide más fácilmente que la permeabilidad y por ello se utiliza en los cálculos de explotación de pozos con mayor frecuencia que ésta. Este parámetro fluctúa entre 0.00554×10^{-2} y 39.9×10^{-2} m²/s lo que demuestra que estamos ante la presencia de terrenos con estratos con una permeabilidad de regular a muy buena que nos demuestran que el acuífero se puede calificar de regular a excelente.

Quadro N° 8.4:
Valores de Transmisividad

CODIGO POZO	NOMBRE	TRANSMISIVIDAD T X 10 ⁻² (m ² /s)		PERMEABILIDAD (m/día)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	CAPACIDAD ESPECÍFICA (l/s/m)
		DESCENSO	RECUPERACIÓN			
20-01-04-01	EPSGRAU - COSSIO DEL POMAR	0.0265	21		1.64×10^{-2}	2.9
20-01-05-50	EPSGRAU - CATACAOS	0.0466	39.9		4.17×10^{-2}	5.2
20-01-08-07	AGUA POTABLE NUEVO TALLAN	0.00554	10		3.86×10^{-2}	0.6
20-01-01-13	UNIVERSIDAD DE PIURA	0.0454	21		4.29×10^{-2}	4.5
20-08-02-04	AGUA POTABLE SAN CLEMENTE	0.00917	10.5		7.38×10^{-2}	1.1
20-08-04-07	POZO SAN BLAS	0.0302	21		1.07×10^{-1}	2.7

8.2.3.2 Conductividad Hidráulica

Se infieren valores de acuerdo a estimaciones de las pruebas de Bombeo (Ver Anexo 1: Hidrodinámica) cuyos rangos de conductividad varían de 0.00286 a 1.37×10^{-5} m/s.

Quadro N° 8.5:
Valores de Conductividad Hidráulica

IRHS	DISTRITO	ESTADO POZO	USO	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (m/s)
1	CATACAOS	UTILIZABLE	A	0.000049
1	CASTILLA	UTILIZADO	D	0.0001480
3	LA ARENA	UTILIZADO	D-P	0.0000776
4	CURA MORI	UTILIZADO	D	0.0000903
4	BELLAVISTA DE LA UNION	UTILIZADO	D	0.0000137

IRHS	DISTRITO	ESTADO POZO	USO	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (m/s)
5	CRISTO NOS VALGA	UTILIZADO	D	0.0003630
7	LA ARENA	NO UTILIZABLE	-	0.0000185
7	EL TALLAN	UTILIZADO	D	0.0000370
8	BERNAL	NO UTILIZABLE	-	0.0000137
12	LA UNION	UTILIZADO	D	0.0000236
12	LA ARENA	NO UTILIZABLE	-	0.0000447
13	LA ARENA	UTILIZADO	D-P	0.0000286
13	PIURA	UTILIZADO	p	0.0028600
25	PIURA	UTILIZADO	D	0.0000344
26	CASTILLA	UTILIZADO	D	0.0000278
36	LA ARENA	UTILIZADO	D	0.0000204
39	CATACAOS	UTILIZADO	D	0.0000313
50	CATACAOS	UTILIZADO	D-P	0.0005280

8.2.3.3 Coeficiente de almacenamiento

Parámetro Hidrogeológico que mide la cantidad de agua que puede ser extraída del almacenamiento en un acuífero, con un descenso unitario de la carga hidráulica. Este parámetro nos indica la cantidad de agua que puede almacenar un acuífero dentro de las capas geológicas que conforman estos. Los valores obtenidos de las pruebas realizadas varían entre 1.64×10^{-2} y 1.07×10^{-1} (m/m) nos marcan que estamos ante la presencia de un acuífero confinado con estados de presencia de un semiconfinado en muchos sectores que influye en la producción de los pozos marcándonos un tipo de material poroso intergranular con mayor presencia de material el tipo grava y arenas.

Quadro N° 8.6:

Valores de Hidráulica Subterránea para el Acuífero investigado

NOM BRE	TRANSMISIVIDAD	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	RADIO DE INFLUENCIA (m)				
			6 HORAS	8 HORAS	10 HORAS	12 HORAS	18 HORAS
EPSGRAU - COSSIO DEL POMAR	0.21	1.64	789	911	1018	1116	1366
EPSGRAU - CATACAOS	0.399	4.17	682	787	880	964	1181
AGUA POTABLE NUEVO TALLAN	0.1	3.86	355	410	458	502	615
UNIVERSIDAD DE PIURA	0.21	4.29	488	563	630	690	845
AGUA POTABLE SAN CLEMENTE	0.105	7.38	263	304	339	372	455
POZO SAN BLAS	0.21	10.70	309	357	399	437	535

8.2.3.4 Capacidad específica

Es el rendimiento que obtenemos de un pozo por la unidad de depresión en la superficie piezométrica. Los valores que hemos obtenido se pueden apreciar en el cuadro y varían de 0.6 a 5.2 l/s/m donde podemos ver que el sector de Piura-

Castilla hasta Catacaos tienen los mayores valores de caudal específico mientras que el sector de El Tallán, Bellavista, Cristo Nos Valga tienen valores menores evidenciando un menor rendimiento con respecto a la explotación del acuífero.

8.2.3.5 Radios de influencia

El radio de influencia es la distancia que alcanza el Cono de Depresión en el acuífero, cuando se bombea un pozo durante un tiempo (t) determinado, es decir hasta donde no podamos evidenciar rebatimientos por efectos de dicho bombeo del pozo. Se mide desde el centro del pozo, este parámetro está directamente relacionado con la Transmisividad y el Coeficiente de Almacenamiento.

Debido a que en la zona del Medio y Bajo Piura no se cuenta con pozos cercanos para poder ser utilizados como piezómetros estos valores se han determinado en gabinete y se han calculado para tiempos de 6 horas encontrando que hay una incidencia de 263 a 789 metros, para 8 horas tenemos una incidencia de 304 a 911 metros, para 10 horas tenemos un radio de influencia que varía de 339 a 1018 metros, para 12 horas el radio de influencia va de 372 a 1116 metros y para un tiempo de 18 horas el radio de influencia fluctúa entre 455 y 1366 metros.

De las pruebas realizadas el pozo que menor radio de influencia presenta es el de Bellavista son seguido por el de Cristo Nos Valga y El Tallán y los de mayor radio de influencia son Castilla, Catacaos y Piura respectivamente. Por el régimen de explotación y bombeo que presentan los pozos vemos que hay interferencia entre pozos en las zonas de Piura y Castilla para bombeos mayores a 10 horas siendo la condición completamente opuesta para los demás pozos. Los resultados y detalles de las pruebas hidrodinámicas se muestran en el Anexo 1: Pruebas Hidrodinámicas.

CAPÍTULO 9

Análisis de Calidad de Aguas Subterráneas

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



9. Análisis de Calidad de Aguas Subterráneas

9.1 Introducción

Fueron seleccionados un total de 23 Pozos de Aguas Subterráneas, de donde se obtuvieron muestras de agua para la ejecución de análisis físico-químicos. Estos análisis han sido realizados por el Laboratorio de la Universidad de Piura “UDEP” y el Laboratorio Environmental Quality Analytical Services S.A “EQUAS”.

De los 23 pozos de agua subterránea, se enviaron 18 muestras al laboratorio de la UDEP para determinación de Cationes y 18 muestras de los mismos pozos, más una muestra adicional al laboratorio de EQUAS para determinación de Aniones siendo en total 19 muestras, además fueron enviadas al laboratorio de EQUAS 04 muestras más a fin de realizar Análisis Bacteriológico y Análisis de Nitrógeno Amomiacal.

9.2 Puntos Analizados

9.2.1 Análisis Laboratorio Universidad De Piura – Udep

En el laboratorio de la UDEP se han realizado un total de 18 análisis para 18 muestras de pozos de agua subterránea respectivamente, el análisis realizado en este laboratorio es un “Análisis de Iones Predominantes Y Físicoquímicos” (identificación y cuantificación de cationes). Los pozos en los cuales se ha realizado este análisis se muestran a continuación en el siguiente recuadro.

Quadro N° 9.1:

Relación de Pozos de Pruebas Hidrogeoquímicas Identificación de Cationes - UDEP

N°	IRHS	NOMBRE DEL POZO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	COORDENADAS WGS-84		COTA	PERFORACION	ESTADO DEL POZO
						ESTE	NORTE			
								TERRENO m.s.n.m.	Tipo PERFORACION	
1	4	AGUA POTABLE SAN CLEMENTE	PIURA	SECHURA	BELLAVISTA DE LA UNIÓN	528502	9399132	18	T	UTILIZADO
2	5	VEGA DEL CHILCO	PIURA	SECHURA	BERNAL	536622	9397743	19	T	UTILIZADO
3	1	EPS GRAU - COSSIO DEL POMAR	PIURA	PIURA	CASTILLA	545032	9426810	47	T	UTILIZADO
4	20	EPS GRAU - SAN BERNARDO	PIURA	PIURA	CASTILLA	541490	9422692	35	T	UTILIZADO
5	44	ARANTXA S.A.	PIURA	PIURA	CASTILLA	544586	9438679	43	T	UTILIZADO
7	7	SAN BLAS	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	530269	9393878	14	T	UTILIZADO
8	6	MUNICIPALIDAD DE SECHURA	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	528739	9389511	17	T	UTILIZADO
9	18	AGUA POTABLE POZO DE LOS RAMOS	PIURA	PIURA	CUJAMORI	537665	9409219	23	T	UTILIZADO
10	19	AGUA POTABLE PANAMERICANA	PIURA	PIURA	CUJAMORI	542920	9403144	20	T	UTILIZADO
11	8	JAAS EL TALLAN	PIURA	PIURA	EL TALLAN	535791	9401742	21	T	UTILIZADO
12	7	AGUA POTABLE NUEVO TALLAN	PIURA	PIURA	EL TALLAN	543295	9399692	33	T	UTILIZADO
13	30	VILLA CASAGRANDE	PIURA	PIURA	LA ARENA	527095	9412488	23	T	UTILIZADO
14	12	PLANTA MIRAGARZON	PIURA	PIURA	LA UNIÓN	529749	9403945	20	T	UTILIZADO
15	10	POZO SAN CARLOS	PIURA	PIURA	LA UNIÓN	529786	9402324	20	T	UTILIZADO
16	22	EPS GRAU - ALGARROBOS	PIURA	PIURA	PIURA	538943	9428618	50	T	UTILIZADO
17	11	MICAELA BASTIDAS	PIURA	PIURA	PIURA	534802	9427909	36	T	UTILIZADO
18	13	POZO N° 13	PIURA	SECHURA	SECHURA	504089	9347155	77	T	UTILIZADO
19	15	YERBA BLANCA	PIURA	SECHURA	SECHURA	537225	9373302	7	T	UTILIZADO

Estos mismos pozos han sido evaluados por el laboratorio de EQUAS a fin de identificar Aniones y poder completar la base de datos para la evaluación hidrogeoquímica.

9.2.2 Análisis Laboratorio Environmental Quality Analytical Services – Equas

En el laboratorio de EQUAS se han evaluado un total de 19 muestras para cada pozo respectivamente, siendo estas muestras de los 18 pozos ya evaluados por el laboratorio de la UDEP mas una muestra adicional correspondiente al Pozo IRHS 13 – Catacaos. En el análisis de este laboratorio se identifican Aniones, Conductividad Eléctrica y Total de Solidos Disueltos. A continuación se muestra relación de pozos analizados.

Quadro N° 9.2:
Identificación de Aniones – EQUAS

N°	IRHS	NOMBRE DEL POZO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	COORDENADAS WGS-84		COTA	PERFORACION	ESTADO DEL POZO
						ESTE	NORTE	TERRENO	Tipo	
								m.s.n.m.	PERFORACION	
1	4	AGUA POTABLE SAN CLEMENTE	PIURA	SECHURA	BELLAVISTA DE LA UNION	528502	9399132	18	T	UTILIZADO
2	5	VEGA DEL CHILCO	PIURA	SECHURA	BERNAL	536622	9397743	19	T	UTILIZADO
3	1	EPS GRAU - COSSIO DEL POMAR	PIURA	PIURA	CASTILLA	545032	9426810	47	T	UTILIZADO
4	20	EPS GRAU - SAN BERNARDO	PIURA	PIURA	CASTILLA	541490	9422692	35	T	UTILIZADO
5	44	ARANTXA S.A.	PIURA	PIURA	CASTILLA	544586	9438679	43	T	UTILIZADO
6	13	Agua Potable Catacaos	PIURA	PIURA	CATACAOS	536358	9418017	27	T	UTILIZADO
7	7	SAN BLAS	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	530269	9393878	14	T	UTILIZADO
8	6	MUNICIPALIDAD DE SECHURA	PIURA	SECHURA	CRISTO NOS VALGA	528739	9389511	17	T	UTILIZADO
9	18	AGUA POTABLE POZO DE LOS RAMOS	PIURA	PIURA	CURA MORI	537665	9409219	23	T	UTILIZADO
10	19	AGUA POTABLE PANAMERICANA	PIURA	PIURA	CURA MORI	542920	9403144	20	T	UTILIZADO
11	8	JAASEL TALLAN	PIURA	PIURA	EL TALLAN	535791	9401742	21	T	UTILIZADO
12	7	AGUA POTABLE NUEVO TALLAN	PIURA	PIURA	EL TALLAN	543295	9399692	33	T	UTILIZADO
13	30	VILLA CASAGRANDE	PIURA	PIURA	LA ARENA	527095	9412488	23	T	UTILIZADO
14	12	PLANTA MIRAGARZON	PIURA	PIURA	LA UNION	529749	9403945	20	T	UTILIZADO
15	10	POZO SAN CARLOS	PIURA	PIURA	LA UNION	529786	9402324	20	T	UTILIZADO
16	22	EPS GRAU - ALGARROBOS	PIURA	PIURA	PIURA	538943	9428618	50	T	UTILIZADO
17	11	MICABELA BASTIDAS	PIURA	PIURA	PIURA	534802	9427909	36	T	UTILIZADO
18	13	POZO N° 13	PIURA	SECHURA	SECHURA	504089	9347155	77	T	UTILIZADO
19	15	YERBA BLANCA	PIURA	SECHURA	SECHURA	537225	9373302	7	T	UTILIZADO

En los 04 Pozos de Aguas Subterráneas que no han sido analizados anteriormente se ha ejecutado Análisis Bacteriológico para 02 pozos y Análisis de Nitrógeno Amoniacal para los 02 pozos restantes, como se muestra en la siguiente relación a continuación.

Quadro N° 9.3:
Relación de Pozos de Pruebas Hidrogeoquímicas Análisis Bacteriológico – EQUAS

N°	IRHS	NOMBRE DEL POZO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	COORDENADAS WGS-84		COTA	PERFORACION	ESTADO DEL POZO
						ESTE	NORTE	TERRENO	Tipo	
								m.s.n.m.	PERFORACION	
1	9	ANTIGUO SAN CLEMENTE	PIURA	SECHURA	BELLAVISTA DE LA UNION	528921	9399026	17	TA	UTILIZADO
2	21	AA.HH. ARROYO MIO- MUN.	PIURA	PIURA	LA UNION	530102	9407308	21	TA	UTILIZADO

Quadro N° 9.4:
Relación de Pozos de Pruebas Hidrogeoquímicas Análisis de Nitrógeno Amoniacal – EQUAS

N°	IRHS	NOMBRE DEL POZO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	COORDENADAS WGS-84		COTA	PERFORACION	ESTADO DEL POZO
						ESTE	NORTE	TERRENO	Tipo	
								m.s.n.m.	PERFORACION	
1	32	COMUNAL TABLAZO	PIURA	PIURA	LA UNION	526785	9403924	18	TA	UTILIZADO
2	45	MARGARITA	PIURA	PIURA	LA ARENA	529643	9410430	16	TA	UTILIZADO

9.3 Base de Datos de la Pruebas Hidrogeoquímicas

La información obtenida de los laboratorios ha sido sistematizada y adecuada de acuerdo a las plantillas que serán trabajadas en el software AquaChem (software para análisis y modelamiento de datos hidrogeoquímicos de aguas subterráneas). Debido a que los datos necesarios para el análisis dentro del software Aquachem provienen de diferentes fuentes (Cationes de la UDEP y Aniones de EQUAS) ha sido necesario integrar la información en una sola base de datos, a fin de complementar los datos para el análisis de cada una de las muestras. Esta información servirá para elaborar los gráficos de Stiff, Wilcox, Schoeller, y Piper.

9.3.1 Base de Datos UDEP

A continuación se presentan los resultados de los análisis realizados en el laboratorio de la Universidad de Piura para los 18 pozos de agua subterránea analizados.

Quadro N° 9.5:

Base de datos de las Pruebas Hidrogeoquímicas Identificación y cuantificación de Cationes - UDEP

StationID	pH	Temp (°C)	Li (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	Sr (mg/L)	Mn (mg/L)	Fe (mg/L)	Ba (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	B (mg/L)
IRHS-01 CASTILLA	6.20	25.70	0.0088	195.8425	3.8887	10.7948	82.6142	1.4734	0.0108	0.0708	0.0968	0.0077	0.0053	0.1232
IRHS-04 BELLAVISTA	8.23	28.00	0.0220	440.4262	3.8781	8.2555	52.2765	0.9816	0.0241	0.0088	0.0548	0.0093	0.0032	0.1472
IRHS-05 BERNAL	8.24	24.00	0.0179	296.8315	2.5560	3.8164	28.5380	0.4807	0.0212	0.0198	0.0424	0.0144	0.0022	0.1282
IRHS-06 CRISTO NOS VALGA	8.21	23.40	0.0337	447.3402	5.6364	6.2318	15.3335	0.2479	0.0076	0.0106	0.0125	0.0086	0.0035	0.2828
IRHS-07 CRISTO NOS VALGA	7.21	28.70	0.0277	394.9984	3.4829	9.1965	50.9169	0.9646	0.0216	0.0150	0.0846	0.0095	0.0044	0.1388
IRHS-07 TALLAN	8.35	27.10	0.0106	258.3152	2.1914	3.4124	19.1446	0.2726	0.0044	0.0266	0.0061	0.0108	0.0009	0.2236
IRHS-08 TALLAN	8.31		0.0268	387.1301	3.6542	4.0633	39.8801	0.7118	0.0313	0.1243	0.0559	0.0114	0.0016	0.1683
IRHS-10 LA UNION	8.10	28.30	0.0226	503.8567	6.1418	21.1192	93.7617	1.6278	0.0595	0.0503	0.0562	0.0076	0.0054	0.1371
IRHS-11 PIURA	8.05	27.10	0.0148	261.2064	3.1897	6.2531	48.8645	0.5676	0.0121	0.1020	0.0205	0.0056	0.0017	0.2568
IRHS-12 LAUNION	8.18	27.00	0.0314	541.9175	5.0139	10.5940	128.8791	1.8569	0.0786	0.0100	0.0736	0.0078	0.0057	0.2213
IRHS-13 SECHURA	8.17	28.20	0.0295	262.3313	8.3818	14.3207	89.2897	0.6262	0.0027	0.0763	0.0092	0.0044	0.0015	0.3650
IRHS-15 SECHURA	8.31	27.70	0.0321	337.5015	6.8533	6.6542	16.3396	0.1943	0.0036	0.0352	0.0091	0.0067	0.0016	0.2827
IRHS-18 CURA MORI	8.14	23.70	0.0078	150.5512	1.9018	1.7242	25.0315	0.4139	0.0097	0.0160	0.0297	0.0117	<0.0004	0.0899
IRHS-19 CURA MORI	8.37	23.50	0.0092	209.6031	2.1320	3.9493	17.0623	0.2703	0.0057	0.0295	0.0138	0.0182	0.0004	0.1277
IRHS-20 CASTILLA	6.40	26.80	0.0060	152.0570	2.2229	2.3775	20.7052	0.2893	0.0040	0.0948	0.0133	0.0127	0.0032	0.1542
IRHS-22 PIURA	7.68	24.50	0.0170	382.7649	5.3806	24.3243	161.5116	2.4876	0.0338	0.3592	0.0322	0.0044	0.0046	0.1748
IRHS-30 LA ARENA	8.03	31.20	0.0193	456.6623	5.8146	16.7676	86.9142	1.1289	0.1053	0.1446	0.0573	0.0095	0.0048	0.1914
IRHS-44 CASTILLA	8.20	24.00	0.0071	216.1825	2.9944	2.9084	37.1435	0.0676	0.0329	0.1631	0.0017	0.0392	0.0036	0.3101
StationID	Antimonio (mg/L)	Berilio (mg/L)	Bismuto (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cerio (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo (mg/L)	Estaño (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Molibdeno (mg/L)		
IRHS-01 CASTILLA	0.0006	<0.0006	<0.0003	0.0460	<0.0003	0.0002	0.0006	0.0011	<0.0004	0.0084	0.0013	0.0031		
IRHS-04 BELLAVISTA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	0.0018	0.0011	<0.0004	0.0081	<0.0001	0.0035		
IRHS-05 BERNAL	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	0.0020	0.0012	<0.0004	0.0112	<0.0001	0.0049		
IRHS-06 CRISTO NOS VALGA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	0.0005	0.0022	<0.0004	0.0076	<0.0001	0.0052		
IRHS-07 CRISTO NOS VALGA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	0.0005	0.0014	<0.0004	0.0075	<0.0001	0.0053		
IRHS-07 TALLAN	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	<0.0003	0.0012	<0.0004	0.0065	<0.0001	0.0053		
IRHS-08 TALLAN	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	0.0007	0.0012	<0.0004	0.0186	<0.0001	0.0045		
IRHS-10 LA UNION	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	0.0003	0.0007	0.0011	<0.0004	0.0161	<0.0001	0.0032		
IRHS-11 PIURA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	0.0211	<0.0003	<0.0002	0.0136	0.0019	<0.0004	0.0077	0.0005	0.0134		
IRHS-12 LAUNION	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	0.0004	0.0009	0.0008	<0.0004	0.0091	<0.0001	0.0030		
IRHS-13 SECHURA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	0.0037	<0.0003	0.0003	0.0071	0.0028	<0.0004	0.0121	<0.0001	0.0039		
IRHS-15 SECHURA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	0.0005	0.0025	<0.0004	0.0141	<0.0001	0.0022		
IRHS-18 CURA MORI	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	0.0005	0.0010	<0.0004	0.0069	<0.0001	0.0069		
IRHS-19 CURA MORI	<0.0002	<0.0006	<0.0003	0.0004	<0.0003	<0.0002	0.0008	0.0016	<0.0004	0.0150	<0.0001	0.0042		
IRHS-20 CASTILLA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	0.0234	<0.0003	<0.0002	0.0081	0.0023	<0.0004	0.0063	0.0005	0.0074		
IRHS-22 PIURA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	0.0005	0.0037	0.0013	<0.0004	0.0058	<0.0001	0.0026		
IRHS-30 LA ARENA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	0.0014	<0.0003	0.0003	0.0008	0.0012	<0.0004	0.0086	<0.0001	0.0061		
IRHS-44 CASTILLA	<0.0002	<0.0006	<0.0003	<0.0002	<0.0003	<0.0002	0.0012	0.0016	<0.0004	0.0075	<0.0001	0.0088		

