

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
HIDRÁULICA.**



**“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA Y PAGO POR SERVICIOS
AMBIENTALES HÍDRICOS APLICADO A LA CUENCA REGULADA DEL RÍO
JEQUETEPEQUE, CAJAMARCA - PERÚ”.**

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO HIDRÁULICO

Presentado por:

Bach. En Ingeniería Hidráulica VÁSQUEZ TAPIA FRANCISCO

Asesorado por:

Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA-PERU

2018

AGRADECIMIENTO

A Gaspar Virilo Méndez Cruz Dr. Ing. asesor de esta investigación, por sus consejos y apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A Santos Oswaldo Ortiz Vera Dr. Ing. colaborador de esta investigación, por su apoyo y preocupación por que se haga realidad el presente trabajo.

A Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre, Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez, A MCs. Ing. Luis Vásquez Ramírez. Miembros del jurado de dicha tesis profesional.

DEDICATORIA

A Dios, por iluminarme y guiarme por el camino de bien, y darme esa fuerza espiritual de seguir adelante.

A mi querida madre, que desde el más halla me está iluminando, y sobre todo a ese gran esfuerzo que hizo por educarme. A mi padre, Vásquez Morales Gilberto, por su gran apoyo y consejos.

A mis hermanos Jorge, Walter y Armando, por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida. Y a mi querida esposa y mis hijas: Yuliana, Ángela y Yahely por esa comprensión y cariño que me dan día a día.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. CONTEXTO	1
1.2. PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5. OBJETIVOS	3
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.6. HIPÓTESIS	4
1.7. DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS	4
II. MARCO TEÓRICO.	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. BASES TEÓRICAS.	5
2.2.1. GEOMORFOLOGÍA DE CUENCAS	5
2.2.2. SISTEMA HIDROLÓGICO	23
2.2.3. FACTORES CLIMÁTICOS	30
2.2.4. EL AGUA COMO BIEN ECONÓMICO	34
2.2.5. MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA	40
2.2.6. LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE AGUA	47
2.2.7. PAGO POR SERVICIOS HÍDRICOS AMBIENTALES.	54
2.2.8. BENEFICIOS MÁS IMPORTANTES DE UNA FORESTACIÓN	58
2.2.9. TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA	62
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	63
III. MATERIALES Y MÉTODOS	65
3.1 UBICACIÓN	65
3.2 ÁMBITO DE ESTUDIO	67
3.3 EQUIPOS Y MATERIALES	68
3.3.1 EQUIPOS DE CAMPO	68
3.3.2 EQUIPO DE GABINETE	69
3.3.3 MATERIALES	69
3.4 CARACTERÍSTICAS SOCIECONOMICAS	70
3.4.1 DEMOGRAFÍA	70

3.4.2	ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y USO DEL SUELO	72
3.5	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	73
3.5.1	SUELOS	73
3.5.2	COBERTURA VEGETAL	75
3.5.3	ASPECTOS DE FLORA Y FAUNA.	79
3.5.4	HIDROGEOLOGÍA	82
3.5.5	RED HIDROGRÁFICA	83
3.6	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	84
3.7	PROCEDIMIENTO.....	84
3.7.1	ETAPA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	84
3.7.2	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA.....	85
3.7.3	CLIMATOLOGÍA	96
3.7.4	DEMANDA EXISTENTE.	98
3.7.5	BALANCE HÍDRICO	109
3.7.6	VALOR ECONÓMICO DEL AGUA.....	114
3.7.7	EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	114
IV.	ÁNÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	127
4.1	CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA	127
4.2	EL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA.	127
4.3	PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES	131
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	132
5.1	CONCLUSIONES.....	132
5.2	RECOMENDACIONES	133
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
VII.	ANEXOS.	137
7.1.	TEMPERATURA MENSUAL.....	137
7.2.	PLANOS.....	145

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de áreas de una cuenca	10
Tabla 2 Resumen de índices y coeficientes de forma para clasificación de cuencas.	14
Tabla 3 Clasificación de pendiente de una cuenca.....	19
Tabla 4 Clasificación de pendiente en el cauce principal.....	23
Tabla 5 Relación del valor del agua.	39
Tabla 6 Métodos de valoración.	46
Tabla 7 Funciones del Excel para calcular el VAN y la TIR.	52
Tabla 8 Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Jequetepeque.....	65
Tabla 9 Población según categoría en la Cuenca del Río Jequetepeque.	71
Tabla 10 Uso de energía (Combustible) según Categoría.	71
Tabla 11 Tipos de Cobertura Vegetal en el ámbito de la cuenca.	75
Tabla 12 Distribución de los pozos por distrito político valle Jequetepeque - 2015.....	82
Tabla 13 Unidades hidrográficas de la cuenca del río Jequetepeque.	83
Tabla 14 Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Jequetepeque	85
Tabla 15 Parámetros geométricos de unidades hidrográficas.	86
Tabla 16 Parámetros de forma de la Cuenca del río Jequetepeque.	87
Tabla 17 Pendiente de la Cuenca (Criterio de J.W.Alvord).....	87
Tabla 18 Pendiente de la Cuenca (Criterio de R.E. Horton)	88
Tabla 19 Índice de Pendiente Cuenca (M.Roche) (Ip).....	89
Tabla 20 Clasificación de Pendiente en las Cuencas	89
Tabla 21 Clasificación de la Pendiente la Cuenca del río Jequetepeque.....	90
Tabla 22 Parámetros de la red hídrica en la Cuenca del río Jequetepeque.....	91
Tabla 23 Parámetros de la Red Hídrica Microcuenca Chausis.	93
Tabla 24 Parámetros de la Red Hídrica Microcuenca Contumazá.....	94
Tabla 25 Temperatura media anual por estaciones	96
Tabla 26 Humedad relativa media anual por estaciones	97
Tabla 27 Canales de Derivación en el valle del Jequetepeque.....	101
Tabla 28 Demanda bruta de agua por clase y tipo en el valle del Jequetepeque.....	102
Tabla 29 Áreas Aprobadas de los cultivos para la Campaña Grande 2015-2016.	102
Tabla 30 Áreas con cultivos instalados y programados.	104
Tabla 31 Demanda bruta de agua del Sector Hidráulico.....	105
Tabla 32 Características de Represas en la Cuenca Alta.....	106
Tabla 33 Áreas y Cédulas de cultivos para la cuenca alto Jequetepeque.	108
Tabla 34 Requerimiento de Agua Bruta de los Bloques Cuenca Alto Jequetepeque (hm3).....	109
Tabla 35 Oferta Hídrica Superficial en el Valle Jequetepeque.....	112
Tabla 36 Demanda hídrica total en el Valle Jequetepeque.....	113
Tabla 37 Flujo de Caja (EN 20 AÑOS Y SIN FORESTACIÓN).....	118
Tabla 38 Flujo de Caja (EN 20 AÑOS Y CON FORESTACIÓN).....	121
Tabla 39 Flujo de Caja (EN 50 AÑOS Y CON FORESTACIÓN).....	123
Tabla 40 Valoración Económica de agua y PSAH.....	130
Tabla 41 Temperatura Media (°C).	137
Tabla 42 Relación Temperatura Media (°C) - Altitud.	138

Tabla 43 Precipitación mensual.	139
Tabla 44 Descargas medias anuales en principales afluentes del río Jequetepeque (m ³ /s).....	141
Tabla 45 Caudales medios mensuales de los principales Afluentes del río Jequetepeque (m ³ /s)	142

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo Conceptual de Cuenca hidrográfica del río Jequetepeque.....	6
Figura 2 Formas de las Cuencas y su comportamiento hidrológico (hidrograma).....	11
Figura 3 Modelo Componentes del factor de forma de una cuenca.	13
Figura 4 Pendiente de la Cuencas (Criterio de Horton)	17
Figura 5 Pendiente media ponderada de un cauce.	22
Figura 6 Ciclo hidrológico de una Cuenca.	24
Figura 7 Representación de las salidas del agua subterránea.	26
Figura 8 Representación esquemática general del balance en una cuenca.....	28
Figura 9 Componentes de un balance hídrico en una cuenca.....	30
Figura 10 Identificación del recurso hídrico.	37
Figura 11 Valor del agua con tarifa.	41
Figura 12 Costos y beneficios de un proyecto en el tiempo.	49
Figura 13 Modelo de pago por servicios hídricos ambientales.	57
Figura 14 Los beneficios que los árboles.	58
Figura 15 Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Jequetepeque.	65
Figura 16 Ubicación política de la Cuenca del Río Jequetepeque.	66
Figura 17 Ubicación (satelital) de la Cuenca del Río Jequetepeque.	67
Figura 18 Ámbitos de estudio (Oferta y Demanda hídrica)	67
Figura 19 Provincias que comprende la cuenca del Río Jequetepeque	71
Figura 20 Actividad Económica de la cuenca del Río Jequetepeque	72
Figura 21 Fisiografía de la cuenca del Río Jequetepeque.	74
Figura 22 Plantaciones forestales en la Cuenca hidrográfica del río Jequetepeque.	78
Figura 23 Delimitación de las microcuencas.	95
Figura 24 Método de las isoyetas	96
Figura 25 Niveles y volúmenes según Batimetría 2013.....	99
Figura 26 Estructura de Entrega Canal Talambo Zaña y Canal Guadalupe.....	99
Figura 27 Áreas para los cultivos, campaña agrícola 2004- 2005.....	107

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Configuración de suelo tipo aluvial San Miguel.....	74
Imagen 2 Bosque Natural – Miravalle – San Miguel.....	76
Imagen 3 Cultivos y plantaciones Forestales – San Miguel.....	77
Imagen 4 Plantaciones Forestales y pastos naturales – San Miguel.....	78
Imagen 5 Lagunas ubicadas en alto Perú	79
Imagen 6 Presencia de bojedales pequeños en Quebrada Yanahuanga	80
Imagen 7 Flora y Fauna ribereña, además de piscicultura.	81
Imagen 8 Estación Yonán datos de caudales diarios.....	97
Imagen 9 Zona de Captación y Derivación de Bocatoma Jequetepeque.....	100
Imagen 10 Entrega de Bocatoma Talambo – Zaña al Canal Talambo Zaña.....	100
Imagen 11 Demanda de Agua del Sector Hidráulico	103
Imagen 12 Sectores Hidráulicos en la cuenca del río Jequetepeque.	110

RESUMEN

En el Perú se cuenta con una gran cantidad de cuencas en la vertiente del pacífico pero son pocas que se tiene una planificación hídrica actual y futura; y sobre todo en la protección en la partes altas de las cuencas, (es decir en las cabeceras de cuencas) donde es el ámbito de mayor importancia donde se da la recarga hídrica como es el caso de la cuenca del río Jequetepeque. En dicha cuenca se realiza múltiples actividades económicas, culturales y sociales. En la parte baja de la cuenca a 350msnm se tiene construida uno de los proyectos hidráulicos más importantes del país (represa gallito ciego). Los pobladores del valle del Jequetepeque son los beneficiarios del recurso hídrico donde se tiene una demanda hídrica total de 731.5 hm³ en el año 2016, para un área bajo riego de 37052.16 ha, mientras que la demanda agrícola total en la cuenca alto Jequetepeque asciende a 61.35 hm³ para un área bajo riego de 5161.14 ha En el presente trabajo es desarrollar una metodología que permita incluir en el sistema tarifario un Pago por Servicios Ambientales Hídricos en los proyectos de grandes presas. Se trata de aprovechar estratégicamente una de las grandes exigencias de estos proyectos, la forestación intensiva, como parte del plan integral de control de sedimentos de la cuenca, de tal modo que garantice el cumplimiento del horizonte del flujo económico de retorno a largo plazo de la alta inversión que demanda este tipo de proyectos. La metodología consiste en evaluar minuciosamente la oferta hídrica de la cuenca regulada del río Jequetepeque, plantear o definir la vida útil de la presa en función de la producción o contribución de la tasa anual de sedimentos a manejar o controlar. Con esta base realizar la evaluación económica del proyecto, introduciendo en el flujo de costos y beneficios los correspondientes al plan forestal. Finalmente, se determina el valor económico del agua y la tarifa correspondiente. El costo real de la tarifa de agua calculada para la presa Gallito Ciego, de \$ 8.52 por cada 1000 m³, discrepa en gran medida con el valor actual equivalente a \$ 4, el que no refleja el costo de la inversión. Esto teniendo en consideración que el horizonte económico es de 50 años, en adelante y con una forestación de 20000ha.