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

SampleID	StationID	Niquel (mg/L)	Plata (mg/L)	Plomo (mg/L)	Selenio (mg/L)	Talio (mg/L)	Titanio (mg/L)	Torio (mg/L)	Uranio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	Zinc (mg/L)
102/14	IRHS-01 CASTILLA	0.0037	<0.0002	0.0005	<0.0002	<0.0003	0.0032	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0037
097/14	IRHS-04 BELLAVISTA	0.0023	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0003	0.0022	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0072
098/14	IRHS-05 BERNAL	0.0014	<0.0002	0.0032	0.0018	<0.0003	0.0021	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0079
100/14	IRHS-06 CRISTO NOS VALGA	0.0008	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0003	0.0023	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0015
099/14	IRHS-07 CRISTO NOS VALGA	0.0020	<0.0002	<0.0002	0.0020	<0.0003	0.0021	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0019
089/14	IRHS-07 TALLAN	0.0009	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0003	0.0021	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0017
091/14	IRHS-08 TALLAN	0.0019	<0.0002	0.0005	0.0014	<0.0003	0.0023	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0044
092/14	IRHS-10 LA UNION	0.0042	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0003	0.0024	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0011
104/14	IRHS-11 PIURA	0.0019	<0.0002	0.0011	<0.0002	<0.0003	0.0032	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0219
096/14	IRHS-12 LAUNION	0.0057	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0003	0.0023	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0013
105/14	IRHS-13 SECHURA	0.0037	<0.0002	0.0022	<0.0002	<0.0003	0.0044	<0.0010	<0.0003	0.0004	0.0322
093/14	IRHS-15 SECHURA	0.0008	<0.0002	<0.0002	0.0012	<0.0003	0.0039	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0036
094/14	IRHS-18 CURA MORI	0.0011	<0.0002	0.0004	<0.0002	<0.0003	0.0021	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0036
090/14	IRHS-19 CURA MORI	0.0009	<0.0002	0.0007	<0.0002	<0.0003	0.0024	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0091
101/14	IRHS-20 CASTILLA	0.0011	<0.0002	0.0013	<0.0002	<0.0003	0.0021	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0265
103/14	IRHS-22 PIURA	0.0069	<0.0002	0.0002	0.0021	<0.0003	0.0032	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0024
095/14	IRHS-30 LA ARENA	0.0038	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0003	0.0024	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0055
088/14	IRHS-44 CASTILLA	0.0072	<0.0002	0.0013	<0.0002	<0.0003	0.0032	<0.0010	<0.0003	<0.0003	0.0165

9.3.2 Base De Datos Equas

Según lo descrito en los acápite anteriores, se presentan los resultados de los análisis realizados en el laboratorio EQUAS para los 18 pozos analizados por el laboratorio de la UDEP más un pozo adicional (IRHS 13 – Catacaos), lo cual servirá para complementar los parámetros necesarios (Aniones y Cationes) para realizar la interpretación y análisis mediante el software AquaChem.

Quadro N° 9.6:

Base de Datos de las Pruebas Hidrogeoquímicas Identificación y cuantificación de Aniones y Cationes– EQUAS

StationID	pH	Temp (°C)	Cond (umho/cm)	TDS (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)	HCO3 (mg/L)	CO3 (mg/L)
IRHS-01 CASTILLA	6.20	25.70	1529.00	1054	198.654	4.264	9.600	161.96	37	19	62	<2
IRHS-04 BELLAVISTA	8.23	28.00	2616.00	1412	445.666		7.680	42.56	696	103	36	<2
IRHS-05 BERNAL	8.24	24.00	1739.00	992	295.280		3.750	25.97	400	126	45	<2
IRHS-06 CRISTO NOS VALGA	8.21	23.40	2402.00	1320	435.276		6.080	14.06	634	47	31	<2
IRHS-07 CRISTO NOS VALGA	7.21	28.70	2521.00	1310	410.703		8.970	58.98	676	72	30	<2
IRHS-07 EL TALLAN	8.35	27.10	1483.00	776	266.000		3.320	15.93	361	54	51	<2
IRHS-08 EL TALLAN	8.31		2274.00	1204	393.702		3.860	31.82	570	129	44	<2
IRHS-10 LA UNION	8.10	28.30	3280.00	1860	501.514		18.890	77.94	876	150	36	<2
IRHS-11 PIURA	8.05	27.10	1517.00	900	255.833		5.960	40.51	296	174	101	<2
IRHS-12 LA UNION	8.18	27.00	3520.00	2160	554.507		10.330	97.27	954	179	32	<2
IRHS-13 CATACAOS	8.30	28.10	1004.00	768	174.000		2.730	17.36	139	188	59	<2
IRHS-13 SECHURA	8.17	28.20	1807.00	1044	238.269		14.558	98.69	369	198	127	<2
IRHS-15 SECHURA	8.31	27.70	1892.00	1000	335.975		6.340	14.15	450	45	128	<2
IRHS-18 CURA MORI	8.14	23.70	906.00	532	140.094		1.689	25.02	139	159	45	<2
IRHS-19 CURA MORI	8.37	23.50	1104.00	628	187.652		3.820	13.58	179	147	69	<2
IRHS-20 CASTILLA	6.40	26.80	899.00	524	157.415	2.455	3.240	35.29	15.3	29	64	<2
IRHS-22 PIURA	7.68	24.50	2950.00	1972	411.802		24.930	113.42	816	105	58	<2
IRHS-30 LA ARENA	8.03	31.20	2917.00	1712	460.008		15.640	74.79	736	230	41	<2
IRHS-44 CASTILLA	8.20	24.00	1265.00	704	204.694		2.890	31.58	293	68	53	<2

Quadro N° 9.7:

Base de Datos de las Pruebas Hidrogeoquímicas Análisis Bacteriológico – EQUAS

ANÁLISIS	ENSAYO	POZO	ESTE (metros)	NORTE (metros)	COTA (msnm)	FECHA DE MUESTRA	CANTIDAD NMP/ 100 mL	METODO DE ENSAYO
COLIFORMES TOTALES (35 °C)	N1398-2/14	IRHS-09 BELLAVISTA	528921	9399026	17	19/09/2014	12 x 10 ²	APHA 9221 B
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (44.5 °C)	N1398-2/14	IRHS-09 BELLAVISTA	528921	9399026	17	19/09/2014	22 x 10	APHA 9221 E
COLIFORMES TOTALES (35 °C)	N1395/14	IRHS-21 LA UNION	530102	9407308	21	19/09/2014	11 x 10 ²	APHA 9221 B
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (44.5 °C)	N1395/15	IRHS-21 LA UNION	530102	9407308	21	19/09/2014	33 x 10	APHA 9221 E

Quadro N° 9.8:

Base de Datos de las Pruebas Hidrogeoquímicas Análisis Nitrógeno Amoniacal – EQUAS

ANÁLISIS	ENSAYO	POZO	ESTE (metros)	NORTE (metros)	COTA (msnm)	FECHA DE MUESTRA	CANTIDAD mg NH ₃ / L	METODO DE ENSAYO
NITRÓGENO AMONIAAL	N1398-1/14	IRHS-45 LA ARENA	529643	9410430	16	19/09/2014	<0.10	APHA 4500 NH ₃ E
NITRÓGENO AMONIAAL	N1398/14	IRHS-32 LA UNION	526785	9403924	18	19/09/2014	<0.11	APHA 4500 NH ₃ E

9.3.3 Integración de Bases de Datos

Con el fin de poder utilizar la información analizada en laboratorio para la elaboración de los gráficos de Stiff, Wilcox, Schoeller, y Piper, que permitan interpretar las muestras de agua de cada una de las fuentes de agua analizadas, se necesita contar con información referente a parámetros físicos, cationes y aniones, por ello ha sido necesario integrar la información de los dos laboratorios para los 18 pozos de agua subterránea analizados. A continuación se presenta el resultado de la integración de estos análisis.

Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)

Quadro N° 9.9:
Base de Datos de las Pruebas Hidrogeoquímicas Integrada

StationID	pH	Temp (°C)	Cond (umho/cm)	TDS (mg/L)	Li (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	Sr (mg/L)	Mn (mg/L)	Fe (mg/L)	Ba (mg/L)	Cl (mg/L)	SO4 (mg/L)	HCO3 (mg/L)	CO3 (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	B (mg/L)
IRHS-01 CASTILLA	6.20	25.70	1529.00	1054	0.0088	198.654	3.8887	9.600	161.96	1.4734	0.0108	0.0708	0.0968	37	19	62	<2	0.0077	0.0053	0.1232
IRHS-04 BELLAVISTA	8.23	28.00	2616.00	1412	0.0220	445.666	3.8781	7.680	42.56	0.9816	0.0241	0.0088	0.0548	696	103	36	<2	0.0093	0.0032	0.1472
IRHS-05 BERNAL	8.24	24.00	1739.00	992	0.0179	295.280	2.5560	3.750	25.97	0.4807	0.0212	0.0198	0.0424	400	126	45	<2	0.0144	0.0022	0.1282
IRHS-06 CRISTO NOS VALGA	8.21	23.40	2402.00	1320	0.0337	435.276	5.6364	6.080	14.06	0.2479	0.0076	0.0106	0.0125	634	47	31	<2	0.0086	0.0035	0.2828
IRHS-07 CRISTO NOS VALGA	7.21	28.70	2521.00	1310	0.0277	410.703	3.4829	8.970	58.98	0.9646	0.0216	0.0150	0.0846	676	72	30	<2	0.0095	0.0044	0.1388
IRHS-07 EL TALLAN	8.35	27.10	1483.00	776	0.0106	266.000	2.1914	3.320	15.93	0.2726	0.0044	0.0266	0.0061	361	54	51	<2	0.0108	0.0009	0.2236
IRHS-08 EL TALLAN	8.31		2274.00	1204	0.0268	393.702	3.6542	3.860	31.82	0.7118	0.0313	0.1243	0.0559	570	129	44	<2	0.0114	0.0016	0.1683
IRHS-10 LA UNION	8.10	28.30	3280.00	1860	0.0226	501.514	6.1418	18.890	77.94	1.6278	0.0595	0.0503	0.0562	876	150	36	<2	0.0076	0.0054	0.1371
IRHS-11 PIURA	8.05	27.10	1517.00	900	0.0148	255.833	3.1897	5.960	40.51	0.5676	0.0121	0.1020	0.0205	296	174	101	<2	0.0056	0.0017	0.2568
IRHS-12 LA UNION	8.18	27.00	3520.00	2160	0.0314	554.507	5.0139	10.330	97.27	1.8569	0.0786	0.0100	0.0736	954	179	32	<2	0.0078	0.0057	0.2213
IRHS-13 SECHURA	8.17	28.20	1807.00	1044	0.0295	238.269	8.3818	14.558	98.69	0.6262	0.0027	0.0763	0.0092	369	198	127	<2	0.0044	0.0015	0.3650
IRHS-15 SECHURA	8.31	27.70	1892.00	1000	0.0321	335.975	6.8533	6.340	14.15	0.1943	0.0036	0.0352	0.0091	450	45	128	<2	0.0067	0.0016	0.2827
IRHS-18 CURA MORI	8.14	23.70	906.00	532	0.0078	140.094	1.9018	1.689	25.02	0.4139	0.0097	0.0160	0.0297	139	159	45	<2	0.0117	<0.0004	0.0899
IRHS-19 CURA MORI	8.37	23.50	1104.00	628	0.0092	187.652	2.1320	3.820	13.58	0.2703	0.0057	0.0295	0.0138	179	147	69	<2	0.0182	0.0004	0.1277
IRHS-20 CASTILLA	6.40	26.80	899.00	524	0.0060	157.415	2.2229	3.240	35.29	0.2893	0.0040	0.0948	0.0133	15.3	29	64	<2	0.0127	0.0032	0.1542
IRHS-22 PIURA	7.68	24.50	2950.00	1972	0.0170	411.802	5.3806	24.930	113.42	2.4876	0.0338	0.3592	0.0322	816	105	58	<2	0.0044	0.0046	0.1748
IRHS-30 LA ARENA	8.03	31.20	2917.00	1712	0.0193	460.008	5.8146	15.640	74.79	1.1289	0.1053	0.1446	0.0573	736	230	41	<2	0.0095	0.0048	0.1914
IRHS-44 CASTILLA	8.20	24.00	1265.00	704	0.0071	204.694	2.9944	2.890	31.58	0.0676	0.0329	0.1631	0.0017	293	68	53	<2	0.0392	0.0036	0.3101

9.4 Resultados y Análisis de Calidad de Aguas Subterráneas

En función a la base de datos mostrada en los cuadros anteriores se ha trabajado la información con ayuda del Software Hidrogeoquímico AquaChem que permite interpretar y generar los gráficos de análisis hidrogeoquímico Shoeller, Stiff, Wilcox y Piper, además se han interpretado los datos en formatos de AutoCAD utilizados para la interpretación de Calidad de Agua para Riego y Potabilidad de agua.

9.4.1 Análisis de Salinidad

Los valores de salinidad o conductividad eléctrica en el acuífero somero es mayor a los valores medidos en el acuífero profundo, lo que evidencia una clara diferencia entre los medios de movilización de ambos, siendo que para el acuífero profundo, se tiene la predominancia de depósitos aluvionales detríticos y fangosos continentales, y en cambio, el acuífero somero se encuentra constituido por depósitos aluvionales con influencia de horizontes de origen marino más recientes y por lo tanto poseyendo contenidos salinos mucho mayores, éstos se evidencian en muchos sectores del área de estudios, como por ejemplo en las planicies de Sechura, Piura y Bellavista.

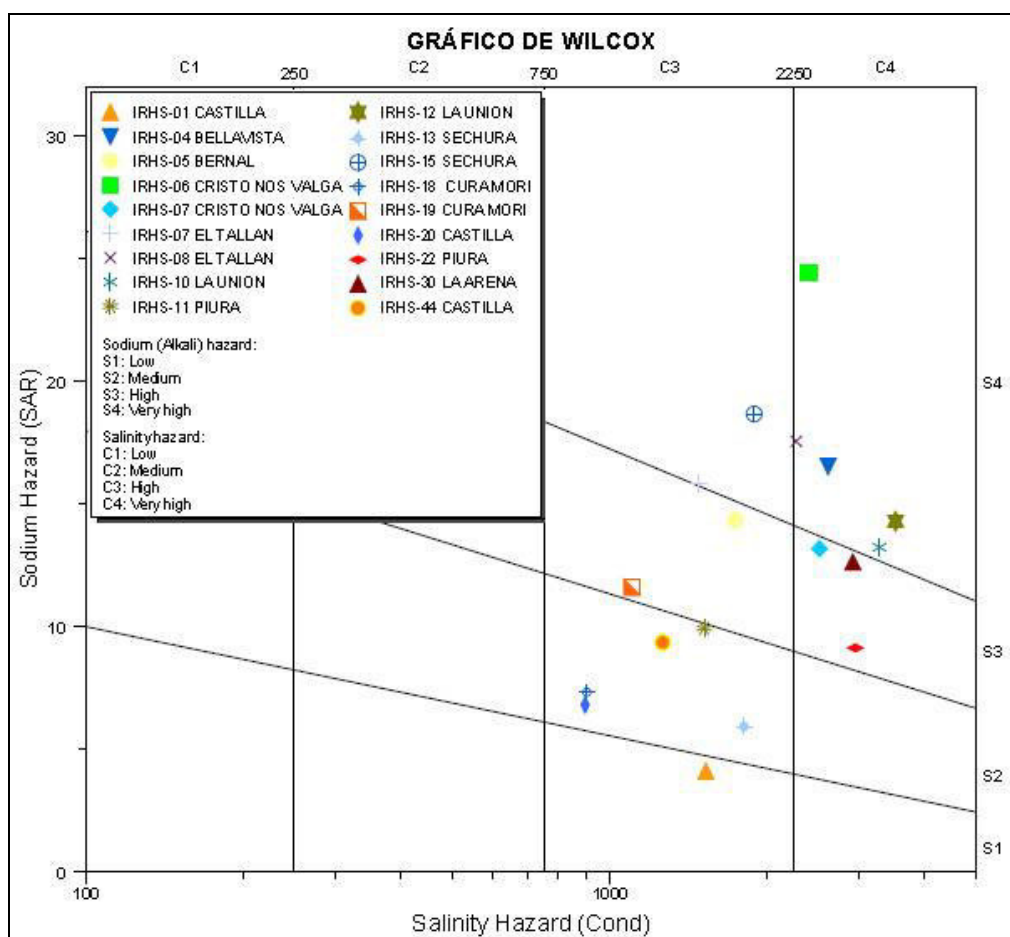


Figura N° 19: Gráfico de Riesgo de Salinidad Wilcox para el Medio y Bajo Piura

De los 18 pozos analizados en función a su calidad por salinidad, sólo el pozo IRHS-01 de Castilla se encuentra dentro de los rangos aceptables para cultivo, estando el Pozo IRHS-06 dentro de los valores más altos de Sodio y Conductividad Eléctrica, o menos apto para cultivos.

Del análisis hidrogeoquímico desarrollado en el Valle de Piura, se infiere la influencia de los depósitos salinos generados en las transgresiones post Miocénicas hacia la llanura costera (Aguas Cloruradas Sódicas), junto con las actividades agrícolas poco tecnificadas, lo que influye directamente no sólo en la recarga volumétrica hacia el acuífero, sino también en las características fisicoquímicas observadas de los análisis.

9.4.2 Familias Hidrogeoquímicas

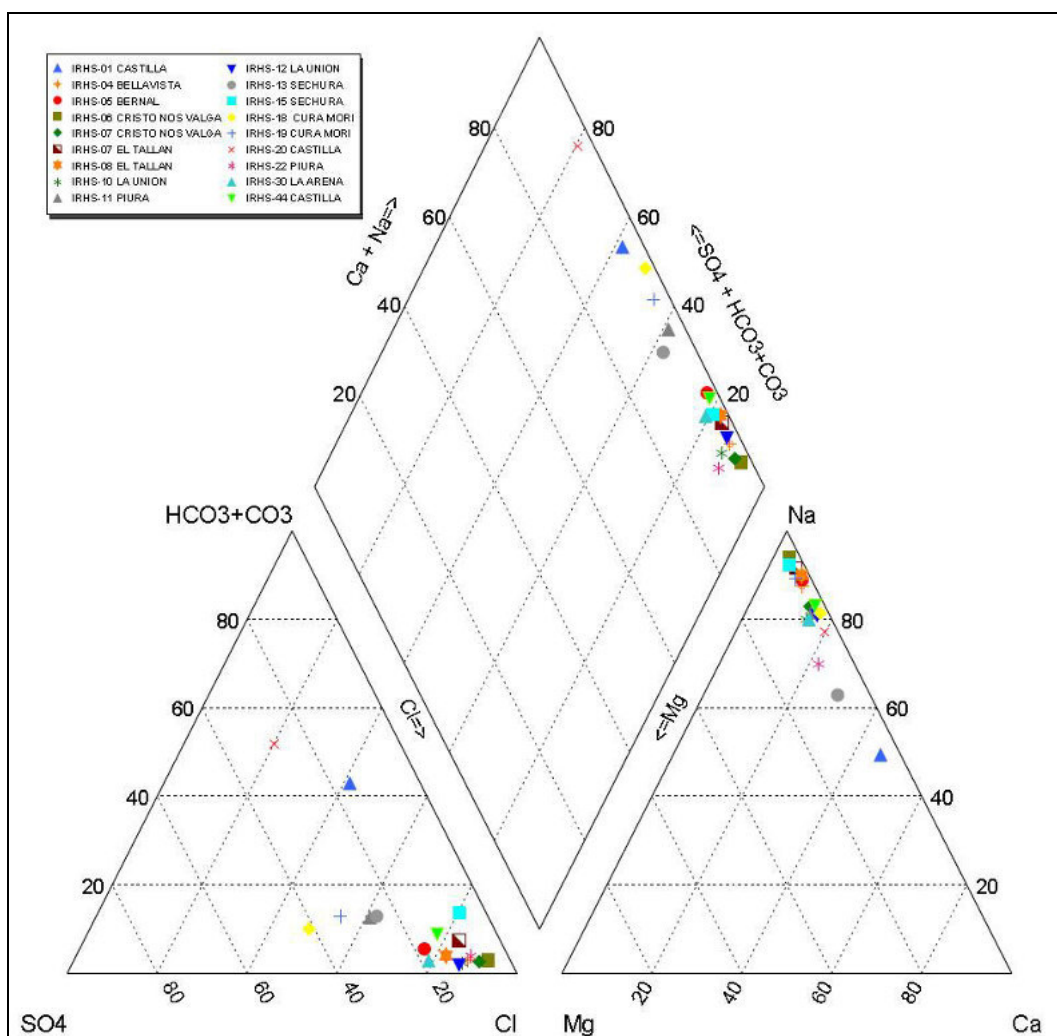


Figura N° 20: Familias Hidrogeoquímicas en el Acuífero Medio y Bajo Piura

Dada la naturaleza geológica e hidrogeológica en el entorno estudiado, se ha logrado inferir que la familia hidrogeoquímica que predomina en el área de estudio es la Clorurada Sódica, sin embargo, existen dos puntos del análisis que poseen características Carbonatadas Cálcicas, los pozos IRHS 01 - Castilla e IRHS 13 – Sechura, esto es inferible debido a la presencia de formaciones de

biogénicas marinas (Montera, Zapallal, Miramar) cuyos horizontes albergan restos orgánicos de naturaleza calcárea como algas, caparazones y otros.

9.4.3 Análisis de Aguas para Riego

Según el RAS y la conductividad eléctrica, las aguas para riego en la mayoría de las zonas que conforman el acuífero, se clasifican como C3S2, C3S1, C3S3 y C3S4, siendo las primeras aptas para la agricultura pero bajo ciertas condiciones, mientras que los dos últimas no aptas para riego.

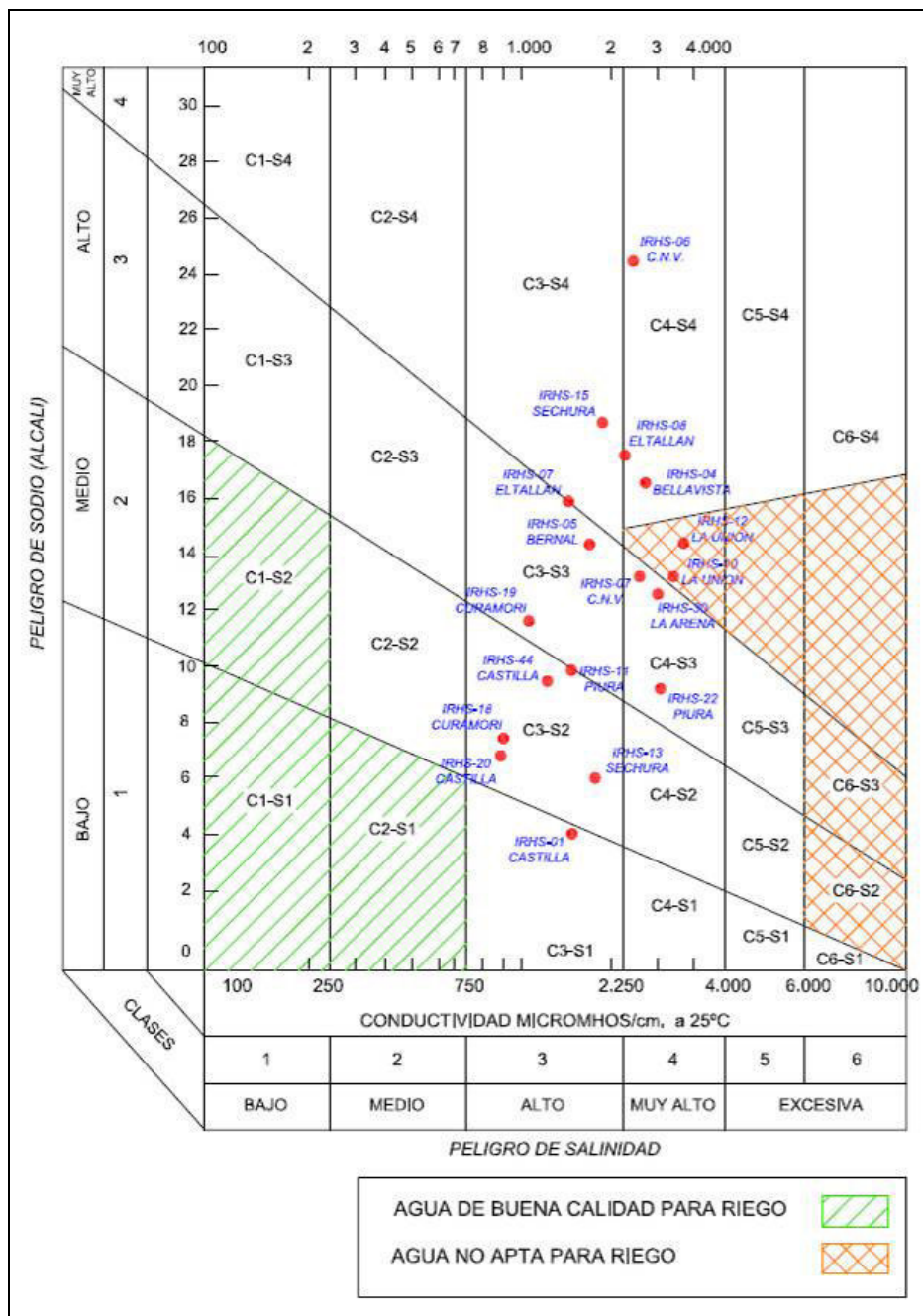


Figura N° 21: Análisis Hidrogeológico en función a su calidad para Riego

Adicionalmente, de acuerdo al análisis químico, se infiere que las aguas subterráneas para riego según el contenido de Boro son de buena a condicionada calidad (0.24 – 2.68 ppm).

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

La conductividad eléctrica en el área de estudio fluctúa entre 0,04 (IRHS-46 – Piura) y 16.83 mmhos/cm (IRHS-68 – Catacaos), valores que representan aguas de baja (dulces) a alta mineralización (salobres) respectivamente, esto se muestra en la siguiente figura.

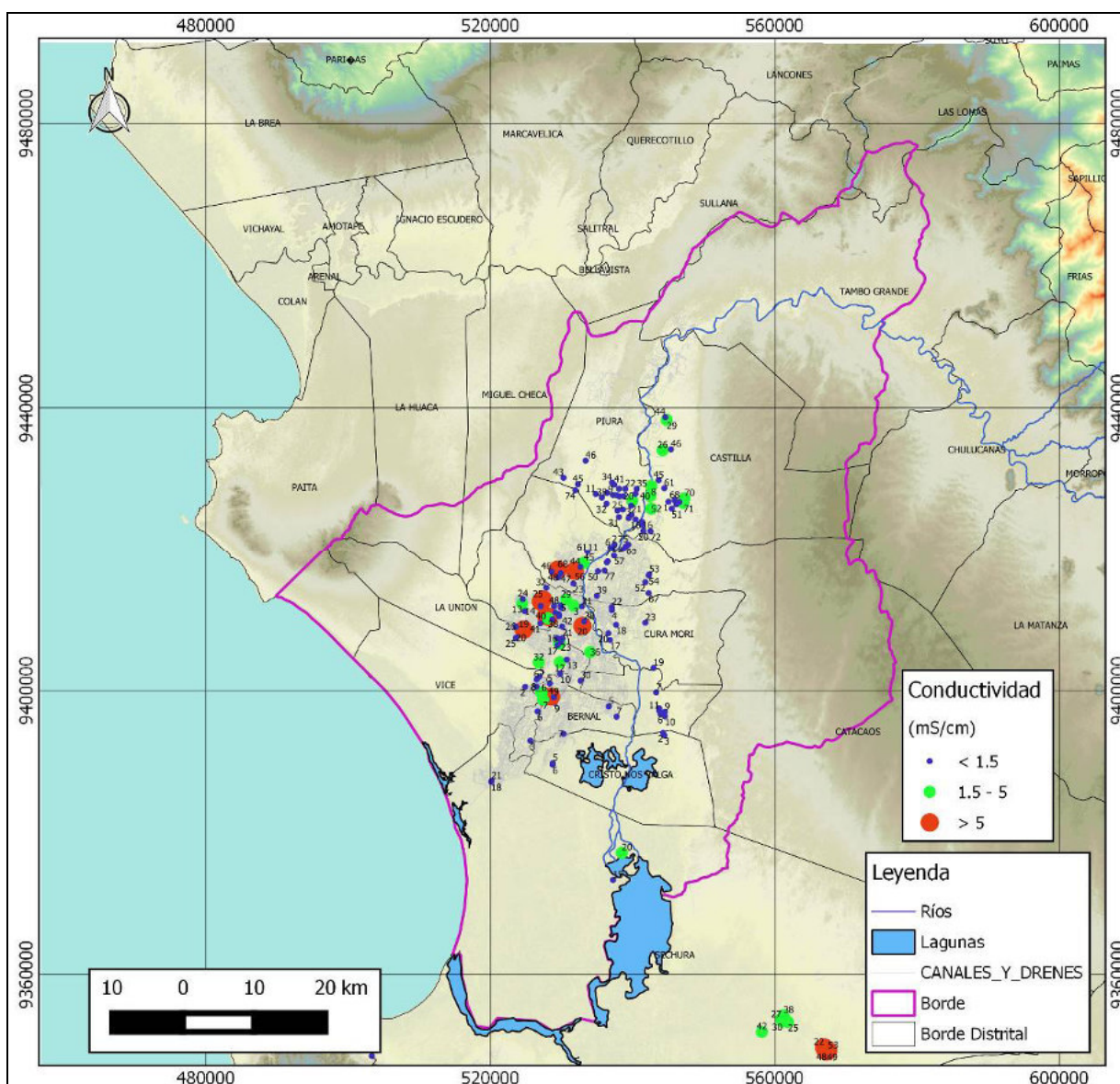


Figura N° 22: Clasificación de sectores por Conductividad Eléctrica

La dureza de las aguas almacenadas en el acuífero mayormente fluctúa entre 0.02 ppm en el IRHS-46 de Piura y 8.65 ppm en el IRHS 68 del Distrito de Catacaos de CaCO_3 , valores que corresponden a aguas blandas a muy duras. Ver Figura.

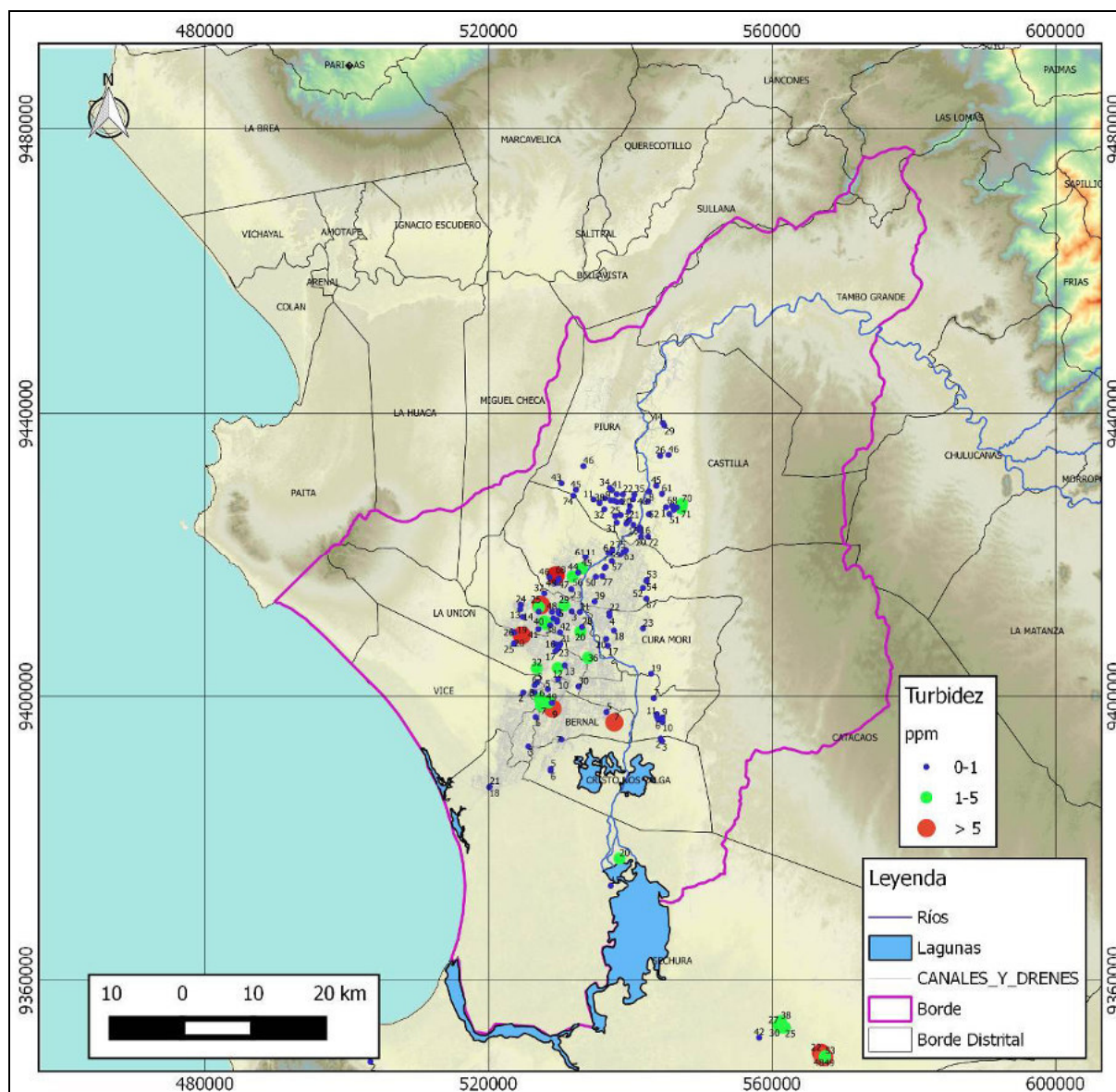


Figura N° 23: Clasificación de sectores según el Grado de Turbidez

La calidad de las aguas con fines de riego según la conductividad eléctrica varía de buena a inadecuada.

Con relación al pH, las aguas subterráneas varían de 3.20 en el IRHS 26-La Arena (ácidas) a 10.42 en el pozo IRHS-52 de Sechura (alcalina). Tal y como se muestra en la siguiente figura.

Se adjunta al presente informe el Anexo de Mapas, que incluye el Mapa de Ubicación de las Muestras de Calidad de Aguas, además también ha sido alcanzada la base de datos geográfica en formato shapefile para conteniendo la información referente a la calidad de aguas de las muestras.

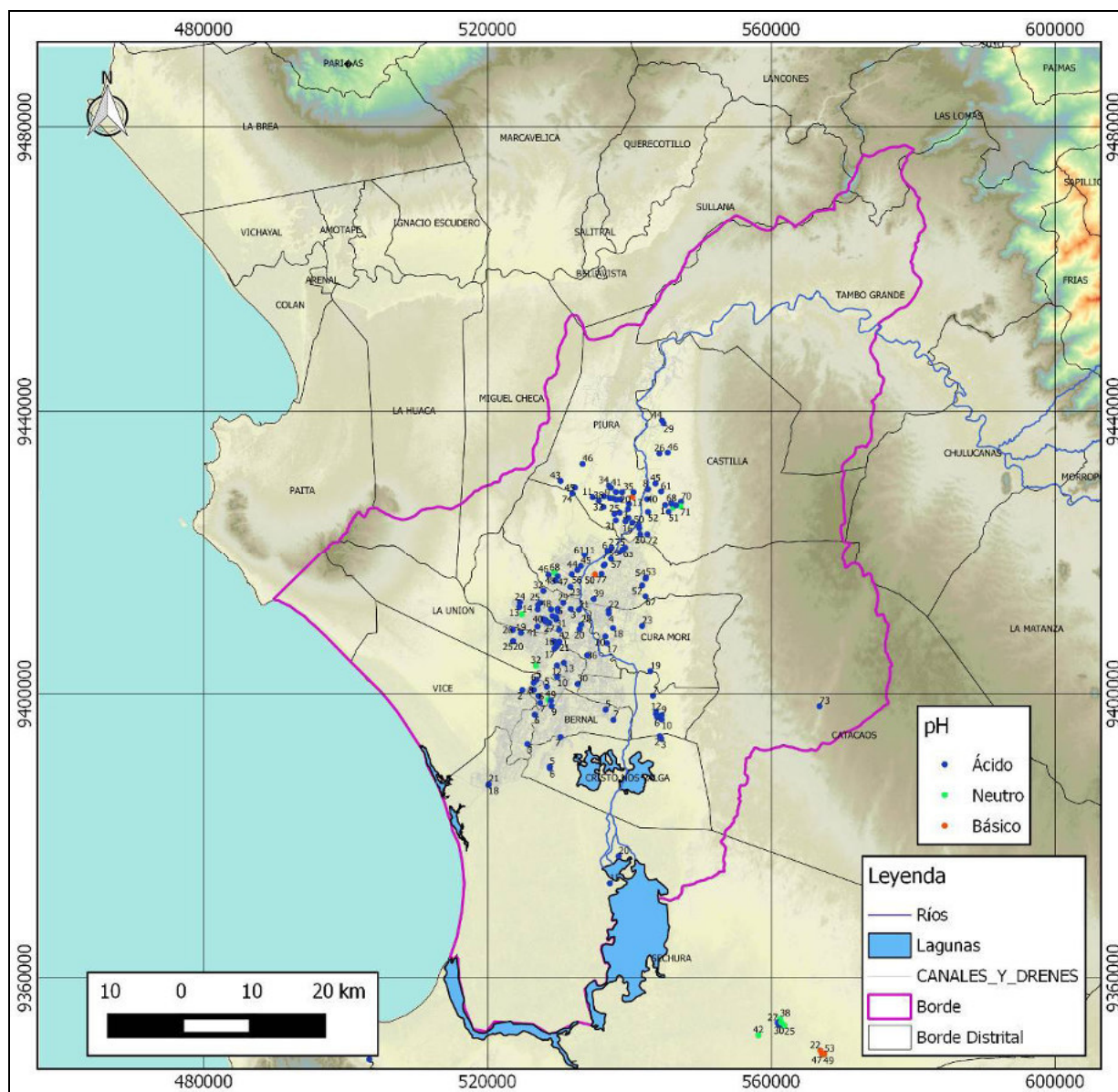
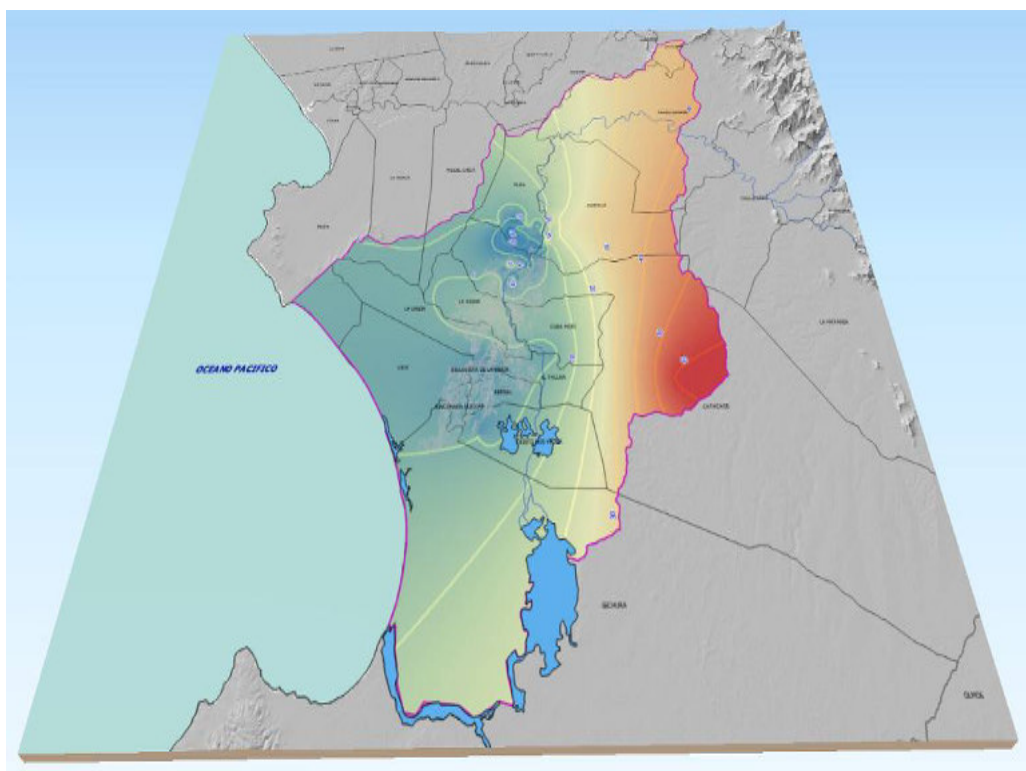


Figura N° 24: Clasificación de sectores según el Grado de Acidez-Alcalinidad

Estudio

Evaluación de Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura)



10. Modelo de Flujo Subterráneo

10.1 Resumen

La zona de estudios ha sido analizada en función a datos de geología, inventarios, calidad de aguas y la prospección geofísica. Se tienen datos estimados de una recarga potencial como parte del ciclo hidrodinámico superficial y subterráneo. Han sido estimados valores de explotación de los sistemas acuíferos. A continuación se presenta una síntesis de los datos analizados en el Estudio de Evaluación de los Recursos Hídricos de la Cuenca Piura (Valle Medio y Bajo Piura). Así, se infiere la presencia de dos tipos de acuíferos, uno superficial, que se entiende a tener mayor contacto con las actividades agrícolas del medio, pero cuya calidad está bastante deteriorada en cuando a salidad y debido a su alta vulnerabilidad frente a actividades humanas, el otro acuífero, se emplaza a mayor profundidad y se entiende a ser de mayor volumen y mejor calidad. Esto se muestra en la siguiente figura.