Palabras claves: Cuenca, Reforestación, Valor Económico, Servicios Ambientales.

ABSTRACT

In Peru, there is a large number of basins on the Pacific slope, but few have current and future water planning; and especially in the protection in the upper parts of the basins, (that is to say in the headwaters of basins) where it is the area of greater importance where the hydric recharge occurs as it is the case of the basin of the Jequetepeque river. In this basin, multiple economic, cultural and social activities are carried out. In the lower part of the basin, at 350 meters above sea level, one of the most important hydraulic projects in the country has been built (dam gallito ciego). The inhabitants of the Jequetepeque valley are the beneficiaries of the water resource where there is a total water demand of 731.5 hm³ in 2016, for an irrigated area of 37052.16 ha, while the total agricultural demand in the Jequetepeque high basin amounts to 61.35 hm³ for an area under irrigation of 5161.14 ha In the present work is to develop a methodology that allows to include in the tariff system a Payment for Environmental Water Services in the projects of large dams. It is about strategically taking advantage of one of the great demands of these projects, intensive afforestation, as part of the integral sediment control plan of the basin, in such a way as to guarantee compliance with the horizon of the economic flow of long-term return of the high investment that demands this type of projects. The methodology consists of thoroughly evaluating the water supply of the regulated river basin of the Jequetepeque River, proposing or defining the useful life of the dam based on the production or contribution of the annual sediment rate to be managed or controlled. With this base, carry out the economic evaluation of the project, introducing in the flow of costs and benefits those corresponding to the forestry plan. Finally, the economic value of the water and the corresponding rate are determined. The actual cost of the calculated water tariff for the Gallito Ciego dam, of \$ 8.52 per 1000 m³, largely disagrees with the current value equivalent to \$ 4, which does not reflect the cost of the investment. This taking into consideration that the economic horizon is 50 years, from now on and with an afforestation of 20000ha.

Key words: Basin, Reforestation, Economic Value, Environmental Services.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO

En general, los recursos naturales proporcionan a la sociedad una gran cantidad de flujos de bienes y servicios que contribuyen a su bienestar y, muy en especial, los recursos hídricos. Sin embargo, estos recursos se caracterizan porque la mayoría son públicos y de libre acceso, por lo que carecen de un mercado donde intercambiarse. Esta problemática, conocida dentro de la economía ambiental *como falla de mercado*, puede causar un uso inadecuado que conduce a la sobreexplotación de los recursos, pasando de estados de conservación a otros más deteriorados y afectando por consiguiente los beneficios que éstos brindan. Para enfrentar esta problemática, la economía ambiental está buscando elementos para el estudio de los problemas ambientales, y para ello, se apoya en la perspectiva e ideas analíticas de la economía que estudia el cómo y por qué los agentes económicos toman decisiones acerca del uso de los escasos recursos para la satisfacción de las necesidades humanas. La economía ambiental amplía el análisis al involucrar las consecuencias ambientales que tales decisiones generan y busca cómo se pueden orientar las políticas e instituciones al equilibrio de los deseos humanos con las necesidades del ecosistema.

Durante la última década, se ha visto alrededor del mundo un amplio surgimiento de la valoración de los bienes y servicios ecosistémicos, particularmente los relacionados con los bosques como protectores y reguladores hidrológicos en las cuencas, como conservadores de la biodiversidad y como potenciales para la captura del carbono. Dado que los servicios que ofrece el bosque son múltiples, para algunos países latinoamericanos, estas potencialidades están adquiriendo importancia creciente, sobre todo, por las posibilidades de explotación financiera de ciertos servicios vinculados con sus recursos naturales y ambientales; en este sentido se puede mencionar como ejemplo de modelo el caso de la *forestación Granja Porcón*. A nivel latinoamericano, se reconoce el liderazgo de Costa Rica en el tema de servicios ambientales, donde destaca: protección del agua para consumo humano y/o generación hidroeléctrica, protección de biodiversidad con fines de uso sostenible, mantenimiento de la belleza escénica natural con fines turísticos y científicos, y captura de carbono y contribución para resolver el problema del cambio climático; este

último problema será abordado por los representantes de casi todos los países del mundo en la cita de Lima, a celebrarse entre 1 al 12 de Diciembre de 2014.

Con el fin de dar solución a las famosas fallas de mercado, se plantea el pago por servicios ambientales de la cuenca regulada del río Jequetepeque, donde los usuarios de los servicios ambientales compensen económicamente a los proveedores de dichos servicios, con el fin de modificar el uso particular del suelo, cuyo manejo contribuya favorablemente a prolongar la vida útil del proyecto. Contribución económica que contribuya además a resolver el problema de desmantelamiento y mitigación de los riesgos ambientales. Modelo que podrá replicarse a otras cuencas reguladas de Perú.

En general, los servicios hídricos que prestan las cuencas hidrográficas son invalorable, desde consumo humano, producción de alimentos y energía, recreación, pesca e industrias. Sin embargo, el hombre, hasta hoy, ha permanecido ajeno a toda compensación por estos servicios; restringiendo su acción egoísta sólo a la gestión de las demandas hídricas, más no así a las disponibilidades.

El presente estudio, luego de una evaluación económica del agua proveniente de la cuenca regulada del río Jequetepeque, plantea un modelo de compensación o Pago por Servicios Ambientales Hídricos (PSAH), fondos que serán intangibles y sólo destinados al manejo de cuenca.

En Perú, se han perdido esfuerzos valiosos tratando de establecer oportunidades para el PSAH en cuencas amazónicas, ofertando servicios ambientales a un mercado de usuarios no identificado; mientras que las cuencas reguladas, con usuarios demandantes “ávidos” de servicios ambientales hídricos.

1.2. PROBLEMA

La cuenca del río Jequetepeque, regulada mediante la presa Gallito Ciego, se encuentra actualmente en un proceso de degradación incontenible, explicada en parte, por las inadecuadas prácticas que el hombre realiza en el uso del suelo y por procesos naturales al no existir actividades tendientes a mejorar las condiciones de la cuenca.

¿Cuál es la Valoración Económica del Agua y Pago por Servicios Ambientales Hídricos Aplicado a la Cuenca Regulada del Río Jequetepeque, Cajamarca – Perú?, mediante un ajuste ambiental en las tarifas; que permita generar recursos financieros para promover la conservación, forestación y restauración de bosques en la cuenca, con el fin de favorecer la conservación del recurso hídrico. De otro lado, se espera generar ingresos para avanzar hacia una gestión y manejo integral del recurso hídrico en la cuenca.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El Pago por Servicios Ambientales Hídricos pasará a un fondo intangible, sólo destinado a la reinversión de proyectos en la cuenca hidrográfica, para mejorar la cantidad y calidad del agua, así como la Presa Gallito Ciego por el alto riesgo ambiental que representará su estado de colmatación total. El modelo de PSAH del presente estudio está respaldado por un marco jurídico-legal nacional (Ley de los Recursos Hídricos) e internacional.

1.4. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Los beneficios esperados, por la compensación de servicios ambientales hídricos, alcanzan a toda la población de la parte alta de la cuenca del río Jequetepeque. Sin embargo, el pago para la compensación de servicios ambientales hídricos, sólo afecta a la tarifa de agua de los usuarios de la presa Gallito Ciego.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la Valoración Económica del Agua y Pago por Servicios Ambientales Hídricos Aplicado a la Cuenca Regulada del Río Jequetepeque, Cajamarca – Perú.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la Caracterización geomorfométrica e hidrológicas en la cuenca.
- Identificar áreas con potencial a la reforestación.
- Determinar la Valoración económica del agua de la cuenca del río Jequetepeque.
- Plantear un Pago por Servicios Ambientales Hídricos, incluido en la tarifa de uso de agua con inclusión PSAH.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL:

- ✓ La valoración económica del agua y el Pago por Servicios Ambientales Hídricos en la Cuenca Regulada del Río Jequetepeque, esta subvaluada, en este sentido calcularemos el incremento en el costo del agua en la tarifa por metro cúbico, con la finalidad de proteger la cabecera de cuenca con proyectos de forestación y reducir la erosión hídrica).

1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA:

- ✓ Es posible encontrar una valoración económica del agua en la cuenca del río Jequetepeque.
- ✓ Es posible determinar un pago por servicios ambientales hídricos de la cuenca regulada del río Jequetepeque.

1.7. DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

A continuación, se presenta el marco teórico con antecedentes, bases teóricas y definiciones básicas; los materiales y métodos, donde se muestra el procedimiento seguido en la investigación, así como el tratamiento de los datos climatológicos usados, también se presenta un análisis y discusión de resultados donde se analiza los resultados obtenidos y se presentan en tablas y gráficos; finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones y las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO.

El presente capítulo contiene una revisión de los principales temas que dan el fundamento a la investigación, presentando antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos.

2.1. ANTECEDENTES

En el Perú, todavía se tiene muy poca experiencia en el tema de los PSAH a nivel nacional. En este sentido, la protección y preservación de áreas forestales tendrá un impacto decisivo en los escenarios a ocurrir en los próximos años, y en los países que definan políticas claras de Pago por Servicios Ambientales Hídricos (PSAH) tendrán mayor posibilidad de proteger sus recursos naturales (FAO, 2004).

Existen varios ejemplos a nivel de proyectos en ejecución, tales como:

Oportunidades para Pago por Servicios Ambientales en la Amazonia Peruana, valoración del pago por servicio ambiental de provisión de agua proveniente de la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca, cuenca del Río Chili en Arequipa; y, valoración del pago por el servicio ambiental de provisión de agua proveniente del Parque Nacional Yanachaga - Chemillén, cuenca del Río San Alberto en Oxapampa; Mecanismos de Retribución por Servicios Hídricos para la Cuenca del Jequetepeque. En este sentido se puede mencionar como ejemplo de modelo el caso de la *forestación Granja Porcón*.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. GEOMORFOLOGÍA DE CUENCAS.

Geomorfología: estudia las formas superficiales del relieve terrestre (geo= tierra; morfo=forma; logia =estudio o tratado).

Cuenca: es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Cuenca hidrográfica: espacio geográfico cuyos aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyo excedente en agua o en materia solidas transportadas por el agua forman, en un punto espacial único, una desembocadura.

Modelo Conceptual De Cuenca.

Se llama Modelo a la representación simplificada de un sistema hidrológico que expresa las relaciones entre variables y parámetros. Los modelos pueden ser físicos, analógicos y matemáticos.

Según que se tenga en cuenta o no las leyes físicas y la naturaleza o estructura interna del sistema, los modelos pueden ser conceptuales y empíricos, respectivamente. Estos últimos tienen poco uso hoy en día.