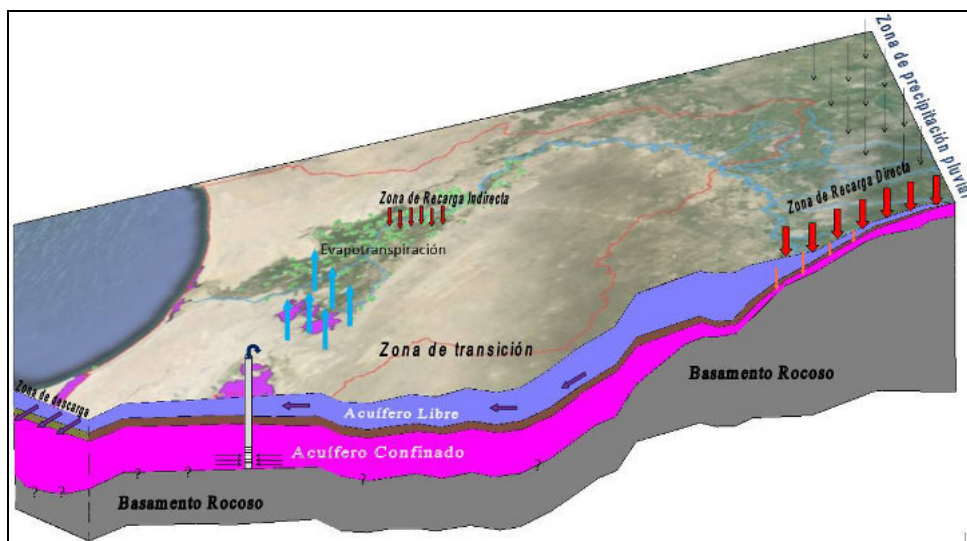


Figura N° 25: Modelo Conceptual de los sistemas acuíferos en el Medio y Bajo Piura

El acuífero confinado Zapallal, es una formación de la edad terciaria, compuesta mayormente de diatomitas duras de espesores variables, comprende dos acuíferos uno superior y otro inferior, el superior difiere del inferior porque contiene una capa de areniscas de poca potencia, el inferior comprende de capas geológicamente diferentes, sus permeabilidades varían en un amplio rango de 10^{-5} a 10^{-9} m/s, disminuyendo en profundidad. La heterogeneidad y variabilidad no parecen mostrar una clara correlación con las diferentes unidades geológicas, sugiriendo que los patrones de flujo y niveles del agua, en zonas localizadas, pueden variar de las direcciones de flujo regionales. Las permeabilidades del acuífero inferior, no parece muy alta, la media geométrica es del orden de 10^{-7} m/s, por lo que no se esperan grandes flujos de agua subterránea.

La zona de recarga es próxima y paralela a los Andes, pero también es la infiltración de los eventos excepcionales como El Niño y/o a través del río Piura.

El acuífero confinado Montero, subyace al acuífero Zapallal, presenta características lenticulares, es una formación de la edad terciaria, compuesta litológicamente de techo a base de: limos, areniscas y arcillas, de arenas y limos arcillosos así como argilitas con diatomitas, se espera que tenga una importancia regional, anteriores estudios regionales sugieren que tiene un espesor de 200 m y una permeabilidad del orden de 10-5 m/s, se infiere que es un acuífero regional confinado por las capas lenticulares de baja permeabilidad que forman la Formación Zapallal. Este acuífero se extiende desde el pie de los Andes al este hasta el macizo de Illescas al oeste. El acuífero Montero en la zona del macizo Illescas aflora y se recarga por agua de lluvia (zona de los pozos de Bayovar), es de tipo libre y está constituido por un tramo de 150 m de arenas y limos, con una permeabilidad media de 2.15×10^{-7} m/s. Este acuífero se profundiza al este, convirtiéndose en un acuífero confinado por la Formación Zapallal Suprayacente. La dirección del flujo regional de las aguas es de este-oeste y en la zona cercana a los pozos de Bayovar la dirección del flujo es de sureste a noroeste, en la base del macizo Illescas.

10.2 Geometría del Reservorio

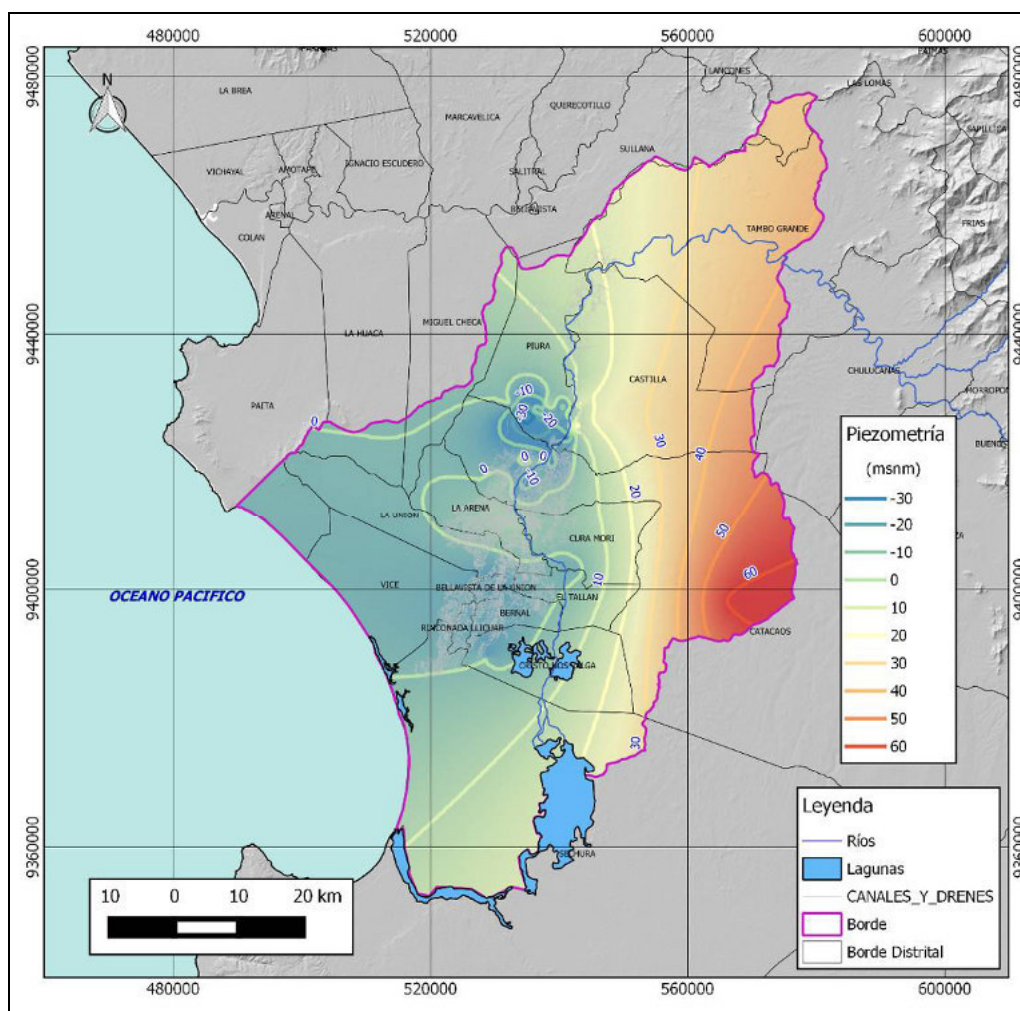


Figura N° 26: Sistema Regional del Acuífero del Valle Medio y Bajo Piura

10.2.1 Forma y Límites

El acuífero libre superficial, tiene la forma de un rectángulo irregular y se encuentra delimitado por afloramientos rocosos representado por los cerros, Illescas, Chalaco, Tablazo, Vice y Chusis. La zona del Medio Piura (Tambo Grande y Piura), se caracteriza por ser una superficie aluvial fluvial variable estrecha entre 200m y 1.7km, mientras que el Bajo Piura es hasta 15km.

De acuerdo a la prospección geofísica y estudios anteriores, las aguas subterráneas comprenden los depósitos recientes aluvial fluviales del río Piura como acuífero superficial además de la existencia de un acuífero profundo de naturaleza cautiva, cuyos espesores son variables y se estiman a ser de 5 metros en promedio para las llanuras costeras hasta los 300 metros aproximadamente en el sector de la Laguna la Niña y de 200 metros aproximadamente en el distrito Bernal.

De acuerdo a la prospección geofísica llevada a cabo en el año 2014 y estimaciones de la Prospección Geofísica Regional realizada por Arce Ingenieros en la década de los años 80, se estima que el acuífero profundo o confinado tiene espesores que superan los 600 metros, entendiéndose que no todo el espesor de las unidades hidroestratigráficas puede estar saturado, además de que no todos los niveles y sectores poseen buena calidad, así se estiman espesores de 800 metros como promedio para el Valle Medio y Bajo Piura alcanzando máximos valores en los Distritos de Castilla, Cura Mori y Catacaos, con 900 metros en promedio, los valores más bajos de los espesores para este acuífero se infieren a ubicarse en los distritos de Sechura hacia el Sur en la Laguna La Niña y en el borde Sur del distrito de Piura.

10.2.2 Dimensión

El acuífero presenta las siguientes dimensiones, así entre los sectores Sechura y Parachique tiene un ancho promedio de 45 Km. el mismo que se va incrementando progresivamente hasta alcanzar una longitud de 75 Km. entre los sectores de Catacaos – Loma Vegón, y finalmente hacia el Océano Pacífico se ensancha hasta 120 Km.

A fin de conocer la naturaleza física de los acuíferos Zapallal y Montero se deberán realizar prospecciones directas e indirectas con mayores alcances y se aplicarán las metodologías más adecuadas al respecto, dadas las profundidades y espesores a las cuales se ubican dichos acuíferos.

10.3 Características de los Medios

10.3.1 Litología

Basándose en el levantamiento geológico del área de estudio, así como de los análisis de los perfiles litológicos de algunos pozos ubicados dentro del valle, se ha podido inferir la litología del acuífero y sus características.

El acuífero superficial del valle de Piura, está constituido principalmente por materiales aluviales del cuaternario reciente y por rocas sedimentarias de edad terciaria, litológicamente los depósitos cuaternarios están conformados por bloques de cantos, guijarros, gravas, arenas, arcillas y limos entremezclados en diferentes proporciones formando horizontes de espesores variables, los mismos que se presentan en forma alternada en sentido vertical.

El acuífero profundo, tiene muchos horizontes intercalados con heterometría y heteromorfología en los clastos que lo componen, así se infiere la presencia de horizontes limoarenosos que se intercalan con depósitos de origen fluvioaluvional con granulometrías mayores, los cuales contienen el agua o están saturados en sectores. La presencia de depósitos orgánicos como algas, diatomeas y conchas sugiere el origen marino transgresivo de muchos horizontes de las formaciones Zapallal y Montero.

10.3.2 La Napa Freática

Sobre la base a la información obtenida durante el inventario de fuentes de agua subterránea y la piezometría histórica de la red piezométrica del 2004 al 2014, de la ANA (Ex-INRENA), que está integrada por 80 piezómetros de control, se ha elaborado las hidroisohipsas, con el propósito de conocer el funcionamiento hidráulico del acuífero, éstas se presentan en el Anexo: Mapas.

En el acuífero superficial del Medio y Bajo Piura, es libre y el profundo en parte confinado. La principal fuente de recarga del acuífero son las aguas que se infiltran en la zona húmeda de la cuenca a través del lecho del río Piura y sus quebradas afluentes del este, así como los canales de regadío sin revestir y las áreas bajo riego. Excepcionalmente en épocas de grandes avenidas como El Niño se produce una recarga significativa al acuífero. Existe en la bibliografía estudios realizados por Arce Geofísicos en los que se muestran resultados de prospección geofísica realizada en lo que es el acuífero confinado del Zapayal.

10.3.3 Morfología del techo de la napa

La morfología de las curvas hidroisohipsas, dan una idea espacial del funcionamiento hidráulico del acuífero superficial, dando las direcciones preferenciales del flujo del agua subterránea en el acuífero, la formación de isocurvas en torno a unos pozos, indican la formación de los conos de descenso de las aguas, debido a una extracción sostenida de las mismas en esas zonas. En general se puede afirmar que el sentido del flujo de las aguas es hacia el mar, es decir de noreste al sur hacia las Lagunas Ñapique Chico y el desierto de Sechura en dirección al mar. El gradiente hidráulico promedio, en la zona de los distritos de Castilla y Piura es del orden de 0.67 %, en la ciudad de Piura es de 0.20%, luego en la zona de Catacaos hay una inversión de la dirección de flujo, esta se dirige hacia el noreste con un gradiente hidráulico de 0.40% en la parte central, por el poblado de La Arena el flujo es hacia el sureste con un gradiente hidráulico de 0.15%, por el poblado de La Unión la dirección del flujo es hacia el suroeste con un gradiente hidráulico de 0.13%.

10.3.4 Profundidad del techo de la napa

En el caso del acuífero somero, las isoprofundidades de las aguas subterráneas, coinciden con los espesores no saturados del acuífero superficial o isopacas de la zona no saturada del acuífero, por tratarse de un acuífero libre, dichas curvas indican cuan cercana están las aguas respecto a la superficie topográfica. Tal y como se muestra en la siguiente figura. Así, se tienen profundidades muy variables dentro del ámbito de trabajos. De modo general, se tiene valores de profundidad mayores a los 30 metros en pozos de los Distritos de Piura, Castilla y Catacaos. Para el resto de zonas investigadas, los valores de profundidad del nivel estático están entre los 15 hasta los 30 metros.

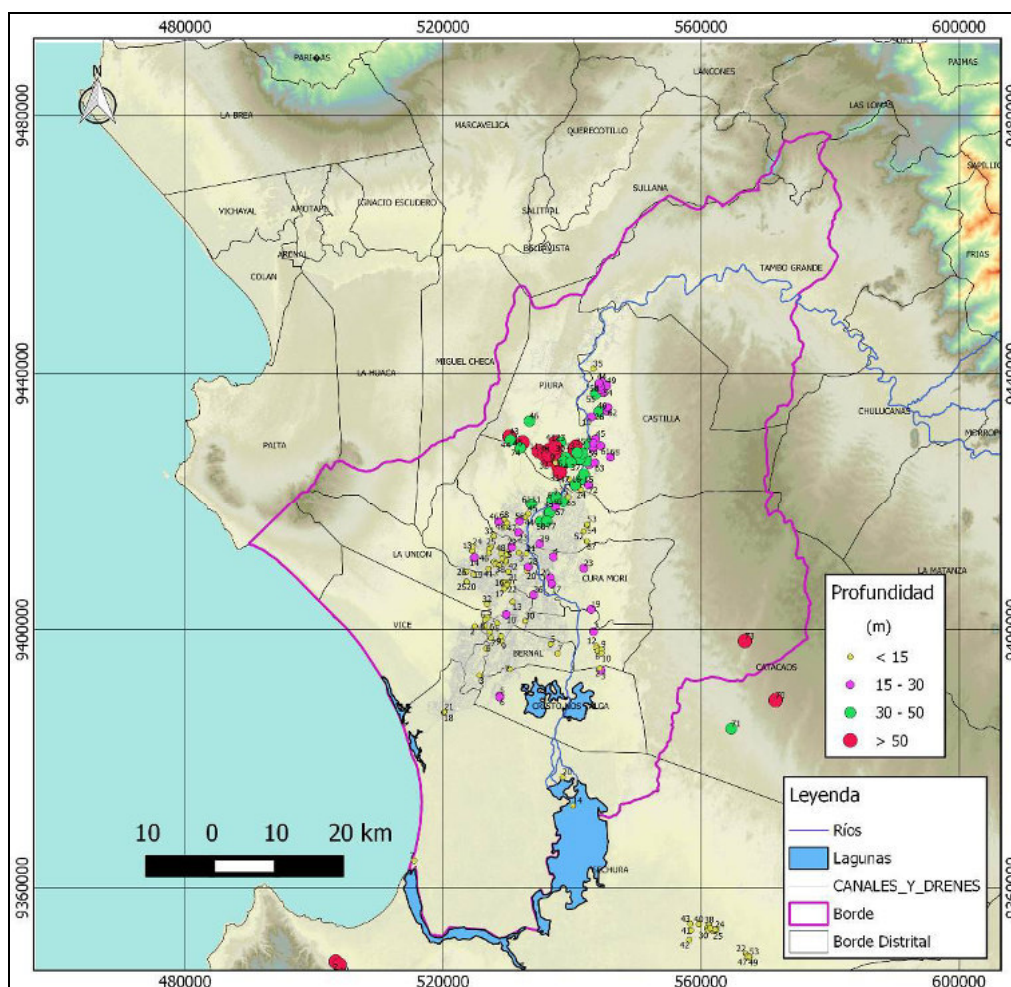


Figura N° 27: Zonificación del Nivel Estático del Valle Medio y Bajo Piura

En una publicación de Arce Geofísicos (2006) se menciona que el desierto de Sechura, en el norte del Perú, se extiende entre 5°S y 6.5°S y entre 80°W y 81°W, casi totalmente cubierto por la formación marina Zapallal, del Terciario, con una sobrecarga delgada de arenas. Aunque la litología es mayormente arcillosa con capas ricas en fosfatos, existe un horizonte de arena limpia que contiene agua dulce recargada en los bordes orientales de la cuenca terciaria. Se menciona que agua salina satura toda la formación pero el estrato de arena ha sido lavado y el agua dulce fluye hacia el oeste, hasta alcanzar un límite N-S

donde un cambio de facies ha causado la desaparición del estrato de arena. A partir de allí es total la saturación con agua salada y con salmuera. La aplicación de 281 sondeos eléctricos en ocho estudios (1963 al 2006) con la configuración Wenner, escogida para operar en condiciones de baja resistividad, da información adecuada para trazar los límites de agua dulce-salada-salmuera, así como para determinar profundidades de perforación.

10.3.5 Hidroisohipsas

Del presente estudio Hidrogeológico se han podido construir líneas de isocotas respecto al nivel del mar para dos acuíferos.

En función al inventario desarrollado en el año 2014, se infiere la presencia del acuífero superficial con variaciones de cotas desde 0 hasta los 50 msnm siendo la orientación del flujo regional de Noreste hacia el Suroeste. Observándose conos de abatimiento en los distritos de Cura Mori y el Oeste de Piura, siendo que las cotas alcanzan los 0 msnm. Las cotas mayores se observan en las partes altas del Valle, en los distritos de Tambo Grande, Castilla y Piura. A continuación se muestra lo expuesto en la siguiente figura.

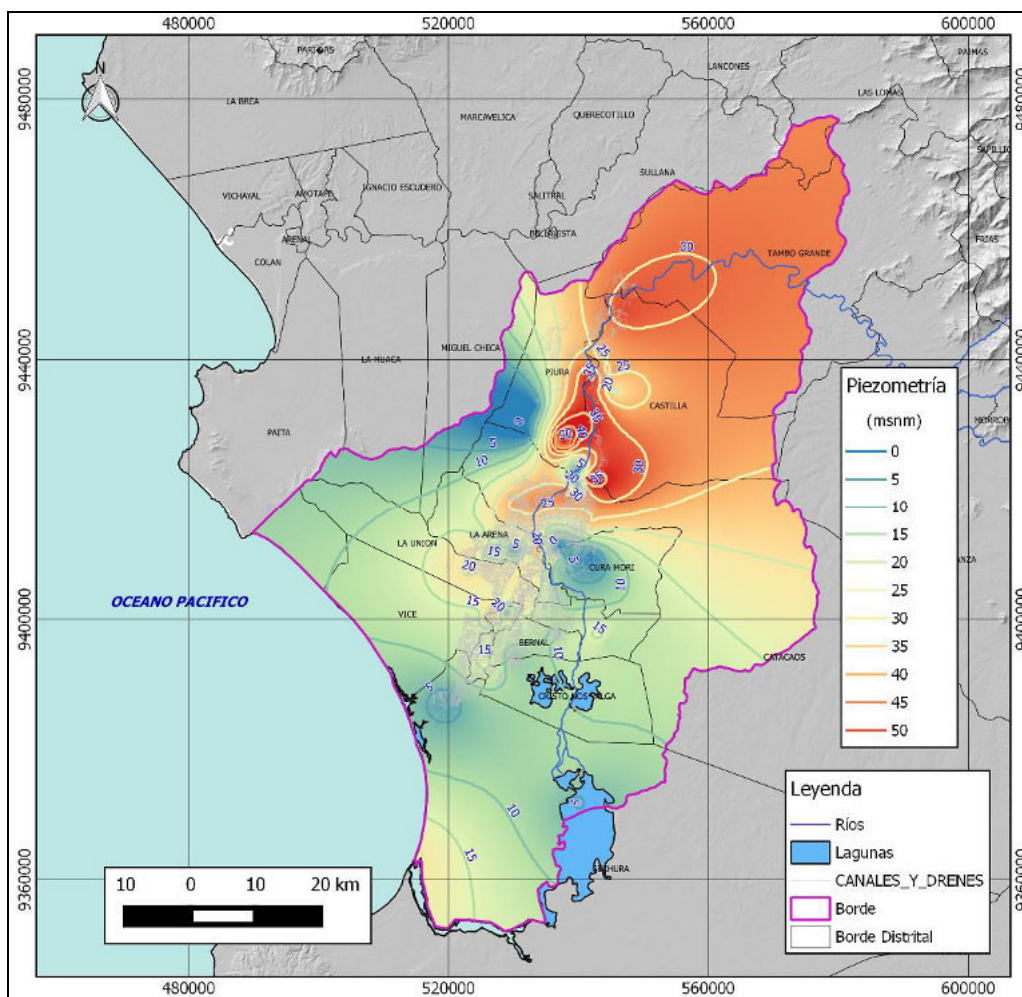


Figura N° 28: Isopiezometría del Acuífero Superficial

Del acuífero profundo, se aprecian niveles que varían desde los 30 metros debajo del nivel del mar en el Distrito de Piura y al oeste de Catacaos, además de La Unión, Bernal y Rinconada Llicuar, hasta los 60 metros sobre el nivel del mar en el Este de Catacaos. La orientación del flujo regional de aguas subterráneas para este acuífero confinado aparentemente son de Este hacia el Noroeste y Sureste. Esto se grafica en la siguiente figura.

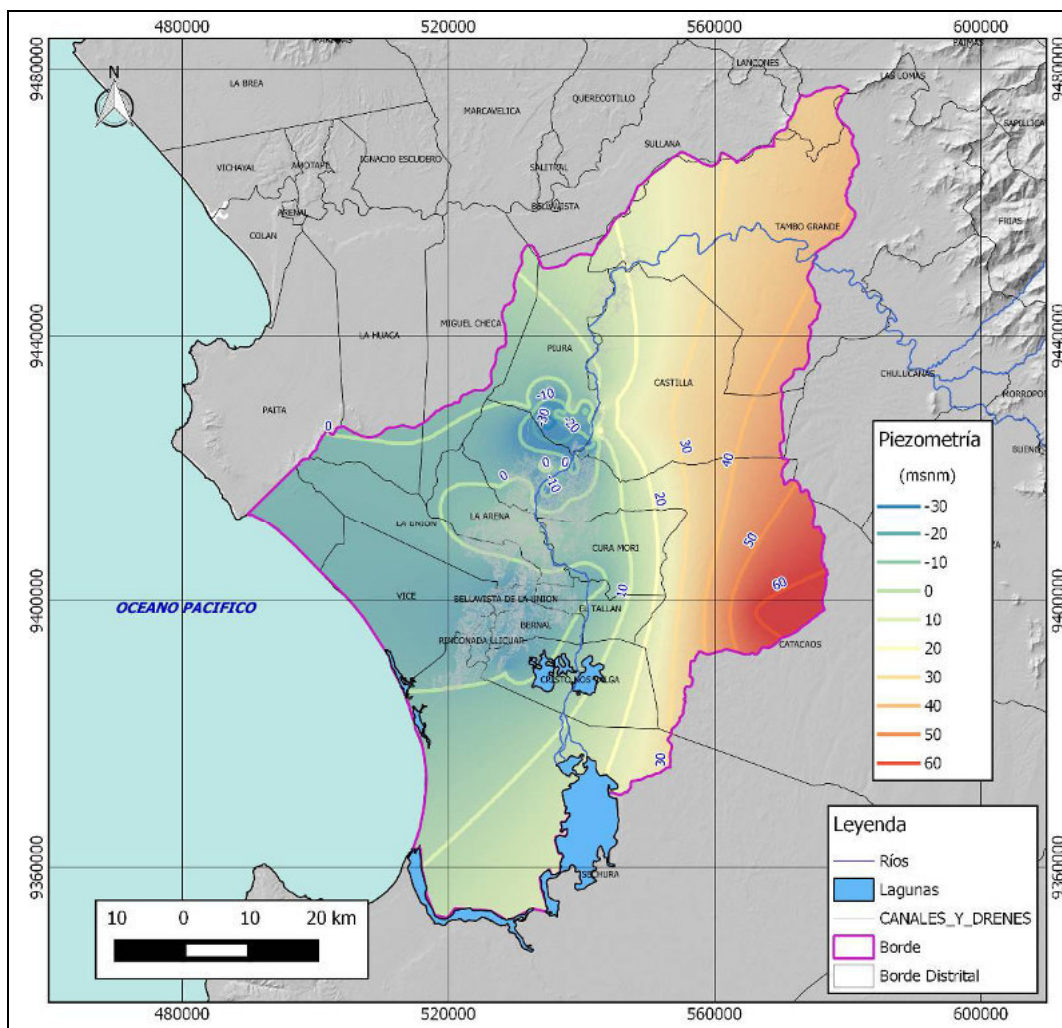


Figura N° 29: Isopiezometría del Acuífero Profundo

10.4 Modelo Numérico de Flujo Subterráneo

El área de estudio, está ubicado en la cuenca Media y Baja del Río Piura y comprende los sectores de Castilla, Catacaos, Cura Mori, El Tallán, La Arena, La Unión, en la provincia de Piura; así como los sectores de Bellavista, Bernal, Rinconada de Llicuar, Vice, en la provincia de Sechura y el sector de Paita.

El área de estudio limita por el norte con la cuenca del río Chira y San Lorenzo, iniciándose en el puerto de Paita, continuando hasta el cauce del río Piura hasta encontrar la confluencia de la quebrada San Francisco; por el sur con la cuenca del río Cascajal, iniciándose en la cumbre del cerro Morante Chico hasta el lugar denominado Santa Elisa.; por el este con la cuenca Alta del Distrito de Riego Alto

Piura-Huancabamba, hasta el lugar denominado cerro Morante Chico; y por el oeste, con el Océano Pacífico.

Su área receptora es de aproximadamente 9,165.00 Km², tiene la forma de un rectángulo irregular, con un ancho máximo de este a oeste de 75 Km. Y una longitud de norte a sur de 120 Km.

10.4.1 Conformación del Modelo Numérico

Habiendo desarrollado el modelo conceptual del sistema acuífero del valle del Medio-Bajo Piura, siguiendo con el proceso de aplicación del modelamiento, el cual ha empezado por la conceptualización inicial del sistema, continuando con la recolección de datos de campo, corresponde la selección del código, lo cual significa el método numérico a utilizar para resolver la ecuación general de flujo (Ver Ecuación).

10.4.1.1 Selección del Código

El código seleccionado para dar solución a la ecuación general de flujo de aguas subterráneas es el de las Diferencias Finitas.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) - N = S \frac{\partial h}{\partial t}$$

El Método de Diferencias Finitas es un método de carácter general que permite la resolución aproximada de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales definidas en recintos finitos (dominio del modelo). Es de una gran sencillez conceptual y constituye un procedimiento muy adecuado para la resolución de una ecuación bidimensional como la que se muestra en la ecuación anterior.

MODFLOW es un modelo en 3D de aguas subterráneas en base al método de las diferencias finitas desarrollado por la USGS (United States geological Survey). MODFLOW es considerado como un estándar internacional para simular y predecir las condiciones de aguas subterráneas y las interacciones entre el agua subterránea y el agua superficial. Visual MODFLOW, desarrollado inicialmente en el año 1994 (Waterloo Hydrogeologic Inc.) es el programa de cómputo más completo y fácil de utilizar para aplicaciones prácticas en tres dimensiones de flujo de agua subterránea. Este programa de cómputo utiliza paquetes como el MODFLOW, MODPATH, y MT3D.

10.4.1.2 Datos Iniciales para conformar el Modelo - Plataformas

Las plataformas elaboradas, según el tipo de dato temático han sido trabajadas en formato digital, que en general en la actualidad se realiza en formato del Sistema de Información Geográfico (SIG), el cual está asociado a una base de datos u hojas de cálculo. De manera general, los componentes del modelo están compuestos por cinco (5) grandes grupos:

La parte física del modelo, la cual busca representar un símil del medio a ser modelado, el cual está compuesto de capas que representan la topografía

superficial y la topografía de las distintas capas subsuperficiales, así como el límite inferior del modelo o basamento (límite impermeable).

El flujo de ingreso al modelo, conformado por las condiciones de borde, las cuales interpretan el funcionamiento hidráulico del acuífero real, mediante la asignación de valores numéricos, en zonas puntuales o espaciales, al modelo de flujo. Los aspectos hidrogeológicos del medio real. Entendiendo que el agua se mueve a través de la posibilidad que le permite el medio físico, es decir a través de poros, fallas o fracturas, se requiere de poder asignar esos valores al modelo mediante la conductividad hidráulica, la porosidad eficaz, y el coeficiente de almacenamiento.

Acciones ejercidas sobre el medio real o estresores. Estas son básicamente el ingreso o la salida de agua del sistema mediante pozos de bombeo o inyección.

Puntos de observación. Este conjunto de datos se refiere a los pozos de observación. Estos pozos de observación y sus datos asociados nos permiten el ingreso del nivel inicial de agua, el cual es un parámetro requerido para inicial la simulación numérica, así como para la calibración del modelo, a régimen estacionario y transitorio.

10.4.1.3 Dominio del modelo

En cuanto al dominio del modelo el presente trabajo, éste ha sido definido tomando en base a la delimitación de la cuenca hidrológica del río Piura para la sección correspondiente al valle del Medio y Bajo Piura.

10.4.1.4 Dimensiones del modelo

El tamaño, discretización y la dimensionalidad del dominio del modelo son escogidos para que reflejen el objetivo de la modelación, modelo conceptual y grado de clasificación del nivel de confianza. Una de las primeras consideraciones en el diseño del modelo de aguas subterráneas es el seleccionar la dimensionalidad espacial que pueda representar de mejor manera los componentes y el medio que está siendo modelado. La dimensión del modelo del sistema acuífero del valle del Medio-Bajo Piura se ha establecido en 548,013.72.14 ha.

10.4.1.5 Extensión del modelo

La extensión del modelo numérico del sistema del valle del Medio-Bajo Piura abarca por el Norte hasta el límite de cuenca con el río Chira; por el Sur con el límite natural de la cuenca del río Piura y las lagunas Ñapique y Ramón; por el Oeste con el Océano Pacífico y por el Este con el límite entre el valle Alto y Medio-Bajo Piura.

10.4.1.6 Discretización Espacial

La discretización espacial del dominio del modelo es escogida de tal manera que no sobrecargue el sistema con tiempo de corrida innecesario y que represente de la mejor manera los componentes del sistema a modelar y los estresores.

La grilla del modelo se ha establecido de 400 x 400 celdas, con lo cual se provee del refinamiento suficiente y permite representar de manera adecuada la geometría del área de estudio. El área de cada es de 317 x 233 m (73,782 m²).



Figura N° 30: Dominio del MNF del Valle del Medio - Bajo Piura

10.4.1.7 Discretización Temporal

La discretización temporal del modelo numérico de flujo es escogida de tal manera que permita representar los cambios en las mediciones del nivel estático asociados al tiempo de cada una de las variables incorporadas en el modelo y que varían en el tiempo. De todos los componentes del modelo las que no varían en función del tiempo es la permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento. Siendo la escala de variación temporal el “día”, es necesario asignar el punto de partida del modelo numérico de flujo, es decir el día 1, el cual para el caso del presente modelo de flujo es el 1º de setiembre del 2004.

Debido a que es necesario controlar al modelo en el tiempo, se busca comparar las variaciones de los niveles estáticos que ocurren en el acuífero real versus el ficticio (modelo numérico de flujo), ello se realiza a través de la red piezométrica

de la cual se obtienen mediciones en ciertos días de cada mes del año. Estos pasos de tiempo de la variación temporal acumulada se conoce como pasos de tiempo (time steps) y en ellos se evalúa el estrés sufrido por el acuífero (modelo numérico), esto se muestra en el siguiente cuadro.

Quadro N° 10.1:
Discretización temporal

AÑO	MES	Nº DE DÍAS/MES	Nº DE DÍAS ACUMULADO	AÑO	MES	Nº DE DÍAS/MES	Nº DE DÍAS ACUMULADO	AÑO	MES	Nº DE DÍAS/MES	Nº DE DÍAS ACUMULADO
2004	Sep	30	30	2008	Ene	31	1248	2012	Ene	31	2.708
	Oct	31	61		Feb	28	1276		Feb	28	2.736
	Nov	30	91		Mar	31	1307		Mar	31	2.767
	Dic	31	122		Abr	30	1337		Abr	30	2.797
2005	Ene	31	153		May	31	1368		May	31	2.828
	Feb	28	181		Jun	30	1398		Jun	30	2.858
	Mar	31	212		Jul	31	1429		Jul	31	2.889
	Abr	30	242		Ago	31	1460		Ago	31	2.920
	May	31	273		Sep	30	1490		Sep	30	2.950
	Jun	30	303		Oct	31	1521		Oct	31	2.981
	Jul	31	334		Nov	30	1551		Nov	30	3.011
	Ago	31	365		Dic	31	1582		Dic	31	3.042
	Sep	30	395	2009	Ene	31	1613	2013	Ene	31	3.073
	Oct	31	426		Feb	28	1641		Feb	28	3.101
	Nov	30	456		Mar	31	1672		Mar	31	3.132
	Dic	31	487		Abr	30	1702		Abr	30	3.162
2006	Ene	31	518		May	31	1733		May	31	3.193
	Feb	28	546		Jun	30	1763		Jun	30	3.223
	Mar	31	577		Jul	31	1794		Jul	31	3.254
	Abr	30	607		Ago	31	1825		Ago	31	3.285
	May	31	638		Sep	30	1855		Sep	30	3.315
	Jun	30	668		Oct	31	1886		Oct	31	3.346
	Jul	31	699		Nov	30	1916		Nov	30	3.376
	Ago	31	730		Dic	31	1947		Dic	31	3.407
	Sep	30	760	2010	Ene	31	1978	2014	Ene	31	3.438
	Oct	31	791		Feb	28	2006		Feb	28	3.466
	Nov	30	821		Mar	31	2037		Mar	31	3.497
	Dic	31	852		Abr	30	2067		Abr	30	3.527
2007	Ene	31	883		May	31	2098		May	31	3.558
	Feb	28	911		Jun	30	2128		Jun	30	3.588
	Mar	31	942		Jul	31	2159		Jul	31	3.619
	Abr	30	972		Ago	31	2190		Ago	31	3.650
	May	31	1003		Sep	30	2220		Sep	30	3.680
	Jun	30	1033		Oct	31	2251		Oct	31	3.711
	Jul	31	1064		Nov	30	2281		Nov	30	3.741
	Ago	31	1095		Dic	31	2312		Dic	31	3.772
	Sep	30	1125	2011	Ene	31	2343				
	Oct	31	1156		Feb	28	2371				
	Nov	30	1186		Mar	31	2402				
	Dic	31	1217		Abr	30	2432				
					May	31	2463				
					Jun	30	2493				
					Jul	31	2524				
					Ago	31	2555				
					Sep	30	2585				
					Oct	31	2616				
					Nov	30	2646				
					Dic	31	2677				

10.4.1.8 Estructura de las capas del modelo

El dominio del modelo ha sido discretizado verticalmente conteniendo tres (03) capas, entendiendo que existen dos unidades hidroestratigráficas diferenciadas, separadas por una capa confinante.

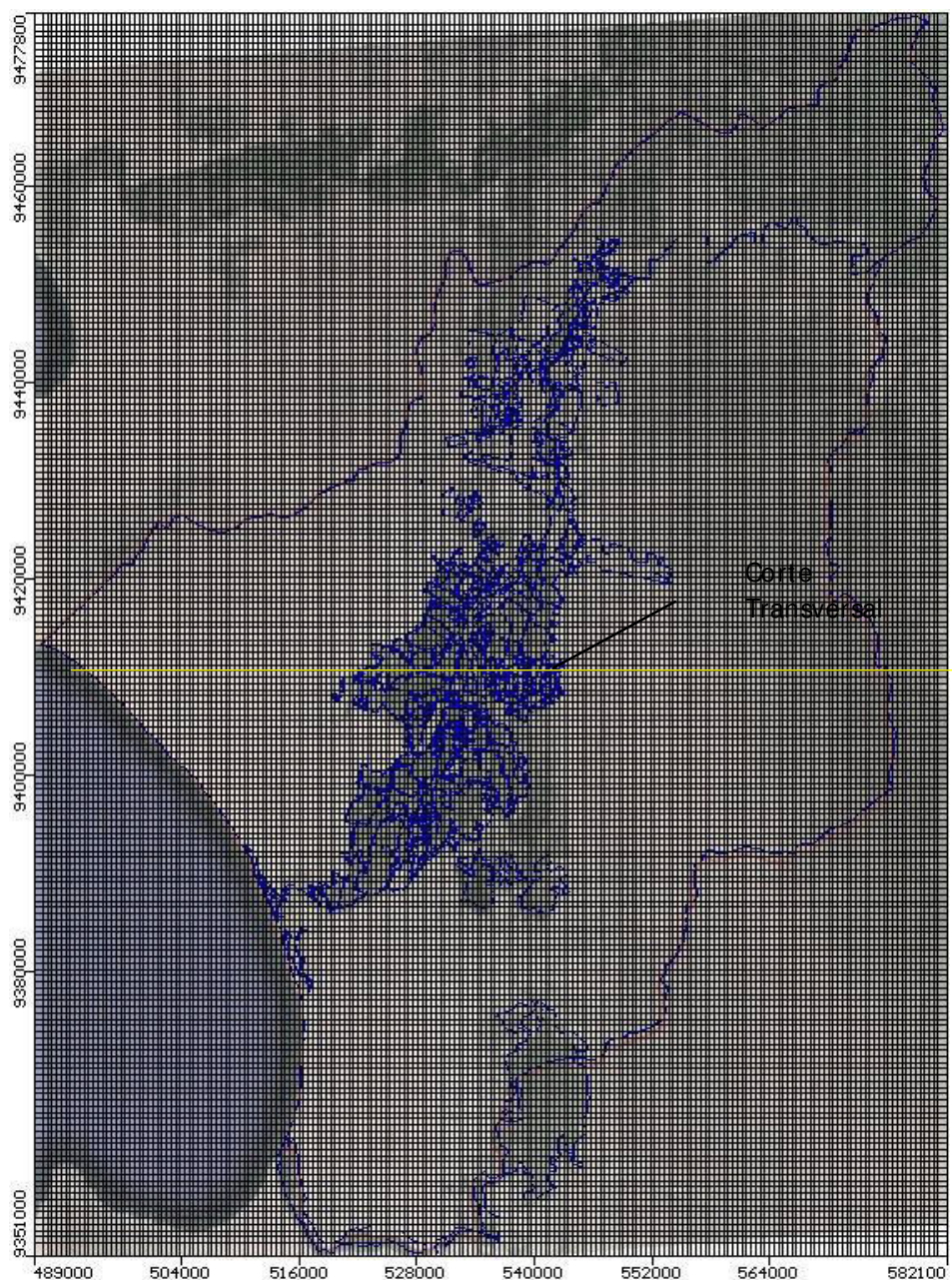


Figura N° 31: Discretización espacial del MNF del Valle del Medio Bajo Piura

10.4.2 Elementos del Modelo

10.4.2.1 Condiciones de Borde

Los modelos de flujo de agua subterránea requieren de información acerca de la carga hidráulica o del gradiente hidráulico al borde del dominio del modelo. Existen tres tipos de condiciones de borde:

- Tipo 1, Dirichlet o condición de borde de carga hidráulica especificada: La carga hidráulica de la celda de borde o nodo es especificada. Cuando la carga hidráulica es especificada a lo largo de la sección del borde del modelo, el flujo a través de la sección del modelo es calculado.

- Tipo 2, Neumann o condición de borde de gradiente hidráulico especificado: El gradiente de la carga hidráulica es especificado en el borde, lo cual implica que el caudal flujo a través del borde es especificado.
- Tipo 3, Cauchy o condición de borde de carga y gradiente hidráulico especificados: Tanto la carga como el gradiente hidráulico son especificados.

En la siguiente figura se muestran las condiciones de borde incluidas en el Modelo.