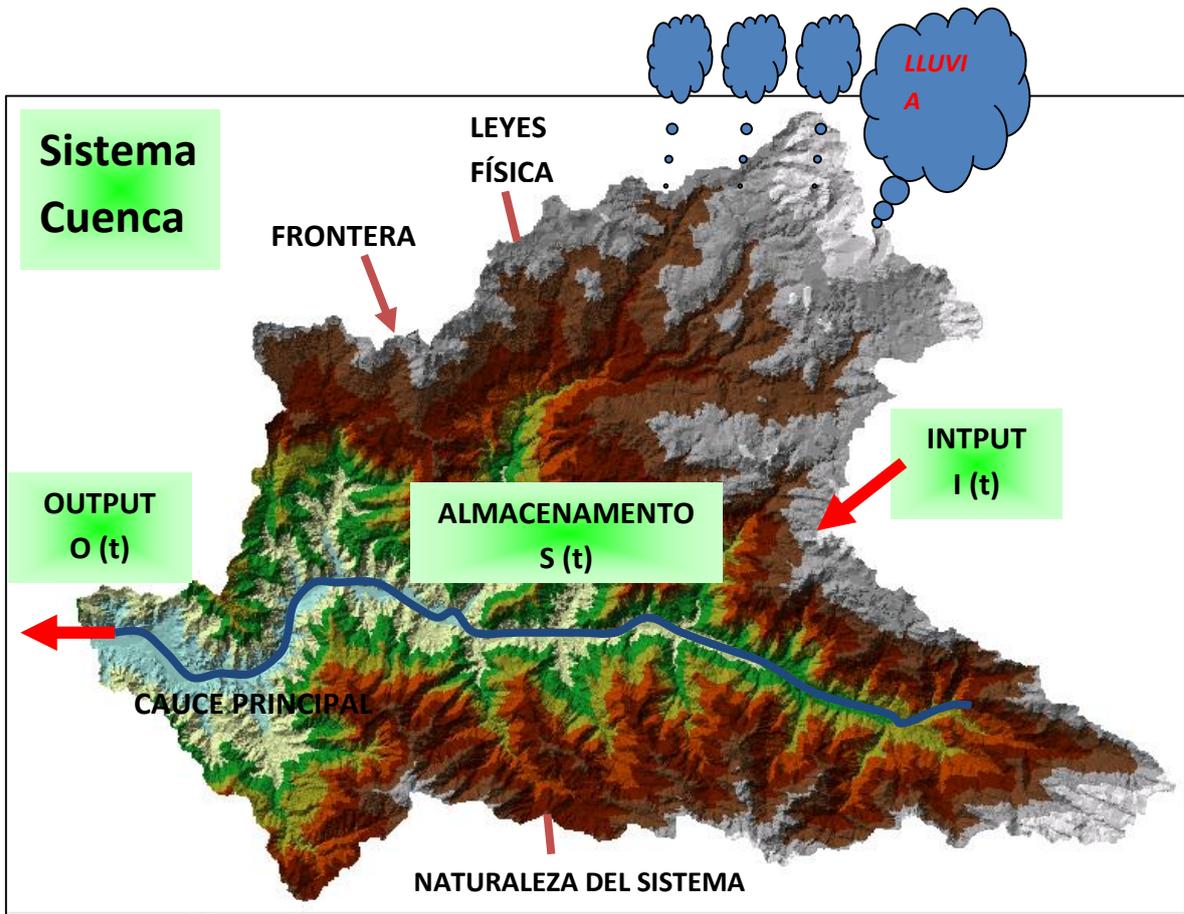


Figura 1 Modelo Conceptual de Cuenca hidrográfica del río Jequetepeque.

Las acciones exteriores - entradas y salidas al sistema - pueden ser controlables e incontrolables. Las primeras, llamadas también variables de decisión, son las que se utilizan para conseguir un objetivo. Las variables incontrolables pueden ser determinísticas y estocásticas. Las primeras dependen del estado del sistema (humedad, cobertura vegetal) y las segundas dependen de factores hidrológicos y climáticos y se tratan estadísticamente.

Matemáticamente, las variables del sistema están relacionadas por la siguiente ecuación de balance:

$$I(t) - O(t) = \frac{ds}{dt} \quad (1)$$

Donde:

$I(t)$ = entradas o afluencia total (función del tiempo).

$O(t)$ = Salidas o efluencia total (función del tiempo).

S almacenamiento al interior del sistema.

t = tiempo.

Clasificación de una cuenca:

➤ **En relación al tamaño**

Una cuenca se puede clasificar atendiendo a su tamaño, en cuencas grandes y cuencas pequeñas.

- **Cuenca grande**

Es aquella cuenca donde su área es mayor a 250 km², donde predominan las características fisiográficas (pendiente, elevación, área, cauce). El efecto de almacenaje del cauce es muy importante.

- **Cuenca pequeña.**

Es aquella cuenca donde su área es menor a 250 km², la forma y la cantidad de escurrimiento está influenciado por las características físicas (tipo de suelo y vegetación del suelo).

➤ **En función a la salida**

Desde el punto de vista de la salida de una cuenca, existen dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas.

- **Cuenca endorreicas**

El punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago.

- **Cuencas exorreicas**

En las cuencas exorreicas el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca, pudiendo ser en otra corriente de agua o mar.

➤ **En función a su elevación.**

Otra forma de clasificarlas, de clara aplicación en las cuencas andinas, basada en la elevación relativa de sus partes, se clasifica en: cuencas, alta, media y baja.

- **Cuenca alta**

Llamado como cuenca cabecera o de recepción de la cuenca; por su posición, capta y almacena en los nevados y glaciares de sus cumbres, y en las lagunas y represamientos de las altiplanicies, la mayor parte de los aportes de la precipitación; además, tiene una cobertura vegetal típica de pastos o bosques, y una menor presión demográfica.

- **Cuenca media**

De mayor pendiente relativa, con un caudal caracterizado por torrentes turbulentos, también se le denomina zona de transporte de sedimentos o de escurrimiento.

- **Cuenca baja**

Cuenca de menor pendiente relativa, con un caudal de flujo continuo, cauce definido y amplia planicie de inundación, suelo llamarse como de deyección o zona de depósito.

Elementos de las cuencas:

Las cuencas presentan los siguientes elementos: divisoria de aguas, área de la cuenca, y el cauce principal de la cuenca.

➤ **Divisoria de aguas (divortium acuarum)**

Línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico, que separa la cuenca en estudio de las cuencas vecinas.

➤ **Área de la cuenca**

Superficie en proyección horizontal, delimitada por la divisoria de agua.

➤ **Cauce principal de una cuenca.**

Corriente que pasa por la salida de la cuenca, las demás corrientes se denominan cauces secundarios (tributarios).

Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias se llaman cuencas tributarias o Subcuenca. A continuación, algunos de los parámetros geomorfológicos más importantes de las cuencas:

- Parámetros asociados a la cuenca.

- Parámetros morfológicos.
- Parámetros de relieve.
- Parámetros de la red hidrográfica.

A). PARÁMETROS ASOCIADOS A LA CUENCA.

Según (Aguirre et al., 2003)

Para la delimitación de las unidades hidrográficas se consideran las siguientes reglas prácticas:

- Obtener una carta topográfica de la zona de interés.
- Establecer el punto de interés el cual se definirá una cuenca, subcuenca o microcuenca (la desembocadura o confluencia del cauce principal).
- Se identifica la red de drenaje o corrientes superficiales, y se realiza un esbozo muy general de la posible delimitación.

Área proyectada de la cuenca (A)

Para cuantificar el área es necesario primero, delimitar la cuenca, para lo cual, haciendo uso de la carta nacional o plano a curvas de nivel a escala adecuada, se traza la línea de “Divortium Acuarum” o divisoria de aguas, teniendo en cuenta que las familias de líneas de corriente superficiales (las redes hidrográficas son macro líneas de corriente) y las líneas equipotenciales (curvas de nivel), son mutuamente perpendiculares y, que la divisoria de aguas es una línea de flujo neutra. La divisoria de aguas es una línea curva cerrada, continua, que une los puntos de mayor elevación comunes a dos sistemas hidrológicos vecinos.

El fundamento científico de la delimitación de un sistema hidrológico se funda en la solución de la ecuación de Laplace mediante el criterio de Riemann, conocido como red de flujo. La ecuación de Laplace tiene la siguiente forma:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

ϕ = Potencial hidráulico en un sistema tridimensional. El área se obtiene mediante el planímetro de la superficie comprendida entre los límites del perímetro y se expresa, generalmente, en km²; o también empleando un software para estos casos (ArcMap 10.5 y AutoCAD vi 2017).

Tabla 1 Clasificación de áreas de una cuenca

Área (Km ²)	NOMBRES
< 5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

Fuente: Jiménez, Materón. 1986

Perímetro de la cuenca (P)

Es la longitud de la curva cerrada correspondiente al divortium aquarum, se expresa generalmente en Km y se determina mediante el curvímetero o cualquier software existente para estos casos (ArcMap y AutoCAD).

Ancho máximo (B_{máx})

El ancho máximo de la cuenca (B_{máx}), que generalmente pasa próximo al centro de gravedad de la misma.

Longitud del máximo recorrido (L_{máx})

La longitud del máximo recorrido (L_{máx}), es la distancia medida en toda su trayectoria del cauce principal, desde el punto de concentración hasta el punto más lejano del cauce principal.

Longitud de la cuenca (L_c)

La longitud de la cuenca, es la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta.

Ancho medio (B_m)

El ancho medio de la cuenca, está definido por la relación:

Ancho promedio de la cuenca:

$$B = \frac{A}{L_c} \quad (3)$$

Longitud al centro de gravedad (L_a) La longitud al centro de gravedad de la cuenca (L_a), que corresponde a la distancia medida en línea recta desde el punto de concentración, al baricentro de la figura geométrica que corresponde a la cuenca.

- ✓ X Centroíde.
- ✓ Y Centroíde.
- ✓ Z Centroíde.

Cota máxima (Zmáx).

La Cota máxima (Zmáx), es la altitud medida desde en nivel del mar hasta el punto más alto de la cuenca, es decir hasta la cabecera de cuenca.

Cota mínima (Zmín).

La Cota mínima (Zmín), es la altitud medida desde en nivel del mar hasta el punto de salida del cauce principal de la cuenca, es decir hasta el punto emisor de la cuenca. (Represa gallito ciego).

Longitud del cauce principal (Lcp)

La longitud del cauce principal (Lcp), es la distancia medida en línea recta desde el punto de concentración hasta la proyección del punto más lejano del cauce principal.

B). PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

Según (Alonso et al., 1981).

Dada la importancia de la configuración de las cuencas, se trata de cuantificar parámetros por medio de índices o coeficientes, los cuales relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento (hidrogramas).

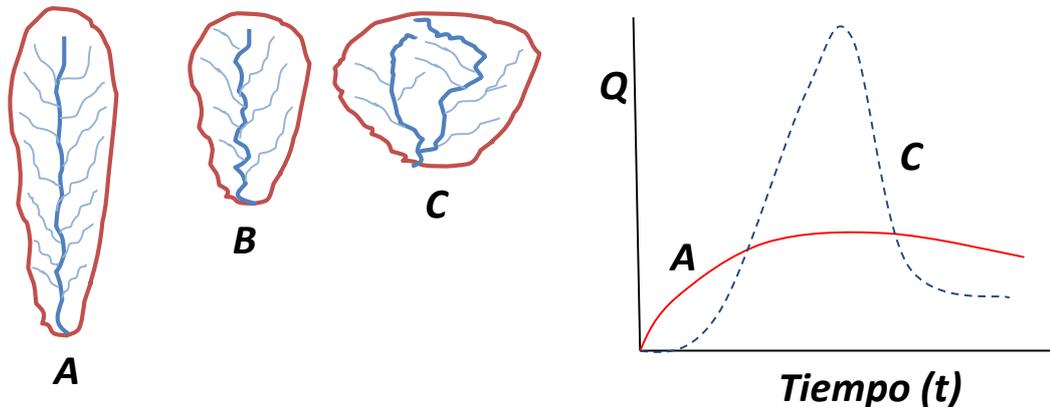


Figura 2 Formas de las Cuencas y su comportamiento hidrológico (hidrograma).

En general, los escurrimientos de una cuenca de forma casi circular serán diferentes a los de otra, estrecha y alargada, aunque tengan la misma área.