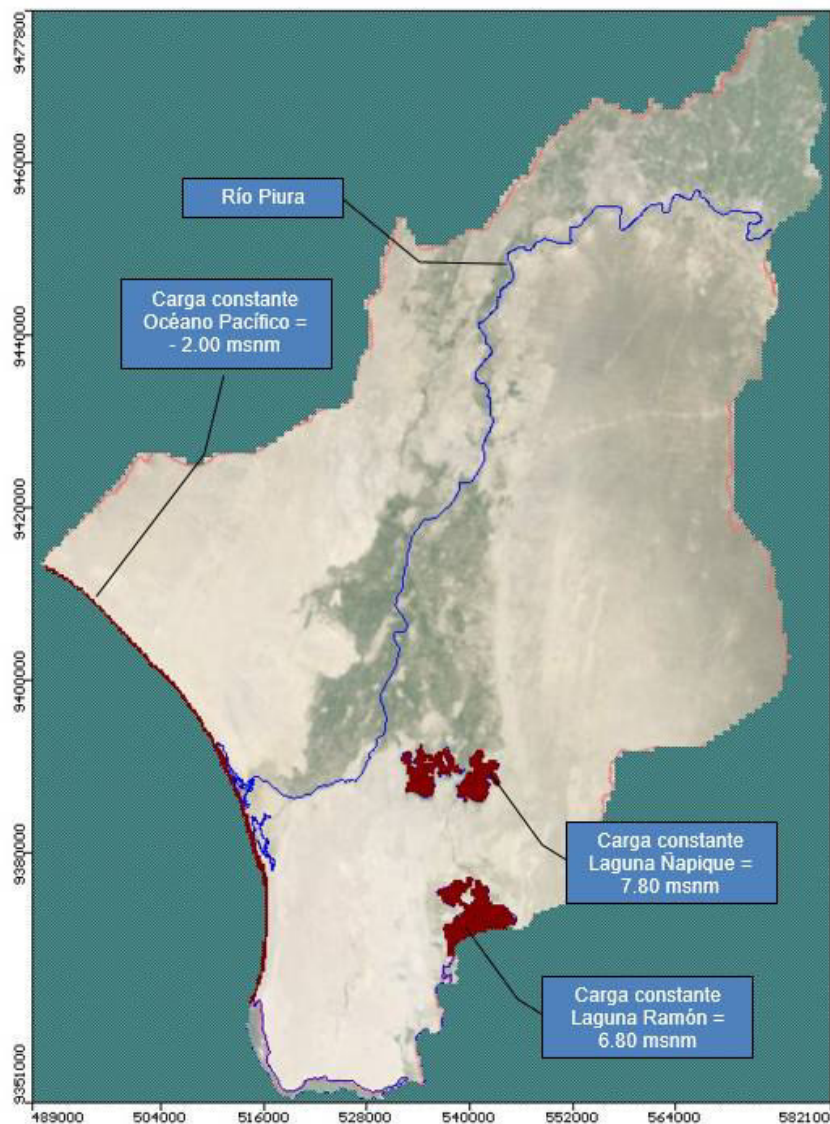


Figura N° 32: Condiciones de Borde asignadas al Modelo Numérico

10.4.2.2 Permeabilidad

Sobre el dominio del modelo numérico de flujo del Valle del Medio y Bajo Piura se ha distribuido la permeabilidad con valores desde 1 a 72 m/d. Ver figura.

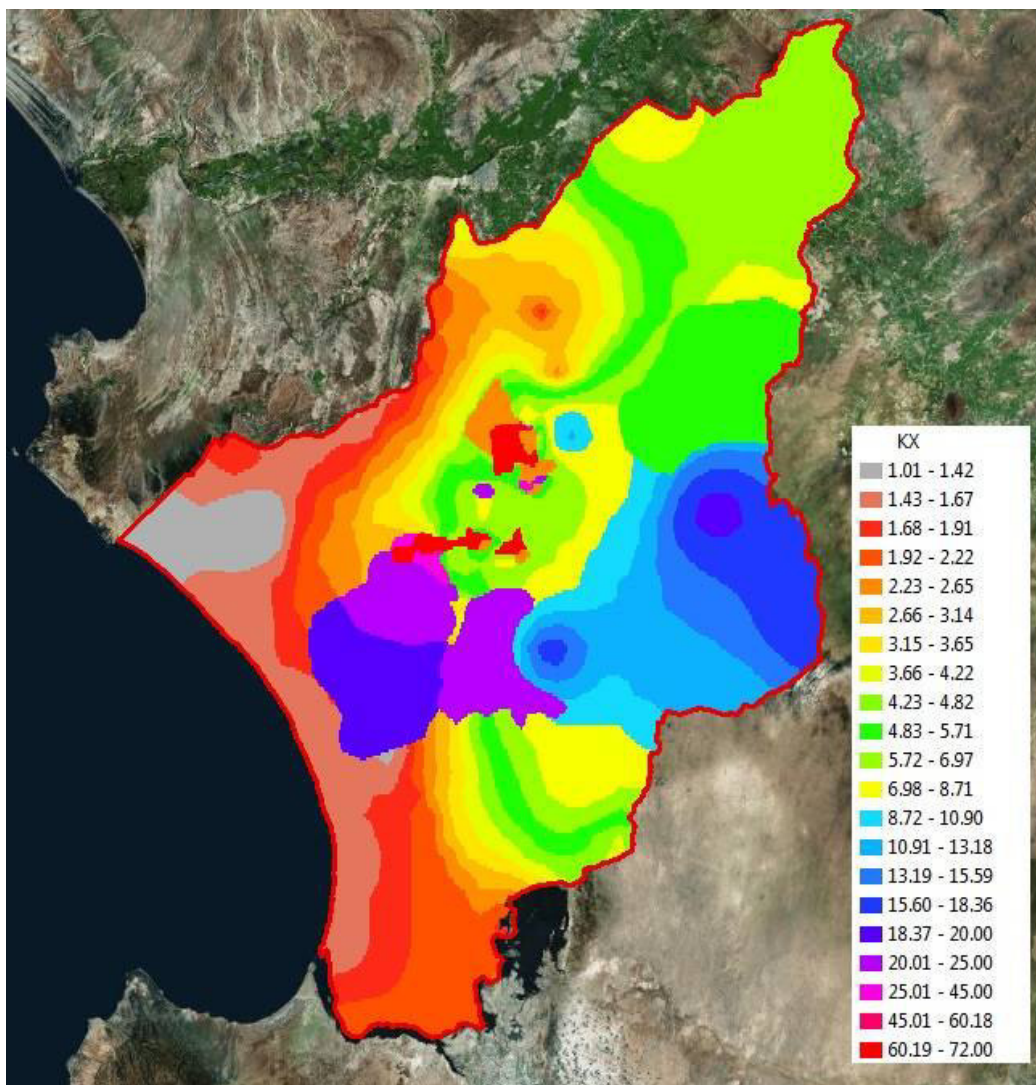


Figura N° 33: Distribución de permeabilidades asignadas al Modelo Numérico (m/día)

10.4.2.3 Recarga

La condición de borde recarga es usado para simular la recarga superficialmente distribuida en el sistema de agua subterránea. La condición de borde recarga simula el ingreso del agua de fuentes como la precipitación, exceso de riego, etc.

La tasa de recarga es un parámetro que no siempre se mide in situ, por el contrario, es asumido como un porcentaje de la precipitación o del exceso de riego. El porcentaje asumido es el de 60% de la demanda bruta de agua de riego (eficiencia del 40%). Para el caso del área bajo riego del valle del Medio y Bajo Piura incluido la Comisión de Regantes de Sechura se considera una recarga efectiva (20% de la pérdida) de 69 MMC, tomado del Plan de Cultivo y Riego del año 2004.

10.4.2.4 Condiciones Iniciales

Las condiciones iniciales definen la condición del agua subterránea presente al momento de iniciar la corrida del modelo.

Autoridad Nacional del Agua

Las condiciones iniciales asignadas al modelo del sistema acuífero del valle del Medio y Bajo Piura son las encontradas en setiembre del 2004, siendo este registro el primero de la serie de tiempo histórico en la medición del nivel estático del agua subterránea. La figura siguiente muestra la ubicación de los puntos de monitoreo (red piezométrica) a partir de los cuales se han obtenidos los valores de la niveles estáticos del agua subterránea en el dominio de modelamiento. La interpolación de los valores del nivel estático obtenidos de la red piezométrica en setiembre del 2004 mostrados en la siguiente figura es realizada utilizando el programa de cómputo Visual Modflow y sirven como dato de entrada denominado Nivel Inicial.

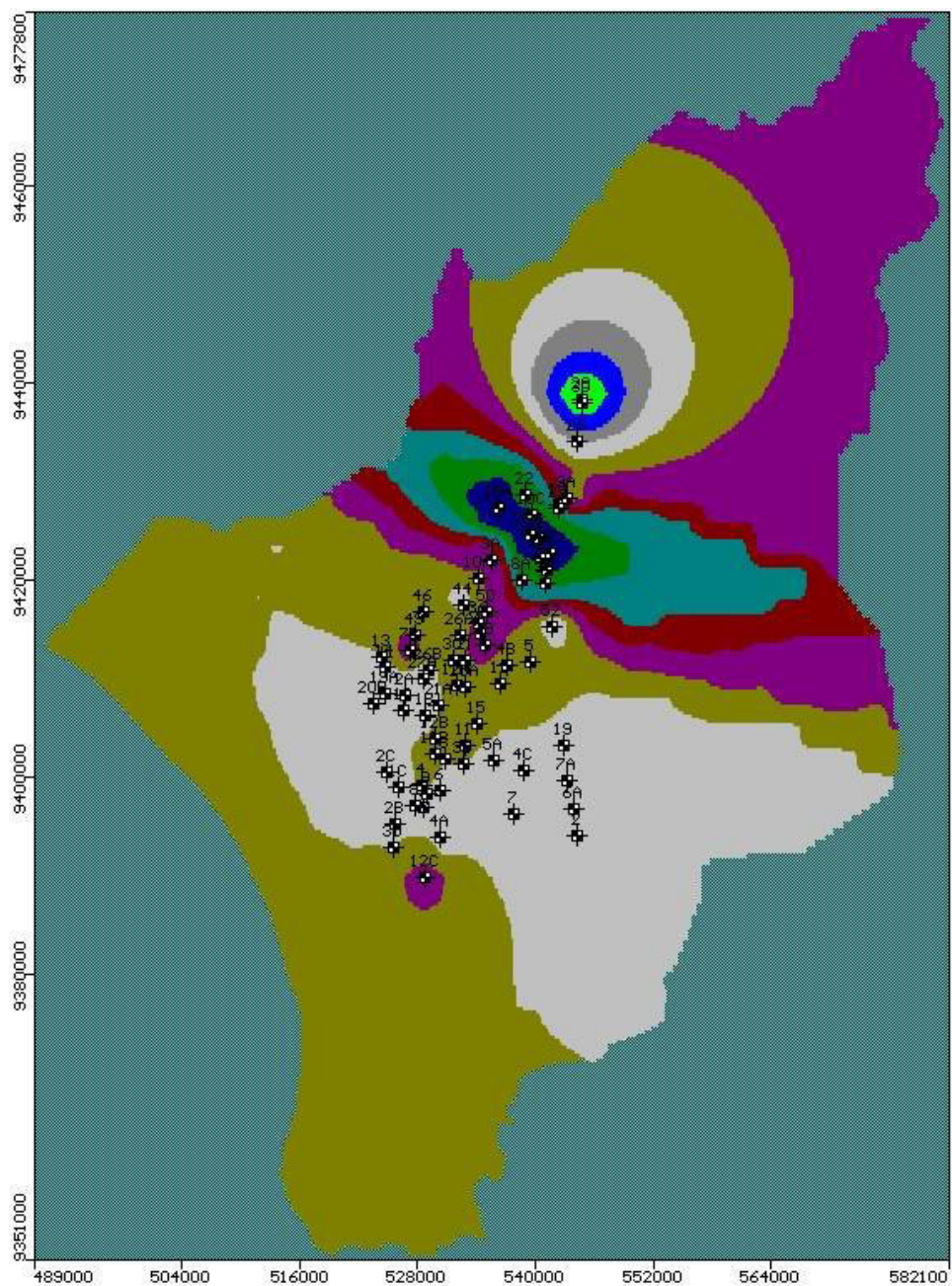


Figura N° 34: Curvas de niveles iniciales asignadas al Modelo Numérico

10.4.2.5 Estrés

Uno de los estresores más obvios es la extracción de agua subterránea causada por el hombre a través del bombeo. El estrés también puede ser impuesto por la naturaleza a través del cambio climático mediante la variación de procesos como la evapotranspiración y la recarga.

La identificación de los procesos de recarga y descarga son fundamentales en un modelo conceptual de flujo de agua subterránea y como el agua subterránea fluye entre las zonas de recarga y descarga. Este aspecto en el modelo del sistema acuífero del valle del Medio y Bajo Piura, al igual que en la mayoría de las extracciones que ocurren en el Perú no es registrado de manera sistemática, por el contrario es un dato que se comunica de manera verbal de parte del operario del pozo a quien en su momento realice el inventario de uso del agua subterránea.

Del Inventario del 2004 se ha determinado un volumen total de agua explotada del acuífero del orden de 43 MMC. Del inventario del 2011 se estima una extracción de agua subterránea del orden de 36 MMC. Del inventario del 2014 se estima una extracción de agua subterránea del orden de 56.5 MMC. Así, en el modelo fueron incluidos pozos de observación y pozos de extracción de agua subterránea. Esto con fines de realizar la calibración del modelo.

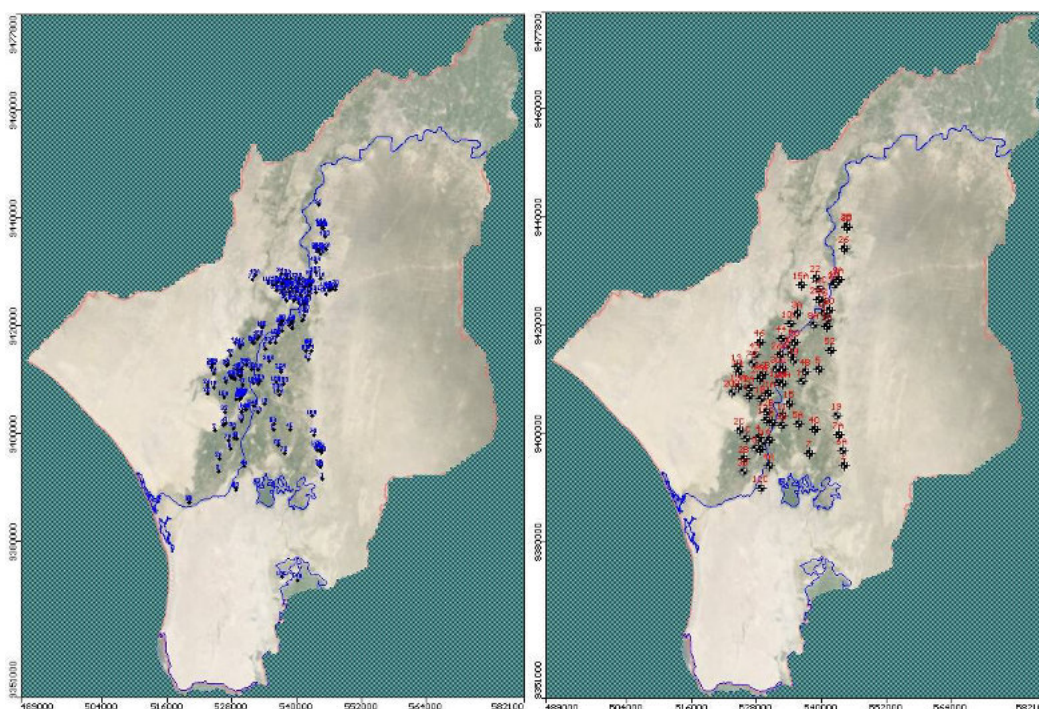


Figura N° 35: Pozos de Observación (Izquierda) y Extracción (Derecha) del Modelo Numérico

10.5 Resultados del Modelo Numérico

A consecuencia de los resultados de la modelización numérica, se tienen distintos parámetros, los cuales se discuten a continuación.

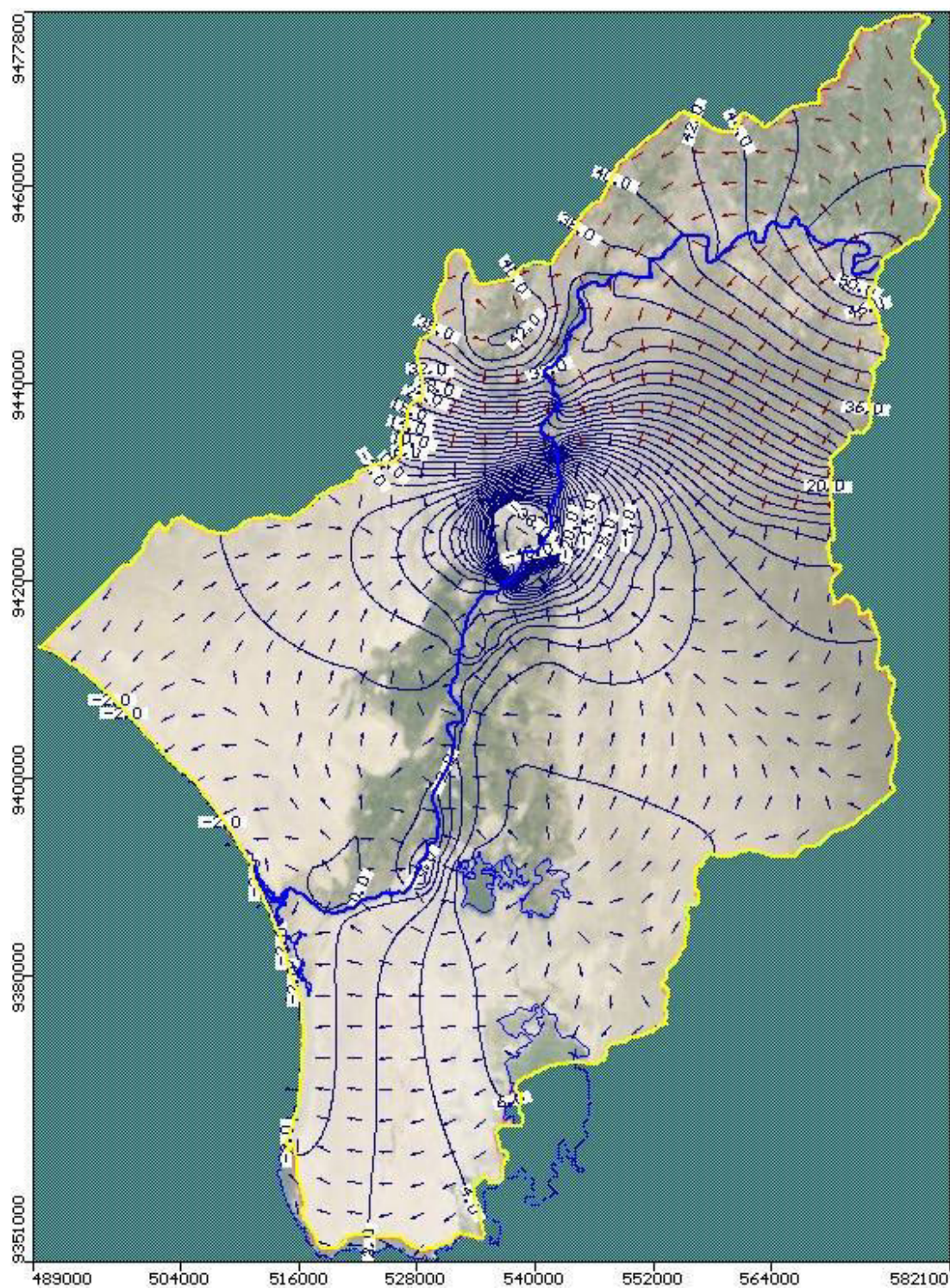


Figura N° 36: Piezometría del Modelo Numérico

10.5.1 Calibración del Modelo Numérico

La calibración a régimen permanente considera la comparación entre las cargas hidráulicas observadas a partir de los pozos de observación y las cargas

hidráulicas calculadas a través del modelo numérico de flujo de aguas subterráneas con el propósito de establecer el balance entre el flujo de agua subterránea de entra y de salida del acuífero.

Para efectos de evaluar el modelo numérico de flujo (MNF) del valle del medio y bajo Piura se han de utilizado 68 puntos de control. El resultado obtenido nos muestra el nivel de incertidumbre de los datos utilizados, a partir de lo cual es oportuno mencionar que si bien es cierto que para algunos de los parámetros la disposición espacial de los datos no es la ideal, es análisis efectuado para completar la información y distribuirlos de manera completa sobre el toda el área de interés ha sido el adecuado.