Coefficiente o Índice de Compacidad (Kc)

Llamado también coeficiente de compactación o índice de Gravelius, mide el grado de circularidad de la cuenca y tiene gran influencia en el tiempo de concentración o de equilibrio del área receptora-colectora. Matemáticamente, se expresa como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro πD de un círculo equivalente de igual área que el de la cuenca.

$$K_c = \frac{P}{\pi D} = \frac{P}{2\pi\sqrt{A/\pi}} = 0.2821PA^{-1/2} \quad (4)$$

Donde:

- K_c = Coeficiente de compacidad
- P = Perímetro de la cuenca
- D = Diámetro del círculo equivalente
- A = Área de la cuenca

De lo cual se deduce que los valores de Kc son siempre mayores que la unidad; cuanto más se acerquen a la unidad la cuenca tiende a un tipo de geometría casi redonda, mientras que si más se apartan de la unidad la forma tiende a una rectangular-oblonga (muy alargada).

Si $k_c = 1$ la cuenca es de forma circular. Este coeficiente nos dará luces sobre la escorrentía y la forma del hidrograma resultante de una determinada lluvia caída sobre la cuenca.

Si: $k_c \approx 1$ cuenca regular, si $k_c \neq 1$ cuenca irregular; (cuando k_c grande, menos susceptible a inundaciones).

Longitud de Máximo Recorrido (Lcp)

Es la longitud de la línea, medida sobre el cauce principal, entre el punto de efluencia y un punto sobre la divisoria de aguas que sea de máxima distancia.

Factor de Forma (Ff)

Fue definido por Horton, como el cociente entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud del cauce principal:

$$Ff = \frac{B_m}{L_{cp}} \quad (5)$$

Dónde:

Ff = factor de forma.

B_m = Ancho Promedio de la cuenca, (Km)

L_{cp} = Longitud del cauce principal (medida en línea recta).

Remplazando se tiene.

Ancho promedio de la cuenca: $B = \frac{A}{L_{cp}}$

$$Ff = \frac{A}{L_{cp}^2} \quad (6)$$

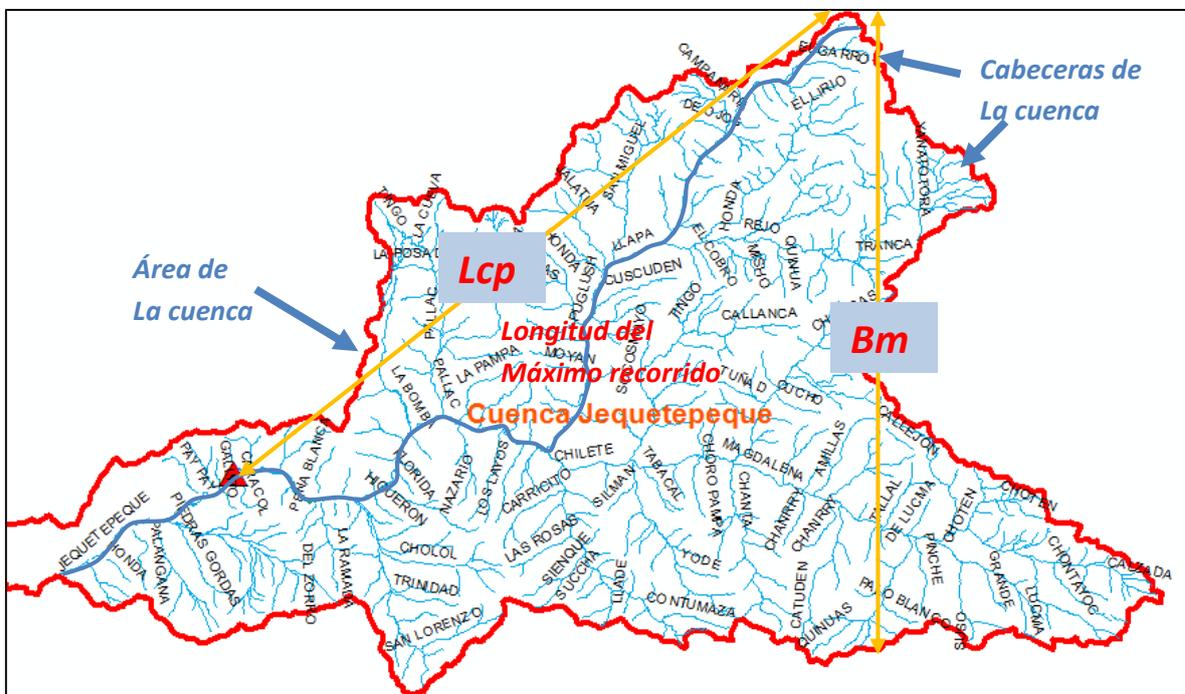


Figura 3 Modelo Componentes del factor de forma de una cuenca.

Dónde:

B = Ancho Promedio de la cuenca, (Km)

A = Área de la cuenca, (Km²)

Lcp = Longitud de la cuenca, que se define como la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta.

Tabla 2 Resumen de índices y coeficientes de forma para clasificación de cuencas.

PARÁMETRO	ECUACIÓN	INTERPRETACIÓN
Índice compacidad KC	$KC = 0,28x \left[\frac{P}{\sqrt{A}} \right]$	KC 1,00-1,25: Cuenca redonda a oval redonda. KC 1,25-1,50: Cuenca de oval redonda a oval oblonga. KC 1,50-1,75: Cuenca oval oblonga a rectangular oblonga.
Factor de forma F	$F = \frac{A}{L^2}$	F > 1: Cuenca achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas. F < 1: Cuenca alargada, baja susceptibilidad a las avenidas.
Índice de alargamiento l_a	$l_a = \frac{L_m}{l}$	$l_a > 1$: Cuenca alargada. $l_a \approx 1$: Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto.
Índice asimétrico I_{as}	$I_{as} = \frac{A_{may}}{A_{men}}$	$I_{as} > 1$: cauce principal bastante recargado a una de las vertientes. $I_{as} \approx 1$: Distribución uniforme del Cauce principal.

Fuente: Gavilán, G.s.f.

Coefficiente de forma (Kf)

Es la relación entre la anchura media (Bm) de la cuenca y la longitud media de la cuenca (Lmc).

$$k_f = \frac{Bm}{Lmc} \quad (7)$$

Relación de Elongación (Re)

Definido por Schumm, es la relación entre el diámetro de un círculo (D) de área igual a la cuenca y la longitud de la cuenca (Lc).

$$R_e = \frac{D}{L_c} \quad (8)$$

Expresando el diámetro en función del área de la cuenca (A) queda:

$$R_e = 1.1284 \frac{\sqrt{A}}{L_c} \quad (9)$$

Si Re varía entre 0.60 y 1.00 cuenca con amplia variedad de climas y geologías. Además está fuertemente correlacionado con el relieve de la cuenca, de manera que valores cercanos a la unidad son típicos de regiones con relieve bajo, en cambio donde Re que varía de 0.60 a 0.80 está asociado a fuertes relieves y pendientes pronunciadas del terreno (Campos, 1998).

Relación de Circularidad (Rci)

Relación de circularidad (Rci), denominado también como radio de circularidad, es el cociente entre el área de la cuenca (A) y la del círculo cuyo perímetro (P) es igual al de la cuenca.

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (10)$$

Dónde:

Rci = Relación de circularidad

A = Área de la cuenca, (Km²)

P = Perímetro de la cuenca.

Cuando Rci=1, la cuenca es circular y se Rci=0.785, la cuenca es cuadrada.

PARÁMETROS DE RELIEVE

Según (Cahuana, 2009)

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca, su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión; mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

La pendiente media de una cuenca se emita con base en un plano topográfico que contenga curvas de nivel con igual desnivel entre ellas, empleando alguno de los métodos como el de Nash, Alvord y el de Horton.

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca, afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes, existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos, estas cuencas se conocen como torrenciales, igual, los ríos que las drenan.

Pendiente de la cuenca (Sc%)

La pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces.

Pendiente de la cuenca por criterio de R.E. Horton

La aplicación del método se inicia con el trazado de una cuadrícula sobre la proyección planimetría de la cuenca, en el sentido del cauce principal.

Si la cuenca tiene una superficie inferior a los 250 km el trazado llevará al menos cuatro (4) cuadros por lado de igual dimensión. Para cuencas de superficie mayor; deberá aumentarse el número de cuadrados por lado.

Después de trazar la cuadrícula, como se muestra en la figura, se mide las longitudes de las líneas dentro de la cuenca y se cuantifican las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

Se debe verificar que el plano topográfico contenga las curvas de nivel con igual desnivel entre ellas. Horton, para estimar la pendiente media de la cuenca S_m , propone la siguiente expresión.

Consiste en trazar una malla de cuadrados sobre la proyección horizontal de la cuenca orientándola según la dirección de la corriente principal. Si se trata de una cuenca pequeña, la malla llevará al menos cuatro cuadros por lado, pero si se trata de una superficie mayor, deberá aumentarse el número de cuadros por lado, ya que la precisión del cálculo depende de ello. Una vez construida la malla en un esquema similar al que se muestra en la Figura, se miden las longitudes de las líneas de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

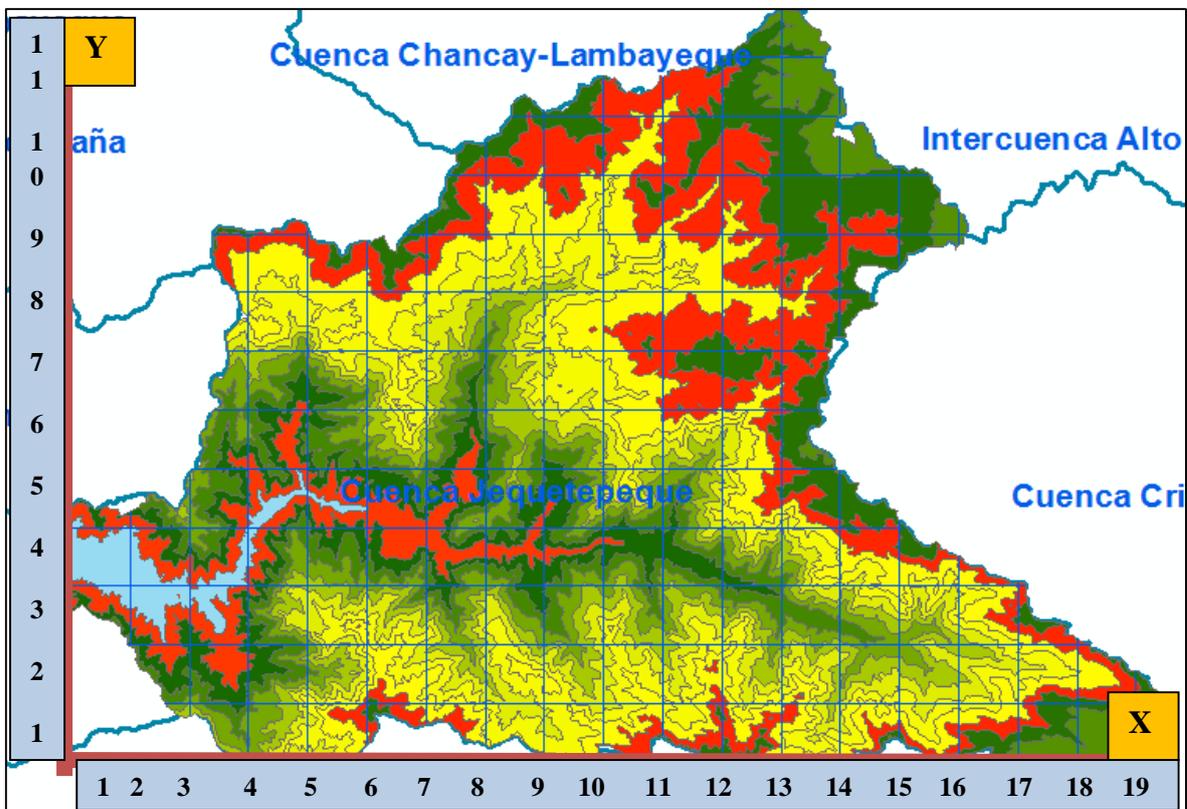


Figura 4 Pendiente de la Cuencas (Criterio de Horton)

La pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se calcula así:

$$S_m = \frac{N \times D \times \text{Sec}\theta}{L} \quad (11)$$

$$N = N_x + N_y \quad (12)$$

$$L = L_x + L_y \quad (13)$$

Donde:

S_m : Pendiente de la cuenca.

D : Diferencia de nivel entre las curvas del nivel plano topográfico expresado en (km).

L_x : Longitud total de las líneas de la cuadrícula en la dirección X dentro de la cuenca (Km 0 m).

L_y : Longitud total de las líneas de la cuadrícula en la dirección Y dentro de la cuenca (Km 0 m).

N_x : Número total de intersecciones y tangencias de la cuadrícula en la dirección X con curvas de nivel.

N_y : Número total de intersecciones y tangencias de la cuadrícula en la dirección Y con curvas de nivel.

θ : Ángulo entre las líneas de la cuadrícula y las curvas de nivel.

Debido a la laboriosidad requerida para estimar el término $Sec\theta$ de cada intersección, Horton sugiere utilizar un valor de 1,57. En la práctica se acepta también el promedio aritmético de S_x y S_y como valor de la pendiente de la cuenta.

Dónde:

$$\text{Promedio aritmético:} \quad S_c = \frac{S_x + S_y}{2} \quad (14)$$

$$\text{Promedio geométrico:} \quad S_c = \sqrt{S_x S_y} \quad (15)$$

Clasificación de Pendientes en una cuenca

El valor de la pendiente permite clasificar el relieve o topografía del terreno según la tabla.

Tabla 3 Clasificación de pendiente de una cuenca

PENDIENTE MEDIA (%)	TIPO DE RELIEVE.	SÍMBOLO
0-3	Plano	P1
3-7	Suave	P2
7-12	Medianamente Accidentado	P3
12-20	Accidentado	P4
20-35	Fuertemente Accidentado	P5
35-50	Muy Fuertemente Accidentado	P6
50-75	Escarpado	P7
>75	Muy Escarpado	P8

Fuente: Ortiz 2004

PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA

Según (Cahuana, 2009)

Los cursos naturales de agua de una cuenca se diferencian según su longitud e importancia en tres categorías: ríos, quebradas y arroyos. Los ríos principales desembocan en el mar o en un lago; en ellos (ríos principales) descargan a su vez otros ríos afluentes. De los ríos principales y de sus afluentes son a su vez tributarios los arroyos y quebradas.

En general, se llama río a una corriente de agua continua, más o menos caudalosa, que va a desembocar a otra corriente o en el mar. A veces hay necesidad de dividir el curso del río en varios tramos: el arroyo original, que llega hasta recibir el primer afluente; el curso superior, que suele ofrecer al igual que el arroyo notable pendientes; el curso medio, de pendiente moderada y; curso inferior, de escasa pendiente. A medida que desciende un curso principal va disminuyendo su capacidad erosiva y de transporte de sedimentos.

De acuerdo al régimen de caudales, los ríos pueden ser: ríos de alta montaña, ríos de media altura y ríos de llanura. El gasto de los primeros depende de la temperatura (deshielos); el de

los segundos, de la temperatura y de las precipitaciones; y el de los terceros, sólo de las precipitaciones.

El estudio de la fisiografía de la red hidrográfica es importante para el estudio de los escurrimientos, sobre todo, cuando no se dispone de información cuantitativa de los factores hidrometeorológicos. La geometría de la red hidrográfica corresponde a la distribución o arreglo geométrico de los tributarios que lo conforman, constituyendo junto con la familia de líneas de isoaltitudes el patrón de flujo superficial a nivel macro.

El arreglo o distribución de los ríos, quebradas y arroyos de los sistemas fluviales que se han venido formando a través de los años en la corteza terrestre se estudian mediante índices numéricos. Los parámetros geomorfológicos o índices que describen la fisiografía de la red de drenaje de la cuenca son los que se describen a continuación.

Número de Orden

Se llama así al mayor de los números que se asigna a los cursos naturales de un sistema hidrográfico de una cuenca, desde la unidad (uno) asignada al curso elemental sin afluentes, hasta el máximo número del curso principal efluente siguiendo cierta regla de categorización. El número de orden de la red hidrográfica de una cuenca tiene relación estrecha con el número de ramificaciones o densidad de drenaje del sistema. Pues, a mayor número de orden, la capacidad o potencialidad erosiva y de transporte de sedimentos, así como la componente de escorrentía son mayores que en otra cuenca de similar área. Mientras mayor sea el número asignado a un curso natural, mayor será su categoría y mayor su importancia en la contribución hídrica de la red.

Existen dos criterios para determinar el número de orden de una red de drenaje natural: criterio de Schumm, Criterio de Horton.

Criterio de Schumm. Bajo este criterio, se asigna el orden número 1 a los cauces naturales elementales que no tienen tributarios; el cauce de segundo orden se forma de la unión de dos afluentes de primer orden; en la confluencia de dos de segundo orden, empieza uno de tercer orden y así sucesivamente, hasta llegar al orden de la cuenca. En general, la unión de dos cauces de igual orden origina un cauce de orden inmediatamente superior y dos de diferente orden originan un cauce de igual orden que el mayor. El río principal de la cuenca tiene el orden más elevado, conocido también como orden de la cuenca.

Criterio de Horton. Mediante este criterio, no pueden existir confluencias de dos cursos de primer orden; uno de ellos debe ser afluente del otro, y por tanto de menor categoría, siendo el receptor en consecuencia de categoría 2.

Se llama escurrimiento de primer orden a aquel que carece de tributarios, es decir, al cauce elemental que es base del escurrimiento concentrado. Un cauce es de segundo orden si recibe cuando menos uno o varios tributarios de primer orden; y es de tercer orden cuando confluyen uno o varios afluentes de segundo orden, pudiendo recibir directamente afluentes de primer orden y así sucesivamente hasta el orden más elevado correspondiente al cauce o corriente principal de la cuenca. El problema de este criterio es el de establecer cuál es la prolongación del brazo principal y cual el tributario elemental en el sitio de la primera confluencia. Para salvar esta dificultad se establece que “el brazo tributario es aquel que forma el ángulo más grande con la dirección del cauce principal respecto al punto de confluencia”. Si dos afluentes hacen el mismo ángulo, se escoge como tributario el brazo más corto.

Leyes de Horton

Primera Ley: Relación de Confluencias

Para una cuenca determinada, el número de ríos de cada orden, forma una serie geométrica inversa cuyo primer término es la unidad y la razón es la relación de confluencias. La relación de confluencias se obtiene dividiendo el número total de ríos de cierto orden por el número total de ríos de orden inmediatamente superior.

$$r_c = \frac{n_i}{n_{i+1}} \quad (16)$$

$$N_r = \frac{r_c * N - 1}{r_c - 1} \quad (17)$$

r_c = relación de confluencias (parámetro adimensional)

N_r = número total de ríos

N = orden de la cuenca o del cauce principal

n_i = número total de cursos i

n_{i+1} = número de cursos de orden inmediatamente superior, $i + 1$

La relación de confluencias promedio es el valor representativo de la cuenca y es un indicador de la potencialidad erosiva y de la rapidez de escurrimiento superficial. A mayor valor, **mayor capacidad de erosión y de escurrimiento superficial**.

Pendiente del cauce principal (Sm)

Se pueden definir varias pendientes del cauce principal, la pendiente media, la pendiente media ponderada y la pendiente equivalente.

La pendiente media (Sm): relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, $Z_{m\acute{a}x}$ menos cota mínima, $Z_{m\acute{i}n}$) y la longitud del mismo, L (Figura 5).

$$S_m = (Z_{max} - Z_{min})/L \tag{18}$$

La pendiente media ponderada (Smp): pendiente de la hipotenusa de un triángulo cuyo vértice se encuentra en el punto de salida de la cuenca y cuya área es igual a la comprendida por el perfil longitudinal del río hasta la cota mínima del cauce principal, como se indica en la Figura 7.

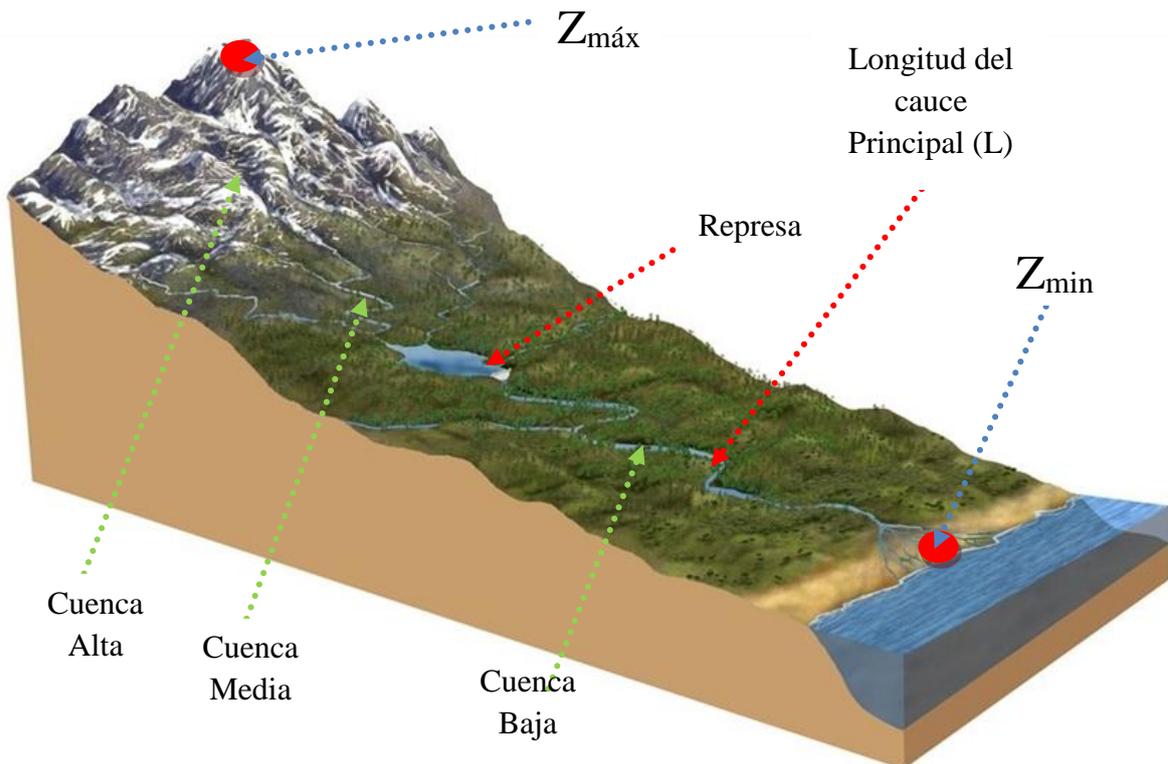


Figura 5 Pendiente media ponderada de un cauce.

Clasificación de pendiente en el cauce Principal

La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos. De acuerdo al valor de la pendiente, se puede clasificar la topografía del terreno de la siguiente manera (propuesto por R.Heras):

Tabla 4 Clasificación de pendiente en el cauce principal

Pendiente (%)	Tipo de terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Fuente: R Heras

2.2.2. SISTEMA HIDROLÓGICO

2.2.2.1. EL CICLO HIDROLÓGICO

Se denomina Ciclo Hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea. Sobre esta definición tan simple podemos realizar algunas observaciones:

- 1) No es tan simple como “El agua se evapora en el océano y precipita sobre los continentes”. Vemos en la figura adjunta que en ambos medios se produce evaporación y precipitación, aunque es cierto que la evaporación predomina en el océano y la precipitación en lo continentes.
- 2) la escorrentía subterránea es mucho más lenta que la superficial. La lentitud (a veces inmovilidad) de la escorrentía subterránea confiere al ciclo algunas características fundamentales, como que los ríos continúen con caudal mucho tiempo después de las últimas precipitaciones.
- 3) Las aguas subterráneas no son más que una de las fases o etapas del ciclo del agua, no tienen ningún misterioso origen magmático o profundo. A veces se olvida esta obviedad y

se explotan las aguas de una región como si nada tuviera que ver con las precipitaciones o la escorrentía superficial, con resultados indeseables.