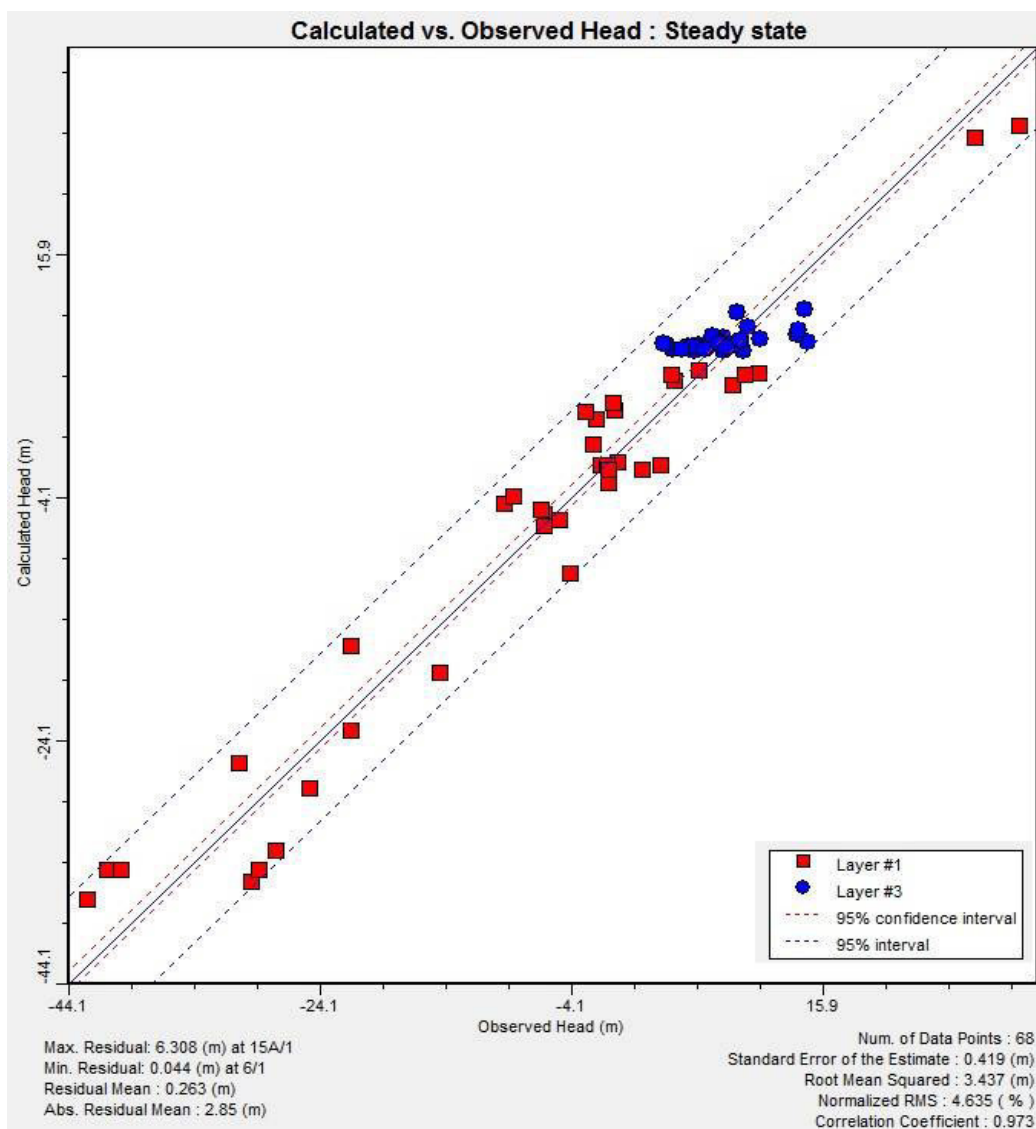


Figura N° 37: Calibración en Modo Estacionario del Modelo Numérico

En cuanto a los resultados del modelo numérico a régimen estacionario, se muestra los indicadores estadísticos de la calibración, en el cual se ha utilizado el error normalizado RMS (ROOT MEAN SQUARED), que es considerado como uno de los mejores estimados del error para el modelamiento (Anderson y Woessner,

1992) y es el promedio de la diferencias de cuadrados (residuales) entre potenciales observados y calculados. El resultado es llamado error RMS normalizado y es expresado en porcentaje, un error normalizado RMS menor del 10% es considerado para la evaluación del modelo de calibración. Para nuestro modelo el error RMS normalizado de 4.635 % indica una calibración aceptable.

Este resultado se ha obtenido conformando el modelo con la simplicidad adecuada, extendiendo el dominio hidrogeológico de manera conveniente, asumiendo con criterio la disposición espacial de los valores de los parámetros y condiciones de borde, así como considerando los estresores más saltantes que influyen en el sistema real.

Para obtener el resultado no se realizó el proceso de calibración prueba y error, siendo el resultado que aparece el mejor indicador de que las asunciones efectuadas son las correctas y apropiadas para lo que es el objetivo del modelo.

Por otro lado, el resultado del balance hídrico para la zona de estudio, en el cual toma en consideración las acciones (estresores) consideradas en el Inventario y Monitoreo de las Aguas Subterráneas del año 2004, es decir que la explotación de las aguas subterráneas (Qex) se estimaron en 43.5 MMC, siendo la salida de agua subterránea al mar, a lo largo del litoral del orden de 5.31 MMC, asumiendo que el flujo hacia otras capas acuíferas es cero, con lo cual el flujo de salida se estimó en 62.7 MMC; siendo el volumen de infiltración del orden de 261.84 MMC, la recarga estimada es de 143.52 MMC, mientras que el flujo de ingreso proveniente del lecho del río Piura se estimó en 93.74 MMC, el flujo de entrada se estimó en 261.84 MMC.

Quadro N° 10.2:
Balance de Masas del Modelo Numérico

Descripción		IN	OUT	Discrepancia
0	Almacenamiento	0.00	0.00	
1	Entrada/ Salida al mar	67,337	14,571.8	
2	Pozos de extracción	0.00	119,358.61	
3	Salida/ entrada al río	256,836.7	583,443.2	
4	Recarga	393,199.1	0.00	
Total		717,372.9	717,373.6	0.7

En general, la modelación a régimen transitorio considera la incorporación del parámetro coeficiente de almacenamiento (S).

Respecto al parámetro permeabilidad (K), en esta etapa del modelo numérico de flujo de aguas subterráneas se busca establecer la distribución espacial y los valores asociados en m/d. Dado que el presente modelo numérico de flujo considera como discretización espacial desde el día 1 hasta el día 3772, determinándose 125 pasos de tiempo, pasos en los cuales se busca comparar la serie de tiempo histórica de la medición de los niveles freáticos in situ versus los calculados por el modelo, la definición del parámetro permeabilidad es más confiable.

Debido a que el régimen transitorio, a diferencia del régimen en permanente, involucra la variable tiempo, los resultados a mostrar consisten en series de tiempo de la comparación los niveles estáticos observados versus los calculados. Para efectos prácticos los resultados de series de tiempo a ser mostrados corresponden a tres zonas: (1) Zona alta, cercana al inicio del modelo, (2) Zona media, correspondiente a la zona de Bajo Piura, y (3) Zona baja, correspondiente a la zona de Sechura.

Los índices obtenidos a partir de los indicadores estadísticos utilizados para evaluar la performance del modelo numérico de flujo deben de estar dentro de los parámetros validados en la corrida a régimen estacionario, con lo cual se garantiza que el modelo numérico de flujo es coherente en los 125 pasos de tiempo.

La Figura siguiente muestra las gráficas de dispersión de la calibración a régimen transitorio correspondiente a los años del 2004, 2011 y al 2014.

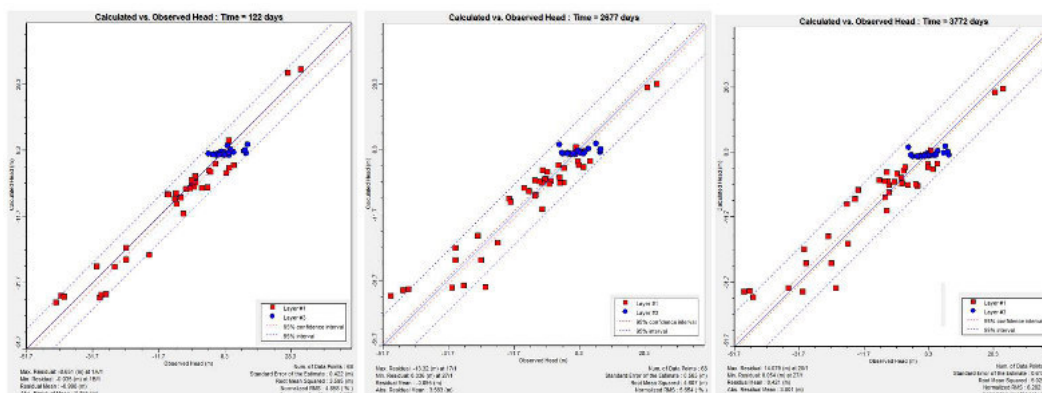


Figura N° 38: Calibración en Modo Transitorio del Modelo Numérico

10.5.2 Simulaciones Predictivas

Para la determinación de la oferta de agua subterránea se procedió a simular el MNF para distintos escenarios de explotación del acuífero. Los escenarios de explotación se extienden hasta 20 años, es decir hasta diciembre del año 2034. Las consideraciones a tener en cuenta para los escenarios de simulación son las siguientes:

El modelo numérico de flujo sobre el cual se ha de trabajar cada escenario es el modelo calibrado en transitorio.

El número de pozos de extracción, así como el caudal de bombeo asignado a cada uno de ellos se mantiene constante hasta el mes de diciembre del año 2034, manteniendo constante el volumen de explotación registrado en el año 2014.

La tasa de recarga asignada al modelo de flujo permanece constante desde diciembre del 2014 a diciembre del 2034.

Las condiciones de borde permanecen constantes en magnitud y ubicación, desde diciembre del 2014 a diciembre del 2034.

El parámetro de permeabilidad y de coeficiente de almacenamiento no es variado en magnitud ni en su disposición espacial.

El número de pasos a ser evaluados son veinte (20) y corresponden a los meses de Diciembre de los años 2015 al 2034.

- Escenario I:

Siendo el volumen de explotación anual del acuífero de 56.5 MMC para el año 2014, el escenario I considera incrementar el volumen de explotación en 15%, con lo cual el volumen de extracción corresponde a 65 MMC.

- Escenario II:

Siendo el volumen de explotación anual del acuífero de 56.5 MMC para el año 2014, el escenario II considera incrementar el volumen de explotación en 25%, con lo cual el volumen de extracción corresponde a 70.63 MMC.

- Escenario III:

Siendo el volumen de explotación anual del acuífero de 56.5 MMC para el año 2014, el escenario II considera incrementar el volumen de explotación en 50%, con lo cual el volumen de extracción corresponde a 84.75 MMC

10.5.2.1 Resultados

Analizando el comportamiento de la carga hidráulica en la zona alta del acuífero en el tramo en estudio (pozo de observación 29) se aprecia que la carga hidráulica al corto plazo al 31 de diciembre del 2019 es de 24.20 msnm mostrando una disminución de 2.98 m, con respecto al escenario "O" en el cual se asumen todas las variables constantes. En el mediano plazo (31 de diciembre del 2024) la carga hidráulica es de 22.59 msnm mostrando una disminución de 4.28 m con respecto al 31 de diciembre del 2024 del escenario "O". Finalmente, al 31 de diciembre del 2034 la disminución en la carga hidráulica es de 5.28 (26.43 - 21.15 m).

Analizando el comportamiento de la carga hidráulica en la zona media del acuífero en el tramo en estudio (pozo de observación 20A) se aprecia que la carga hidráulica al corto plazo al 31 de diciembre del 2019 es de -1.26 msnm mostrando una disminución de -0.51 m, con respecto al escenario "O" en el cual se asumen todas las variables constantes. En el mediano plazo (31 de diciembre del 2024) la carga hidráulica es de -1.7 msnm mostrando una disminución de -0.71 m con respecto al 31 de diciembre del 2024 del escenario "O". Finalmente, al 31 de diciembre del 2034 la disminución en la carga hidráulica es de -0.74 (1.27 - (-) 2.01 m).

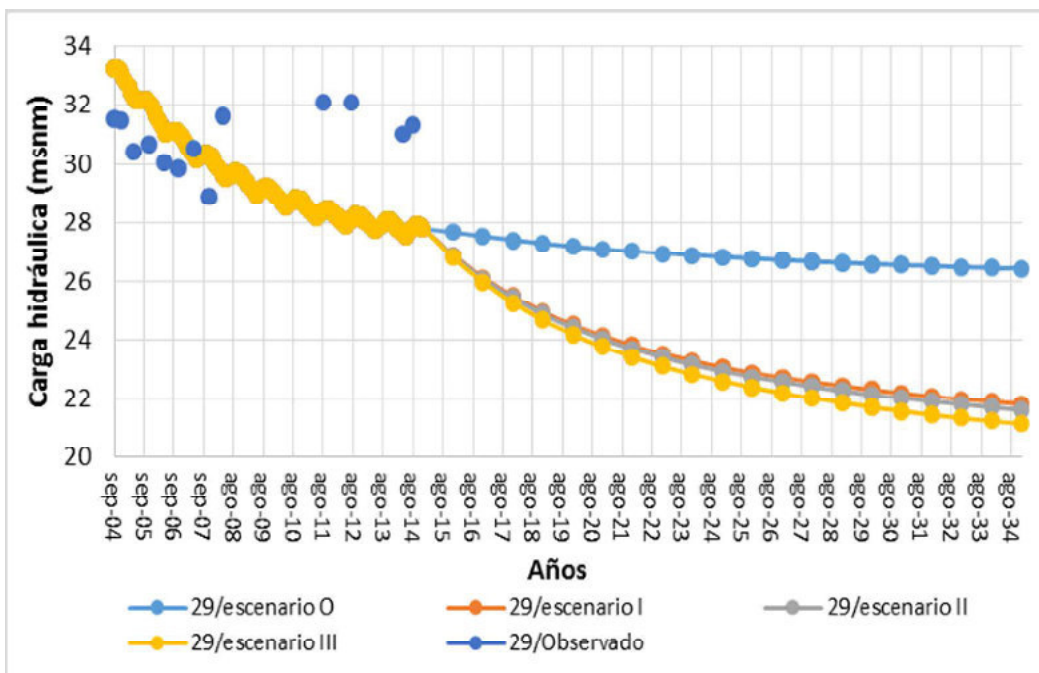


Figura N° 39: Serie de tiempo de la carga hidráulica simulada – zona alta del acuífero del medio y bajo Piura

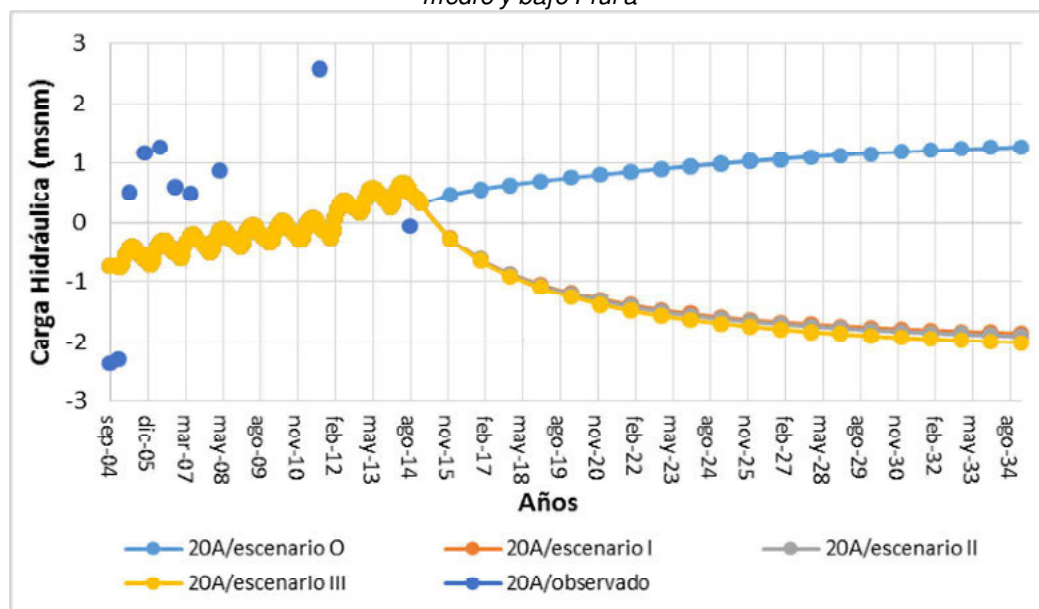


Figura N° 40: Serie de tiempo de la carga hidráulica simulada – zona media del acuífero del medio y bajo Piura

Analizando el comportamiento de la carga hidráulica en la zona media del acuífero en el tramo en estudio (pozo de observación 4A) se aprecia que la carga hidráulica al corto plazo al 31 de diciembre del 2019 es despreciable, siendo esta 6.89. En el mediano plazo (31 de diciembre del 2024) la carga hidráulica es de 6.87 msnm mostrando una disminución despreciable. Finalmente, al 31 de diciembre del 2034 la disminución en la carga hidráulica es de 6.81 msnm. El comportamiento apreciado en el pozo de observación 4A corresponde a que este se encuentra asociado al acuífero confinado.

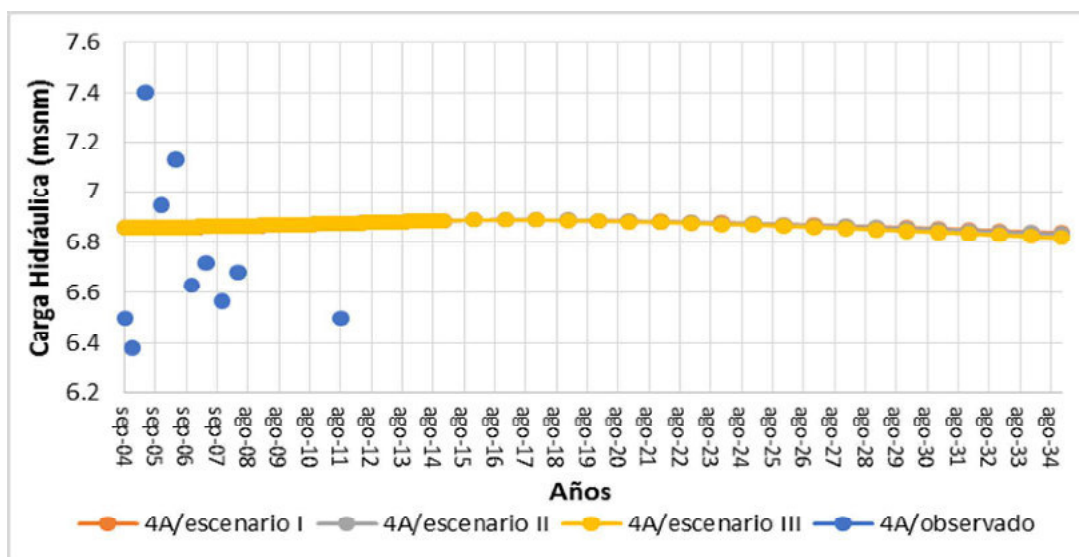


Figura N° 41: Serie de tiempo de la carga hidráulica simulada – zona baja del acuífero del medio y bajo Piura

CAPÍTULO 11

Conclusiones

Estudio

Caracterización Hidrogeológica del Acuífero del Valle Medio y Bajo Piura



11. Conclusiones

- El caudal del río Piura se agota antes de llegar al Medio y Bajo Piura, pero en Curumuy a 20 km de la ciudad de Piura recibe un aporte del río Chira a través del canal derivador Daniel Escobar.
- Las recargas más significativas del acuífero, se dan los años que se produce el fenómeno El Niño.
- El Alto Piura tiene aproximadamente 28 251 ha bajo riego y el Medio y Bajo Piura tienen 40896 ha, totalizando 69 147 ha.
- La disponibilidad hídrica superficial de la cuenca del río Piura se da a través de las descargas del río Piura, sus afluentes y la derivación de las aguas del río Chira.
- Las mayores descargas o época de avenidas, se presentan de enero a mayo, siendo el mes de marzo el de las máximas descargas; la época de estiaje se presenta de junio a diciembre.
- Las grandes descargas se presentaron en los Niños de 1983 y 1998 con 11 413 y 13 778 hm³/año respectivamente.
- Del análisis de Persistencia de la serie histórica de las descargas del río Piura en la estación Puente Sánchez Cerro, se obtuvo descargas anuales, con una persistencia de 25%, 50% y 75%, siendo estas de 1283 hm³/año, 481 hm³/año y 206 hm³/año respectivamente.
- Se ha considerado como fuente de recarga del acuífero Medio y Bajo Piura el área comprendido desde la isoyeta 250 mm/año hasta las nacientes de la cuenca del río Piura donde la precipitación alcanza hasta valores del orden de 980 mm/año. Se ha tomado en consideración la Curva de Sutton, que establece que a partir de la isoyeta 250 mm/año se produce la escorrentía.
- La precipitación total anual de la cuenca húmeda del río Piura es de 487.3 mm/año, que puede generar un aporte de hasta 1692.269 Hm³/año. Obviamente existe un conjunto de pérdidas, como lo relacionado a la interceptación por la vegetación existente, evaporación y almacenamiento en depresiones, entre otros factores.
- El área donde se presenta la precipitación tiene una extensión de 3473.5 km² que corresponde al área húmeda de la cuenca del río Piura y constituye la principal fuente de recarga al acuífero.
- En el balance hídrico desarrollado se ha tomado en consideración la evaporación promedio anual existente en la cuenca húmeda es de 1741.7 mm/año.
- La vegetación existente en la parte húmeda de la cuenca del río Piura intercepta las precipitaciones del periodo de lluvias, los cuales han sido considerado a en valores del orden de 4 a 7 mm/mes, con un total anual de 25.7 mm/año que produce un nivel de pérdidas del orden de 89.268 Hm³/año. Estas magnitudes se

ha estimado de manera iterativa, tomado en consideración la variación del volumen del acuífero en el modelo WEAP.

- Dentro del balance hídrico desarrollado también se ha tomado en consideración el almacenamiento en las depresiones existentes en la cuenca húmeda, que para el caso de la cuenca húmeda del río Piura se ha estimado en valores del orden de 3 a 6 mm/mes, con un total anual de 20 mm/año, que produce pérdidas del orden de 69.469 Hm³/año.
- Del balance hídrico desarrollado, se tiene un volumen de ingreso total de 1692.269 Hm³/año y la magnitud de pérdidas o salidas del sistema es de 1550.835 Hm³/año constituido por las pérdidas por la intercepción de pasturas o vegetación, almacenamiento en depresiones entre otros factores.
- En la estimación de la recarga al acuífero del Medio y Bajo Piura se ha considerado que sólo el 30% del excedente del volumen generado por la precipitación, es el aporte al acuífero que en términos globales es de 90.778 Hm³/año, equivalente a 2.879 m³/s. los detalles de las estimaciones efectuadas se presenta en el cuadro N° 35.
- La recarga estimada en 90.778 Hm³/año, ha sido incorporada al modelo de simulación desarrollado con el WEAP, para lo cual se ha tomado en consideración el uso de agua subterránea del acuífero para consumo poblacional de 45000 habitantes con una dotación de 91.25 m³/año y para la atención de 3500 ha de área bajo riego con una demanda de agua de 74.526 Hm³/año. Como se puede apreciar en la Figura N° 13, existe una mínima disminución del volumen del acuífero. Esta conclusión es coherente, debido a que la variación de los niveles piezométricas en el acuífero de Medio y Bajo Piura es mínimo, debido a que es un acuífero sobreexplotado.
- Las reservas totales (RT) del acuífero del Medio y Bajo Piura aún no han sido calculadas, pues falta definir con mayor precisión la geometría del acuífero superficial (Libre) y el profundo (posiblemente confinado o semi confinado) , por lo que las reservas explotables y sostenibles (RE) han sido estimadas en 140 hm³/año, el volumen de agua explotada (VEX) en el año 2014 fue de 58.12 hm³/año, quedando 81.94 hm³/año como saldo disponible que correspondería a la reservas potencialmente explotables
- El acuífero en el Medio y Bajo Piura del valle del río Piura se ubica entre la localidad de Tambo Grande y su desembocadura en el mar y está en las inmediaciones de la planicie del desierto Sechura, parte de una cuenca antigua del mesozoico y entre los afloramientos rocosos de la Cordillera de la Costa – de cerros Los Amotapes y las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes del Noroeste Peruano.
- Las formaciones geológicas relacionadas con el basamento litológico impermeable del acuífero del Medio Bajo Piura está compuesto por formaciones geológicas intrusivas del Paleozoico y cretáceo terciario inferior así como por ,formaciones volcánico sedimentarias del mesozoico y parte de Cenozoico

(Gneises, Complejo, olmos, Grupo, salas, Río Seco, La Leche, Sábila, Goyllarisquisga, Chimú, San Pedro, Volcánico Ereo, Chignia, Volcánico la Bocana, Volcánico Lancones, Jahuay Negro, Tortuga, La Mesa, Yapatera, Volcánico Llama, Volcánico Porculla, Talara, Verdum, Chira, Chira, Verdum, Miramar, Montera, Zapallal, y Tambo Grande)

- De acuerdo a litología de las formaciones geológicas, con características hidrogeológicas se tiene a: Tablazo Máncora, Tablazo Talara, Tablazo Lobitos y Dep. Aluviales Antiguos.
- Los depósitos aluvio fluviales constituyen el acuífero libre superior.
- En el acuífero Medio y Bajo Piura se han inventariado en el 2014 un total de 398 pozos, de los cuales 262 son tubulares y 136 son a tajo abierto. El 2014, se han inventariado 164 pozos utilizados, que representan 41,96% de pozos, de éstos 79 tubulares y 25 son a tajo abierto, siendo los distritos de Catacaos, Sechura y Castilla y Piura donde se ubican la mayor cantidad de pozos utilizados, con 29, 25, 23 y 22 pozos cada uno.
- También se encontraron 50 pozos utilizables, que representan el 12,56% del total, la mayor cantidad de pozos utilizables se ubica en el distrito de Castilla con 22 pozos, seguido por los distritos de Piura con 8 pozos y Catacaos con 7 pozos.
- Asimismo se censaron 181 pozos no utilizables, que representan el 45,48% del total inventariado, siendo los distritos de Catacaos, La Arena, Castilla y Sechura los que presentan mayor número de pozos no utilizables, con 37, 32, 26 y 25 pozos respectivamente.
- Según su uso se encontraron 152 pozos, de los cuales, 102 pozos son de uso doméstico (67%), 7 de uso industrial (4.61%), 8 de riego (5.26%) y 35 de uso pecuario (3.95%).
- La mayor extracción de agua subterránea en el valle se realiza a través de pozos tubulares, por lo tanto los máximos rendimientos o caudales se encuentran en este tipo de aprovechamientos.
- En pozos de uso doméstico, en los distritos de Piura, Castilla y Catacaos, se observan mayormente caudales entre 0.2 l/s y 95 l/s, mientras que en los distritos La Arena, Talle, Sechura, La Unión, Bellavista, Cura Mori y Bernal, los rendimientos se encuentran entre 0.05 l/s y 40 l/s.
- En los pozos de uso industrial se observa un rendimiento puntual de 80 l/s en el IRHS N° 46, distrito de Castilla. En los pozos de riego los rendimientos se encuentran entre 2.5 l/s y 80 l/s.
- La explotación de las aguas subterráneas en el acuífero Medio y Bajo Piura, que en el año 1980 llegara 27.01 hm³/año y en el 2004 ascendió hasta 43.33 hm³/año, el 2011 descendió a 36.57 hm³/año y el año 2014 ascendió a 58.12 Hm³/año.

- La explotación más significativa, por km² está en torno a la ciudad de Piura y en menor proporción en torno a las ciudades de Sechura, La Arena y La Unión.
- El reservorio acuífero del valle del Medio y Bajo Piura se encuentra un acuífero libre superficial, constituido principalmente por depósitos aluviales de edad del cenozoico al cuaternario reciente y en profundidad se encuentra un acuífero posiblemente confinado y/o semiconfinado. Siendo estos dos los más explotados.
- Además de los acuíferos superficiales se han identificado dos niveles acuíferos: el acuífero confinado Zapallal de la edad terciaria, compuesto de mayormente de diatomitas duras de espesores variables, comprende dos acuíferos uno superior y otro inferior, el superior difiere del inferior por que contiene una capa de areniscas de poca potencia, el inferior comprende de capas geológicamente diferentes. El otro acuífero es el Montero, también confinado, que subyace al acuífero Zapallal, presenta características lenticulares, es una formación de la edad terciaria, compuesta litológicamente de techo a base de: limos, areniscas y arcillas, de arenas y limos arcillosos así como argilitas con diatomitas, se espera que tenga una importancia regional, anteriores estudios regionales sugieren que tiene un espesor de 200 m y una permeabilidad del orden de 10-5 m/s, El acuífero Montero en la zona del macizo Illescas aflora y se recarga por agua de lluvia (zona de los pozos de Bayovar), es de tipo libre y está constituido por un tramo de 150 m de arenas y limos, con una permeabilidad media de 2.15×10^{-7} m/s. Este acuífero se profundiza al este, convirtiéndose en un acuífero confinado por la Formación Zapallal Suprayacente.
- El área del valle Medio y Bajo Piura está definida por la unidad geomorfológica de superficie aluvial que contrasta con terrazas laterales formadas en terrenos de formaciones de cenozoicas antiguas y recientes.
- La información de perfiles litológicos y Sondajes eléctricos que se dispone actualmente es reducida, razón por la cual aún no es posible definir categóricamente el tipo de acuífero y también el límite correspondiente.
- La En general se puede afirmar que el sentido del flujo de las aguas es hacia el mar, es decir de noreste al sur hacia las Lagunas Ñapique Chico y el desierto de Sechura en dirección al mar.
- El levantamiento con los Sondeos Eléctricos Verticales (Configuración Schlumberger), ha permitido perfilar la estratigrafía del subsuelo hasta profundidades máximas de 300 m, de acuerdo a las resistividades de los materiales se han determinado 05 Zonas con características diferentes y las cuales se aprecian en cada sección Geoelectrica para cada zona.
- Las mediciones de resistividades en los diversos sondeos realizados permitieron conocer la probable ubicación de la capa conductiva con presencia de Agua Subterránea con valores de Resistividad entre 0.11 Ohm.m a 5 Ohm.m.

- De las líneas de tomografía eléctrica podemos indicar que modela mejor las anomalías y que estas se deben a acumulaciones de humedad en zonas conductivas. Además debemos indicar las profundidades máximas alcanzadas con el método llega hasta los 100 m pudiendo ampliarse la profundidad.
- En general la Tomografía eléctrica ha logrado definir a las zonas de rocas más compactas como zonas resistivas muy altas y las zonas de fracturamiento o con porosidad y permeabilidad moderada como zonas conductivas, las zonas de mediana resistividad son en general zonas de transición entre las zonas más resistivas a las más conductivas seguramente por los niveles de alteración o compactación moderado.
- Se realizaron pruebas hidráulicas en los pozos del Acuífero Medio y Bajo Piura, siendo que se obtuvieron valores de Transmisividad, Conductividad Hidráulica y Coeficientes de Almacenamiento.
- La Transmisividad fluctúa entre 0.00554×10^{-2} y 39.9×10^{-2} m²/s lo que demuestra que estamos ante la presencia de terrenos con estratos con una permeabilidad de regular a muy buena que nos demuestran que el acuífero se puede calificar de regular a excelente.
- Los valores obtenidos de Coeficiente de Almacenamiento de las pruebas realizadas varían entre 1.64×10^{-2} y 1.07×10^{-1} (m/m) nos marcan que estamos ante la presencia de un acuífero confinado con estados de presencia de un semiconfinado en muchos sectores que influye en la producción de los pozos marcándonos un tipo de material poroso intergranular con mayor presencia de material el tipo grava y arenas.
- Se infieren valores de acuerdo a estimaciones de las pruebas de Bombeo cuyos rangos de conductividad varían de 0.00286 a 1.37×10^{-5} m/s.
- Se realizaron análisis fisicoquímicos en 18 pozos, de los cuales se realizaron corridas de análisis físico y químico a fin de determinar los aspectos cualitativos de los acuíferos estudiados.
- De los 18 pozos analizados en función a su calidad por salinidad, sólo el pozo IRHS-01 de Castilla se encuentra dentro de los rangos aceptables para cultivo, estando el Pozo IRHS-06 dentro de los valores más altos de Sodio y Conductividad Eléctrica, o menos apto para cultivos.
- Dada la naturaleza geológica e hidrogeológica en el entorno estudiado, se ha logrado inferir que la familia hidrogeoquímica que predomina en el área de estudio es la Clorurada Sódica, sin embargo, existen dos puntos del análisis que poseen características Carbonatadas Cálcicas, los pozos IRHS01 - Castilla e IRHS 13 – Sechura, esto es inferible debido a la presencia de formaciones de biogénicas marinas (Montera, Zapallal, Miramar) cuyos horizontes albergan restos orgánicos de naturaleza calcárea como algas, caparazones y otros.

- Adicionalmente, de acuerdo al análisis químico, se infiere que las aguas subterráneas para riego según el contenido de Boro son de buena a condicionada calidad (0.24 – 2.68 ppm).
- La conductividad eléctrica en el área de estudio fluctúa entre 0,04 (IRHS-46 – Piura) y 16.83 mmhos/cm (IRHS-68 – Catacaos), valores que representan aguas de baja (dulces) a alta mineralización (salobres) respectivamente.
- La dureza de las aguas almacenadas en el acuífero mayormente fluctúa entre 0.02 ppm en el IRHS-46 de Piura y 8.65 ppm en el IRHS 68 del Distrito de Catacaos de CaCO_3 , valores que corresponden a aguas blandas a muy duras.
- La calidad de las aguas con fines de riego según la conductividad eléctrica varía de buena a inadecuada.
- Con relación al pH, las aguas subterráneas varían de 3.20 en el IRHS 26-La Arena (ácidas) a 10.42 en el pozo IRHS-52 de Sechura (alcalina).
- El acuífero libre superficial, tiene la forma de un rectángulo irregular y se encuentra delimitado por afloramientos rocosos representado por los cerros, Illescas, Chalaco, Tablazo, Vice y Chusis.
- La zona del Medio Piura (Tambo Grande y Piura), se caracteriza por ser una superficie aluvial fluvial variable estrecha entre 200m y 1.7km, mientras que el Bajo Piura es hasta 15km.
- De acuerdo a la prospección geofísica y estudios anteriores, las aguas subterráneas comprenden los depósitos recientes aluvial fluviales del río Piura como acuífero superficial además de la existencia de un acuífero profundo de naturaleza cautiva, cuyos espesores son variables y se estiman a ser de 5 metros en promedio para las llanuras costeras hasta los 300 metros aproximadamente en el sector de la Laguna la Niña y de 200 metros aproximadamente en el distrito Bernal.
- De acuerdo a la prospección geofísica llevada a cabo en el año 2014 y estimaciones de la Prospección Geofísica Regional realizada por Arce Ingenieros en la década de los años 80, se estima que el acuífero profundo o confinado tiene espesores que superan los 600 metros, entendiéndose que no todo el espesor de las unidades hidroestratigráficas puede estar saturado, además de que no todos los niveles y sectores poseen buena calidad, así se estiman espesores de 800 metros como promedio para el Valle Medio y Bajo Piura alcanzando máximos valores en los Distritos de Castilla, Cura Mori y Catacaos, con 900 metros en promedio, los valores más bajos de los espesores para este acuífero se infieren a ubicarse en los distritos de Sechura hacia el Sur en la Laguna La Niña y en el borde Sur del distrito de Piura.
- La morfología de las curvas hidroisohipsas, dan una idea espacial del funcionamiento hidráulico del acuífero superficial, dando las direcciones preferenciales del flujo del agua subterránea en el acuífero, la formación de isocurvas en torno a unos pozos, indican la formación de los conos de descenso

de las aguas, debido a una extracción sostenida de las mismas en esas zonas. En general se puede afirmar que el sentido del flujo de las aguas es hacia el mar, es decir de noreste al sur hacia las Lagunas Ñapique Chico y el desierto de Sechura en dirección al mar. El gradiente hidráulico promedio, en la zona de los distritos de Castilla y Piura es del orden de 0.67 %, en la ciudad de Piura es de 0.20%, luego en la zona de Catacaos hay una inversión de la dirección de flujo, esta se dirige hacia el noreste con un gradiente hidráulico de 0.40% en la parte central, por el poblado de La Arena el flujo es hacia el sureste con un gradiente hidráulico de 0.15%, por el poblado de La Unión la dirección del flujo es hacia el suroeste con un gradiente hidráulico de 0.13%.

- En el caso del acuífero somero, las isopropundidades de las aguas subterráneas, coinciden con los espesores no saturados del acuífero superficial o isopacas de la zona no saturada del acuífero, por tratarse de un acuífero libre, dichas curvas indican cuan cercana están las aguas respecto a la superficie topográfica. Así, se tienen profundidades muy variables dentro del ámbito de trabajos. De modo general, se tiene valores de profundidad mayores a los 30 metros en pozos de los Distritos de Piura, Castilla y Catacaos. Para el resto de zonas investigadas, los valores de profundidad del nivel estático están entre los 15 hasta los 30 metros.
- En función al inventario desarrollado en el año 2014, se infiere la presencia del acuífero superficial con variaciones de cotas desde 0 hasta los 50 msnm siendo la orientación del flujo regional de Noreste hacia el Suroeste. Observándose conos de abatimiento en los distritos de Cura Mori y el Oeste de Piura, siendo que las cotas alcanzan los 0 msnm. Las cotas mayores se observan en las partes altas del Valle, en los distritos de Tambo Grande, Castilla y Piura.
- Del acuífero profundo, se aprecian niveles que varían desde los 30 metros debajo del nivel del mar en el Distrito de Piura y al oeste de Catacaos, además de La Unión, Bernal y Rinconada Llicuar, hasta los 60 metros sobre el nivel del mar en el Este de Catacaos. La orientación del flujo regional de aguas subterráneas para este acuífero confinado aparentemente son de Este hacia el Noroeste y Sureste.
- El dominio hidrogeológico considerado para la realización del modelo numérico de flujo corresponde a la delimitación hidrológica de la cuenca media – baja del río Piura.
- Los datos de topografía superficial utilizados correspondían a curvas de nivel cada 50 m con curvas suplementarias cada 25m. A partir de esta información se conformó el DEM el cual se ha utilizado como referencia para las cotas de la red piezométrica.
- Los datos de prospección geofísica no han permitido la configuración del estrato impermeable ni la del basamento impermeable del Zapallal.
- En base a datos obtenidos de pruebas de bombeo efectuados en el área de estudio se consideró como dato inicial a la transmisividad (T) así como el espesor saturado considerado a partir de establecer la posición del estrato confinante en

base al criterio del modelista, a partir de los cuales se estableció la distribución espacial de la permeabilidad.

- Este aspecto consideró las acciones ejercidas sobre el acuífero que estén relacionadas con el ingreso y salida de agua por efecto de la acción antrópica. En tal sentido se consideró las áreas bajo riego establecida por Comisiones de Regantes y los pozos de explotación de los años: 2004, 2011, y 2014.
- El caudal de bombeo se estableció para el año 2004 en 43 MMC; para el año 2011 en 36 MMC; y para el año 2014 56.5 MMC.
- El volumen de infiltración (recarga) se estableció en 69 MMC para el año 2004, la cual se ha mantenido constante para todos los años.
- La red de monitoreo consta de 68 puntos de los cuales han utilizado los registros mensuales desde setiembre del 2004 a agosto del 2014.
- Se estableció la condición de borde Carga Constante para representar al Océano Pacífico a la cual se le asignó el valor de -2.0 msnm. Para la laguna Ramón y Ñapique 6.80 y 7.80 msnm, respectivamente.
- Para representar la interconexión hidráulica se utilizó Carga General.
- Para representar el río Piura se utilizó la condición de borde Río, a la cual se le asignó la carga de agua que permite establecer el nivel del agua subterránea para cada tramo del acuífero.
- Para representar el ingreso de agua al sistema por efecto de la infiltración a través de las áreas bajo riego se utilizó la condición de borde Recarga.
- Los indicadores estadísticos de la calibración en estacionario para el modelo de flujo del sistema acuífero del medio bajo Piura muestra que el error RMS normalizado es de 4.63 %, lo cual indica una calibración aceptable, considerando que se han utilizado 68 puntos de observación.

CAPÍTULO 12

Recomendaciones

Estudio

Caracterización Hidrogeológica del Acuífero del Valle Medio y Bajo Piura



12. Recomendaciones

- Para concebir mejor un modelo conceptual del funcionamiento del acuífero, así como para conocer con mayor precisión las reservas disponibles, es preciso conocer su geometría y límites de este y para ello se requiere una mayor investigación, tanto geológica, geofísica e hidrodinámica con sondeos exploratorios directos que permitan confirmar lo obtenido por métodos indirectos.
- Deben realizarse pruebas de bombeo o acuífero en pozos representativos adicionales con sus respectivos piezómetros, donde se conozca al detalle la litología y tipo de acuífero o acuíferos captados, para considerar los métodos apropiados para la interpretación y obtención de los parámetros hidrodinámicos.
- El monitoreo de niveles y calidad del agua subterránea se deben realizar como mínimo en dos épocas del año hidrológico, en avenida (abril) y estiaje (octubre) y en especial, ante eventos extremos como el Fenómeno del Niño.
- Para los monitoreos se deben respetar las redes de control piezométrico e hidrogeoquímico.
- La red piezométrica optimizada deberá ser implementada, considerando la densidad espacial, profundidad, sólo deben ser en pozos de observación, que no funcionen y de ser necesario construir piezómetros.
- La red hidrogeoquímica también debe ser optimizada, en cuanto a su densidad espacial y de preferencia deben ser pozos en funcionamiento continuo.
- Para determinar la potabilidad de las aguas de algunos pozos de uso domestico y/o poblacional, deben hacer análisis en laboratorios acreditados para este fin.
- Utilizarse el recurso hídrico subterráneo racionalmente mediante sistemas de riego tecnificado e implementando cultivos con alta rentabilidad y de baja demanda de agua.
- Los pozos utilizados y a perforarse, se les debe exigir la instalación de caudalómetros acumuladores que permitirá verificar lo explotado, en el caso de los segundos debe ser requisito indispensable para la obtención de las licencias de uso del agua subterránea.
- Exigir en las nuevas perforaciones el informe final de obra, cuya copia digital debe ser archivada y estar disponible en la ALA.
- Elaborar un mapa de Uso Actual de la Tierra, para poder asociar zonas de descenso y ascenso de las aguas subterráneas y los potenciales efectos geotécnicos sobre éstos.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, P.; Allen. J. Basin Analysis. Principles and Applications. Blackwell. 2005.
- Arndt, N.; Ganino, C. Metals and Society. An Introduction to Economic Geology. Springer. 2012.
- Bear, J; Cheng, A. Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport. Springer. 2010.
- Castañeda, M. Análisis Hidrogeoquímico de la Cuenca del Río Mischa. EAE Publishing. 2014.
- Davie. T. Fundamentals of Hydrology. Routledge. 2008.
- Fetter, C. Applied Hydrogeology. Prentice Hall. 2000.
- Kafri, U.; Yechieli, Y. Groundwater Base Level Changes and Adjoining Hydrological Systems. Springer. 2010.
- Kresic, N. Groundwater Resources. Sustainability, Management and Restoration. McGraw-Hill. 2009.
- Huggett, R. Fundamentals of Geomorphology. Routledge. 2007.
- Merkel, B.; Planer-Friedrich B. Groundwater Geochemistry. A Practical Guide to Modeling of Natural and Contaminated Aquatic Systems. Springer. 2005.
- POCH. Estudio Hidrogeológico de la Central Hidroeléctrica Maraón. 2014.
- Robb, L. Introduction to Ore-Forming Processes. Blackwel. 2005.
- Singhal, B.; Gupta R. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. Springer. 2010.
- Waltham, T. Foundations of Engineering Geology. Spon Press. 2010.
- Wolfersdorfer, C. Water Management at Abandoned Flooded Underground Mines. Springer. 2006.
- Younger, P.; Robins, N. Mine Water Hydrogeology and Geochemistry (Special Publication). Geological Society of London. 2002.
- Younger, P. Grundwater in the Environment. An Introduction. Blackwell. 2006.

El presente Estudio Incluye Anexos que son presentados en Versión Digital en un DVD.