Una excepción: Existen efectivamente urgencias de aguas que proceden del interior de la Tierra y nunca han estado en la superficie ni formado parte del Ciclo Hidrológico. Pueden denominarse *aguas juveniles* y se trata de casos verdaderamente excepcionales. Las aguas termales, sulfuradas, etc. de los balnearios se demuestra mediante estudios isotópicos que son aguas meteóricas en la mayoría de los casos.

Las *aguas fósiles* o *congénitas* son aquellas que quedaron atrapadas en la formación de un sedimento.

Otras aguas subterráneas que parecen ajenas al ciclo son las que aparecen en regiones desérticas. Son aguas que se infiltraron hace decenas de miles de años cuando esas mismas zonas desérticas no eran tales. Tanto estas como las aguas fósiles pertenecen al Ciclo Hidrológico, pero han estado apartadas de él durante un periodo muy prolongado.

2.2.2.2. Fases del ciclo

Como se trata de un ciclo podríamos considerar todas sus fases comenzando desde cualquier punto, pero lo más intuitivo puede ser comenzar en la Precipitación y considerar qué caminos puede seguir el agua que cae sobre los continentes en las precipitaciones:

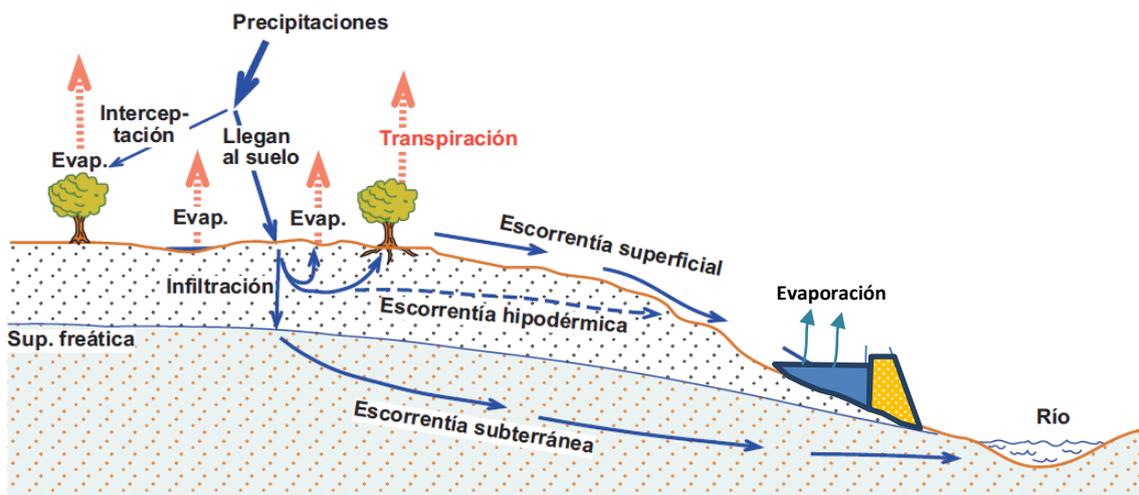


Figura 6 Ciclo hidrológico de una Cuenca.

- a) **Evaporación.** Una parte se evapora desde la superficie del suelo (“charcos”) o si ha quedado retenida sobre las hojas de los árboles. A este último fenómeno se le denomina

“**intercepción**”, y en lluvias de corta duración sobre zonas de bosque puede devolver a la atmósfera una gran parte del agua precipitada sin haber tocado el suelo.

b) **Infiltración**. El agua infiltrada puede, a su vez, seguir estos caminos:

b1) **Evaporación**. Se evapora desde el suelo húmedo, sin relación con la posible vegetación.

b2) **Transpiración**. Las raíces de las plantas absorben el agua infiltrada en el suelo, una pequeña parte es retenida para su crecimiento y la mayor parte es transpirada.

La suma de b1) y b2) se estudia conjuntamente: es la **evapotranspiración**

b3) **Escorrentía subsuperficial o hipodérmica**, (“interflow”), que tras un corto recorrido lateral antes de llegar a la superficie freática acaba saliendo a la superficie

b4) Si no es evaporada ni atrapada por las raíces, la gravedad continuará llevándola hacia abajo, hasta la superficie freática; allí aún puede ser atrapada por las raíces de las plantas “freatofitas” (chopos, álamos,...), de raíces muy profundas, y que a diferencia de otras plantas, buscan el agua del medio saturado.

b5) Finalmente, el agua restante da lugar a la **escorrentía subterránea**.

c) **Escorrentía superficial**. El agua de las precipitaciones que no es evaporada ni infiltrada, escurre superficialmente. Aún le pueden suceder varias cosas:

c1) Parte es evaporada: desde la superficie de ríos, lagos y embalses también se evapora una pequeña parte

c2) Otra parte puede quedar retenida como nieve o hielo o en lagos o embalses. (“Escorrentía superficial diferida”)

c3) Finalmente una parte importante es la escorrentía superficial rápida que sigue su camino hacia el mar.

En resumen, hemos visto que el agua precipitada puede:

- sufrir Evaporación y Evapotranspiración (a, b1, b2, b4, c1)
- escurrir superficialmente
- constituir escorrentía subterránea.

Otros conceptos fundamentales son:

Escorrentía Directa, la que llega a los cauces superficiales en un periodo de tiempo corto tras la precipitación, y que normalmente engloba la escorrentía superficial (c3) y la subsuperficial (b3). Son imposibles de distinguir: una gran parte de lo que parece

Escorrentía superficial (por el aumento de los caudales que sigue a las precipitaciones) ha estado infiltrada su superficialmente.

Escorrentía Básica, la que alimenta los cauces superficiales en los estiajes, durante los periodos sin precipitaciones, concepto que engloba la Escorrentía Subterránea (b5) y la superficial diferida (c2)

Salidas del agua subterránea

Ya hemos visto cómo continúan su camino el agua evaporada y la escurrida superficialmente. Para continuar con la visión del ciclo, nos queda sólo reseñar cómo lo hace el agua subterránea, la escorrentía subterránea.

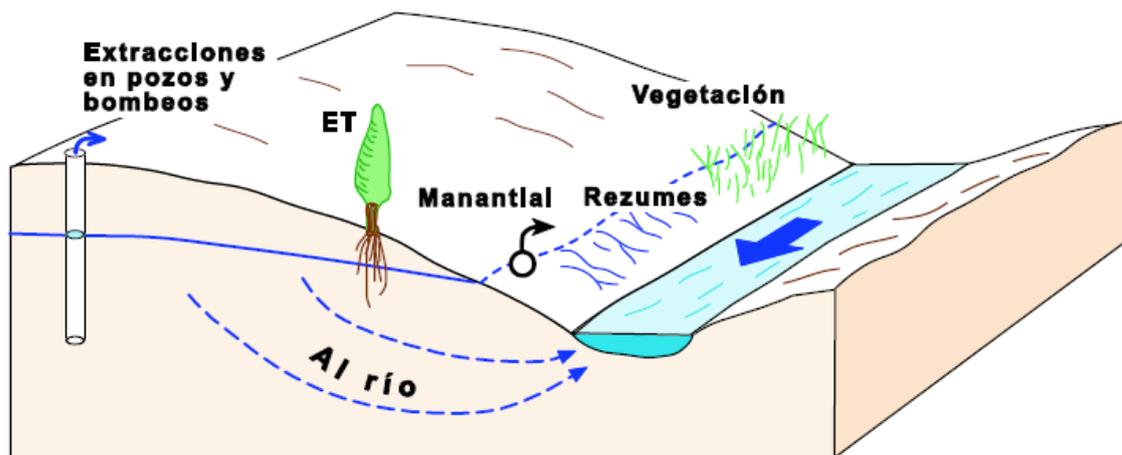


Figura 7 Representación de las salidas del agua subterránea.

Fuente: (Sánchez y otros, 2015)

El agua que ha llegado a la zona saturada circulará por el acuífero siguiendo los gradientes hidráulicos regionales. Hasta que sale al exterior o es extraído su recorrido puede ser de unos metros o de bastantes kilómetros, durante un periodo de unos meses o de miles de años. Esta salida al exterior puede ser por los siguientes caminos:

- ✓ Ser extraído artificialmente, mediante **pozos o sondeos**. En zonas de topografía plana y superficie freática profunda, la extracción por captaciones constituye casi la única salida del agua subterránea.
- ✓ Salir al exterior como **manantial**. Los contextos hidrogeológicos que dan lugar a un manantial son variados, en figura adjunta se esquematiza sólo uno de ellos
- ✓ **Evapotranspiración**, por plantas freatofitas o si la superficie freática está próxima a la superficie. En laderas que cortan la superficie freática se genera una abundante vegetación.
- ✓ **Alimentar un cauce** subrepticamente. Es normal que un río aumente paulatinamente su caudal aguas abajo aunque no reciba afluentes superficiales.

2.2.2.3. BALANCE HÍDRICO EN UNA CUENCA

Como define (Sánchez, 2005, p1-6). **Cuenca Hidrográfica** es la definida por la topografía, fácilmente delimitable sobre un mapa topográfico. **Cuenca hidrogeológica** es un concepto que engloba también a las aguas subterráneas. Una cuenca hidrográfica constituirá también una cuenca hidrogeológica cuando no existan trasvases apreciables de aguas subterráneas de una cuenca a otra, es decir, que podamos considerar que las divisorias topográficas que dividen a la escorrentía superficial constituyen también divisorias de la escorrentía subterránea entre cuencas adyacentes. Esto se cumple en general para cuencas grandes de más de 1000 o 2000 km². Para cuencas pequeñas habría que considerar la hidrogeología de la zona con cuidado

Cuando hace tiempo que no se producen precipitaciones, un río puede continuar llevando agua por las siguientes razones:

- ✓ Nieve o hielo que se están fundiendo.
- ✓ Almacenamiento superficial: lagos, embalses
- ✓ Almacenamiento subterráneo: Acuíferos

Para simplificar, pensemos en una cuenca sin las dos primeras causas, representada en el esquema adjunto. Antes de producirse las precipitaciones, el caudal se iba agotando paulatinamente hasta que, en el mismo instante que comienza la precipitación, el caudal comienza a aumentar. En el instante **t₁** todo el caudal es debido a escorrentía básica (en este caso, escorrentía subterránea). En el instante **t₂**, parte del caudal (líneas continuas) será debido a la escorrentía básica, y otra parte (área de trazos) será debida a la escorrentía directa

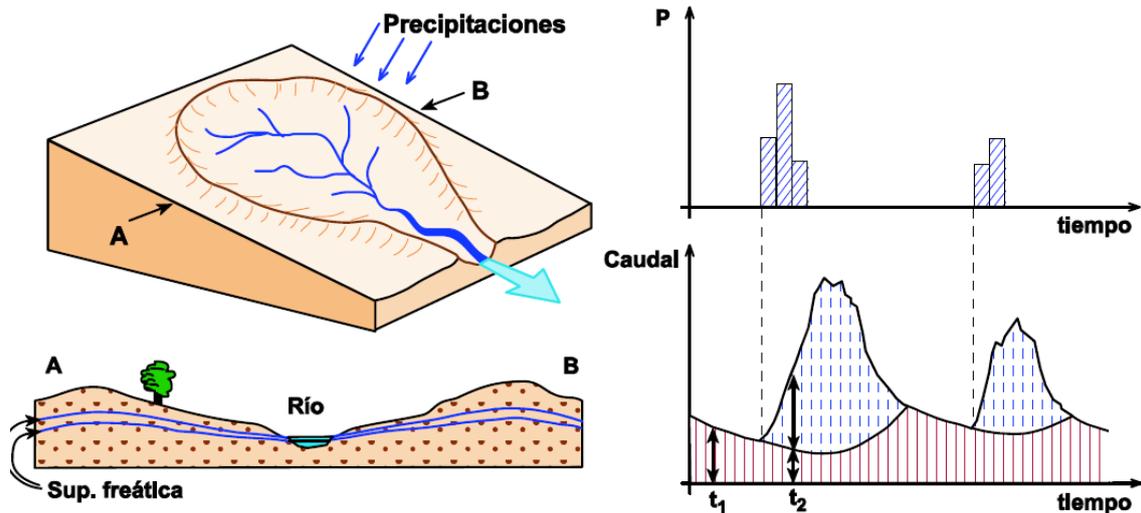


Figura 8 Representación esquemática general del balance en una cuenca

Fuente: (Sánchez y otros, 2015)

Con las mismas precipitaciones, el hidrograma resultante será distinto según se trate de una cuenca permeable con importantes acuíferos, o de una cuenca impermeable, sin acuíferos.

Vemos, por tanto, que el conjunto de acuíferos de una cuenca se comportan realmente como un “embalse subterráneo”, ya que guardan el agua cuando hay exceso y la sueltan lentamente cuando no hay precipitaciones.

Por tanto, si consideramos una cuenca hidrogeológicamente cerrada, y un periodo de varios años, *el volumen total de Precipitaciones no evapotranspiradas ha de ser igual a la aportación (volumen aportado) del río en la desembocadura durante ese mismo periodo.* Efectivamente, para un periodo largo estamos integrando la escorrentía superficial y la subterránea que alimentó al cauce en los periodos de estiaje.

Para un **año hidrológico** (1 Oct-30 Sept) el **balance hídrico** sería:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} \pm \Delta \text{almacenamiento}$$

$$\text{Precip (cuencas)} = ET + \text{Esc. Sup} + \text{Esc Subt (cuencas)} \pm \Delta \text{almac.}$$

Si es una cuenca cerrada:

$$\text{Precip} = ET + \text{Esc. Sup} + \text{Esc Subt} \pm \Delta \text{almac.}$$

Si, además es para un periodo de más de 20 años:

$$\text{Precip} = ET + \text{Esc. Sup} + \text{Esc Subt}$$

Parece muy simple, pero para conocer el funcionamiento de una cuenca como unidad hidrogeológica es necesario cuantificar su balance hídrico. Como término medio, para toda la cuenca.

También se establece el **balance hídrico de un acuífero** concreto o de un “*sistema acuífero*” (=conjunto de acuíferos que se consideran conjuntamente). La ecuación general (Entradas = Salidas $\pm \Delta$ almacenamiento) es la misma que para la cuenca como unidad, pero en un acuífero hay que considerar entradas y salidas desde y hacia otros acuíferos, infiltración o recarga artificial, bombeo, salida hacia los cauces o el mar, etc.

Se plantea la ecuación más aproximada de balance hídrico (ec. 30):

La ecuación de balance hídrico sobre el terreno será:

$$P + R_1 - R_2 + R_g - E_s - T_s - I = \Delta S \quad (19)$$

La ecuación de balance hídrico bajo el terreno será:

$$I + G_1 - G_2 - R_g - E_g - T_g = \Delta S_g \quad (20)$$

Dónde:

P = precipitación

E = evaporación

T = transpiración

R = escurrimiento superficial

I = infiltración

G = escurrimiento subterráneo

S = término referido al almacenamiento.

Los subíndices s, g denotan componentes de la ecuación generados en la superficie del terreno y en su interior respectivamente. Y los subíndices 1 y 2 denotan inicial y final respectivamente.

Finalmente, para toda la cuenca, el balance hídrico general sería:

$$P - (R_2 - R_1) - (E_s + E_g) - (T_s + T_g) - (G_2 - G_1) = \Delta(S_s + S_g) \quad (21)$$

$$P - R - E - T - G = \Delta S \quad (22)$$

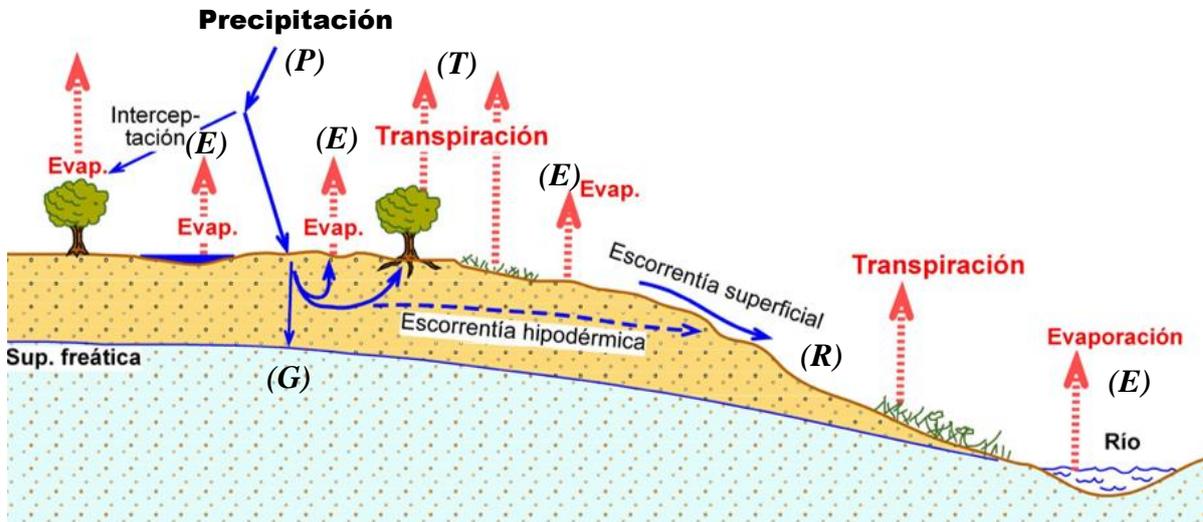


Figura 9 Componentes de un balance hídrico en una cuenca

Fuente: (Sánchez y otros, 2015)

2.2.3. FACTORES CLIMÁTICOS

Precipitación: es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo. (También rocío y escarcha que en algunas regiones constituyen una parte pequeña pero apreciable de la precipitación total)

En relación a su origen, pueden distinguirse los siguientes tipos:

- **Las ciclónicas** son las provocadas por los frentes asociados a una borrasca o ciclón. La mayor parte del volumen de precipitación recogido en una cuenca se debe a este tipo de precipitaciones.
- **Las de convección** se producen por el ascenso de bolsas de aire caliente; son las tormentas de verano.
- **Las precipitaciones orográficas** se presentan cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrar una barrera montañosa.

El estudio de las precipitaciones es básico dentro de cualquier estudio hidrológico regional, para cuantificar los recursos hídricos, puesto que constituyen la principal (en

general la única) entrada de agua a una cuenca. También es fundamental en la previsión de avenidas, diseño de obras públicas, estudios de erosión, etc.

Intensidad de precipitación es igual a precipitación/tiempo.

Medida. Unidades

Podemos cuantificar las precipitaciones caídas en un punto mediante cualquier recipiente de paredes rectas, midiendo después la lámina de agua recogida. La *unidad de medida es el milímetro*:

$$(1mm) = 1 \text{ litros} / m^2$$

Tan utilizada en los medios de comunicación es equivalente al *mm*. Un litro repartido por una superficie de $1 m^2$ origina una lámina de agua de 1 mm. Es obvio que el tamaño del recipiente de medida no influye en el espesor de la lámina de agua recogida.

La intensidad de precipitación, aunque conceptualmente se refiere a un instante, suele expresarse en *mm/hora*.

- ***Pluviómetros***: Para poder leer con más precisión el agua recogida ($\pm 0,1$ mm) un pluviómetro recoge el agua en una bureta de sección menor a la de la boca del pluviómetro. La lectura del agua recogida se efectúa una vez al día. En realidad, sí se aprecian pequeñísimas variaciones dependiendo del tamaño del recipiente, y también de la altura desde el suelo, por lo que cada país fija estos parámetros: la boca del pluviómetro es de 200 cm^2 y debe estar a 1,5 metros de altura sobre el suelo.
- ***Pluviógrafos***: En general, una medida al día de la precipitación puede ser suficiente, pero en muchas ocasiones necesitamos un registro continuo del fenómeno; por ejemplo, si en un día han caído 100mm., la avenida que se originará será muy diferente si se han registrado a lo largo de todo el día o si han caído en una hora.

Un pluviógrafo clásico funciona como un pluviómetro pero que registra la evolución de la precipitación con el tiempo, bien con tinta y papel, bien digitalmente. En algunos modelos, el pluviógrafo está dotado de un flotador que hace subir a una plumilla que registra gráficamente el llenado del recipiente a lo largo del tiempo.

Otros modelos (de “cangilones”) funcionan con dos pequeños recipientes dispuestos en forma de columpio o balancín, y que recogen alternativamente agua en uno y otro lado (Cuando un lado se llena, el peso vuelca el balancín y el agua comienza a caer en el otro lado). El agua recogida en cada vuelco equivale normalmente a 0,2 mm de precipitación. Con cualquiera de los sistemas, los aparatos más modernos registran los datos electrónicamente, no se dibujan sino que son grabados en un ordenador, o los comunican instantáneamente a una oficina central (por ejemplo, para previsión de avenidas).

El gráfico obtenido directamente con la plumilla o representando los datos digitales, se denomina **pluviograma**, y refleja la precipitación acumulada en función del tiempo. La pendiente del gráfico obtenido en el pluviógrafo nos permite calcular la intensidad de precipitación en cada momento.

- **Redes pluviométricas.** Generalmente se utilizan datos pluviométricos recogidos por el organismo estatal o regional correspondiente. Cada país dispone de una red de pluviómetros y son estos datos los que se utilizan para cualquier estudio; raramente se instalan algunos para una investigación concreta. Una red de pluviómetros debe estar adecuadamente diseñada, dependiendo del relieve, de la densidad de población, del interés para obras hidráulicas, previsión de avenidas, etc. Como primera aproximación, en zonas llanas puede bastar con un pluviómetro cada 250 km², pero en zonas de montaña la densidad debe ser mayor.

Método de las isoyetas:

Es el método más preciso de todos en vista de que toma en cuenta el aspecto topográfico o de relieve. Consiste en construir un plano de isoyetas de manera similar a cuando se construye un plano topográfico a curvas de nivel, sólo que en este caso se trabaja con láminas de precipitación de cada Estación en vez de cotas o altitudes. El procedimiento es como sigue.

- i. En el plano de la cuenca, a escala adecuada, se ubican puntualmente las Estaciones con la lámina de precipitación al grado de recurrencia que exige el proyecto en materia de disponibilidades, para lo cual previamente deben elaborarse las curvas de persistencia o de recurrencia.
- ii. Se unen los puntos de igual precipitación (isoyetas), procediéndose de modo análogo que para la elaboración de un plano o mapa a curvas de nivel. Previamente debe fijarse la equidistancia entre isoyetas, la misma que dependerá - tratándose de isoyetas anuales - de si se trata de periodo húmedo, normal o seco. Las isoyetas pueden ser anuales o mensuales, según que el periodo básico de análisis, sea mes o año.
- iii. Si no se dispone de las suficientes Estaciones se generará información de precipitación en puntos auxiliares, empleando técnicas de análisis de regresión y correlación entre la variable precipitación versus altura, para lo cual deben realizarse las pruebas estadísticas correspondientes (prueba T del coeficiente de correlación).

Se determinan las áreas entre isoyetas consecutivas utilizando planímetro o otra técnica, luego de lo cual se estima la precipitación promedio mediante la expresión.

$$PP = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_{i-1} + P_i}{2} \right) A_i \quad (23)$$

PP = Precipitación promedio

$P_{i-1}; P_i$ = Es la precipitación entre dos isoyetas consecutivas que encierran un área A_i

n = Número de áreas entre isoyetas

2.2.4. EL AGUA COMO BIEN ECONÓMICO

Según (Loyola, 2007)

2.2.4.1. GENERALIDADES

Existe un amplio consenso sobre el hecho que la administración efectiva de los recursos hídricos esté relacionado a la consideración del agua como recurso económico; tal como se sostiene en el Documento de la Conferencia Internacional del Agua y el Ambiente, "el agua tiene valor económico en todos sus usos competitivos y debería ser reconocido como un bien económico".

El agua es un recurso finito y valorizable y que debe ser asignado según criterios de eficiencia y equidad. Además de ello, los diferentes usos del agua deben de corresponder a diferentes valores. Esto significa que el agua es, además de un bien económico, también un bien social y ambiental.

La idea de considerar al agua como un bien económico es simple. Como cualquier otro bien, el agua tiene valor para los usuarios en la medida que ellos están dispuestos a pagar por él, y la usarán siempre que los beneficios de usar un m³ adicional excedan los costos incurridos de tratar y trasladar el recurso. En este sentido, se puede observar la interacción de tres factores: **el valor del agua, el costo de uso y el costo de oportunidad**, los que varían ampliamente dependiendo de la actividad a la que se destine.

Generalmente, se ha notado que la oferta de agua para el sector urbano, es de bajo volumen, altos costos de uso (éstos hacen referencia a la financiación y operación de los sistemas de recolección, transmisión, tratamiento y distribución del agua), y bajos costos de oportunidad, que son los imputados a otros como resultado del uso del agua.

La situación es algo distinta para la irrigación, que es de alto volumen, bajos costos de uso, pero de alto costo de oportunidad por estar en competencia con el uso urbano.

Como se mencionó líneas arriba, los consumidores usarán el agua siempre que los beneficios de usar un m³ adicional excedan los costos incurridos

2.2.4.2. EL VALOR DEL AGUA

Hay una tendencia a confundir el precio del bien con su valor. Sin embargo, entre los economistas ya existe el consenso de que estos valores no son coincidentes. Así el valor hace referencia a los niveles de bienestar y/o satisfacción que los bienes producen, lo cual no es equivalente al precio del bien. Para bienes económicos normales, que son intercambiados entre compradores y vendedores, este valor puede ser medido estimando las curvas de mercado respectivo derivando a partir de ella las respectivas medidas del bienestar según (Mas – Colell et al 1996). Sin embargo, en el caso específico del agua esta forma de derivar su valor resulta complicada, ya sea porque no existe mercado para el agua o porque este es imperfecto. Para solucionar estas limitaciones diversos métodos son utilizados para la estimación del valor del agua en diferentes usos finales. Estos métodos incluyen: curvas de demanda estimadas y áreas integradas debajo de ellas; funciones de producción estimadas y simulaciones de pérdida de producto que resultarían del uso de una unidad menos de agua; costos estimados de proveer agua si la fuente existente no estuviera disponible; y preguntando a los usuarios (con preguntas cuidadosamente estructuradas de valorización contingente) en cuánto valoran el recurso.

Esta valorización resulta útil porque muestra temas importantes que tienen implicaciones para la política en el manejo del recurso, como el reconocimiento de las actividades en las que el valor del agua es alto o bajo, así como los factores y características de los usos para los que el agua se destina.

2.2.4.3. EL COSTO DEL AGUA

Existen dos tipos de costos en los que se incurre para proveer agua. El primero de ellos, el costo de uso, es el referido a la construcción y operatividad de la infraestructura necesaria para almacenar, tratar y distribuir el agua. El segundo es el costo de oportunidad, que es en el que se incurre cuando un consumidor usa el agua y por ende afecta el uso del recurso por otro. Técnicamente el costo de oportunidad es definido como el valor del agua en su mayor valor de uso alternativo.

A. Costo de uso:

En este punto es necesario definir tres conceptos. Primero está el concepto de **Costos Históricos**, que es similar al sistema de pagos por una hipoteca, donde en el caso del cobro de servicios de un reservorio, la tarifa sería lo necesario para pagar lo que se debe por la financiación de la represa. Segundo está el establecimiento de **precios por costo de**

reposición, que es el costo en que se incurriría para reemplazar el activo. El tercer concepto es el del **Costo Marginal**, descrito como el costo en el que se tendría que incurrir si se necesitara expandir la capacidad para producir una unidad (m^3) más de agua.

B. Costo de oportunidad:

Medir el costo de oportunidad del agua resulta difícil, pues requiere de un marco referencial y de un conjunto de supuestos sobre los impactos reales y las respuestas a estos. Así si una ciudad y un distrito de riego se encuentran en los extremos opuestos de un río, los costos de oportunidad generados por el consumo de agua por el usuario de mayor valor (ciudad) serán muchos menores que los incurridos por el consumo del usuario de menor valor (riego). Los costos de oportunidad se incrementan a medida que el agua en un valle se hace más densamente utilizado, y son por ende más altos en los valles áridos. La existencia e imposición de costos de oportunidad pueden dar lugar a conflictos entre los usuarios, a menos que haya mecanismos institucionales que reconozcan estos costos y aseguren su inclusión en las cuentas de los usuarios.

2.2.4.4. BALANCE DEL VALOR Y EL COSTO

Es importante señalar que existen muchas formas en las que el **costo de uso** y el de **oportunidad** pueden ser percibidos y cómo diferentes acuerdos institucionales originan que los usuarios se enfrenten a diferentes vectores de costo de uso y de oportunidad. En este aspecto, es útil definir "the Golden Standard", que es la combinación de **costos de uso y de oportunidad** que asegura que el usuario asume todos los costos económicos de la utilización del agua en sus cuentas.

En general, los sistemas públicos de irrigación a nivel mundial comparten características similares, como el hecho que han sido posibles por presiones políticas, ya que las inversiones han sido subsidiadas casi completamente por el Estado, ocasionando que los cobros al usuario no alcancen siquiera para cubrir los **costos de operación y mantenimiento**. Esta situación es típica, los usuarios pagan un monto pequeño (casi cero) por el **Costo de uso**, pero sí toman en cuenta la medida restrictiva del costo de oportunidad del recurso, que influye en la forma en que utilizan el recurso. Es así que, al subestimar el precio que se paga por el recurso, la "pérdida de peso muerto" al que se hacía referencia antes, se hace más significativa.

Briscoe 1996, ejemplifica esta situación mencionando que un aspecto relevante es el de observar los efectos de los distintos sistemas de administración del agua en la distribución

de las pérdidas entre los agricultores cuando hay recortes en la disponibilidad de agua. Para ello se utiliza el coeficiente de Gini, señalándose que sus valores serán: cero cuando las pérdidas son distribuidas igualmente a lo largo del territorio, y uno, cuando todas las pérdidas están concentradas en un sólo agricultor.

Se concluye que, cuando se consideran las magnitudes relativas del costo de uso y el costo de oportunidad para la irrigación, la situación que se presenta es casi exactamente contraria a la oferta de agua para uso urbano.

Los costos de uso para los sistemas de irrigación son mucho menores de lo que son para el caso urbano, y los costos de oportunidad son mucho más altos, relativa y absolutamente. Entonces, ignorar los costos de oportunidad es un asunto de menor importancia cuando se trata de la administración del agua para uso urbano, pero un asunto de gran importancia práctica cuando se trata de agua para riego.

2.2.4.5. DETERMINACIÓN DE LA VALORACIÓN

Una forma esquemática para la determinación de la valoración de los recursos hídricos puede basarse en el siguiente gráfico.

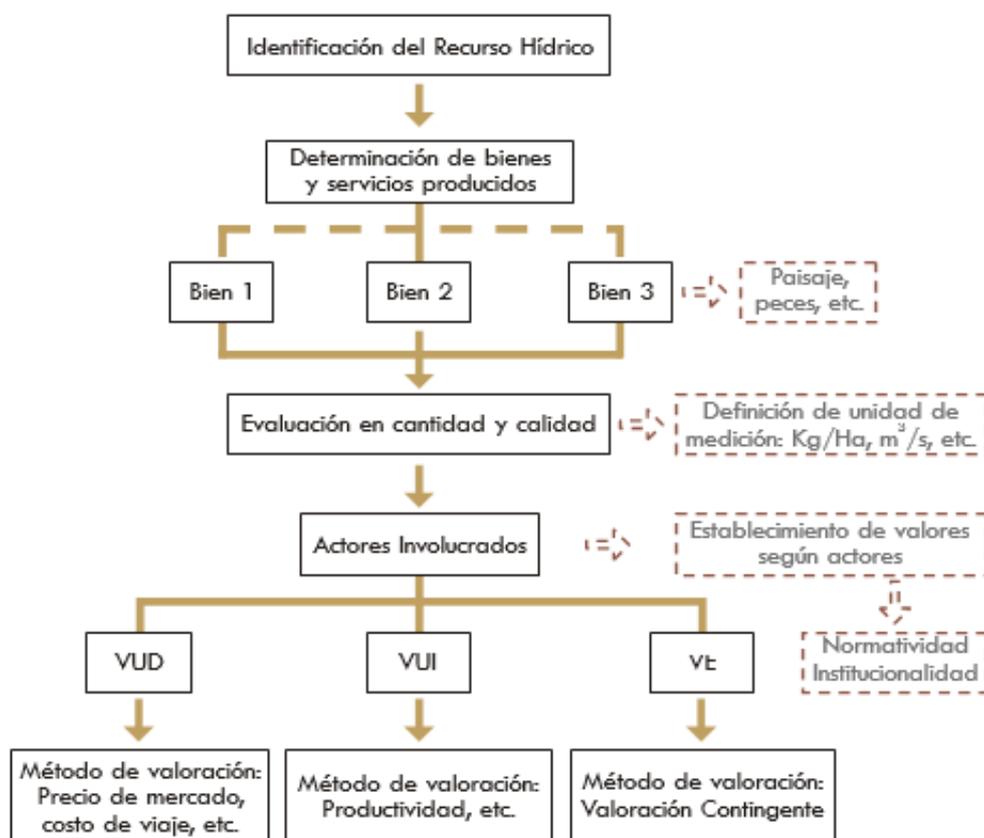


Figura 10 Identificación del recurso hídrico.

Es importante señalar que a partir de esto hay que establecer la relación entre los **bienes biológicos y físicos con los bienes económicos**. *Es decir, el pez como animal no es importante, a menos que se pueda establecer a partir de él, la utilidad que produce a las personas.*

Después de ello es necesario que se determine claramente la unidad de medida de los mismos. Eso es importante porque a partir de ella se va a poder establecer los parámetros que explicarían los beneficios, o desmejoras, que se producirían como consecuencia de su manutención o de su pérdida. A seguir se debe de identificar los actores involucrados para asignar los diferentes valores que pudieran ser afectados, los que estarán en función de la normatividad y del institucionalidad en el cual se enmarquen. Identificados estos valores se asocian a ellos los diferentes métodos para al final determinar los valores respectivos.

En estudios realizados en otros países sobre la valoración de este recurso se puede decir que según (Briscoe. 1996).

- **Valor en la agricultura irrigada.** El valor del agua para cultivos de bajo valor es reducido. Cuando usado para cultivos de alto valor esta puede ser alta y en algunos casos de similar magnitud al valor del agua para usos municipales o industriales. Esta situación ocurre tanto en países industrializados como en aquellos que no lo son.
- **Valor del agua para generación de electricidad.** Para los países desarrollados estos valores son típicamente bajos, a menudo no mayores que el valor en la agricultura irrigada, tanto en el corto como a largo plazo son igualmente bajos. En países subdesarrollados la demanda está creciendo rápidamente. Aunque la conservación de energía es importante aquí, la expansión de gran capacidad es inevitable y esencial.
- **El valor del agua para propósitos domésticos** es usualmente mayor que el valor de la mayoría de los cultivos irrigados.
- **El valor para propósitos industriales** es típicamente de igual tamaño que para los propósitos domésticos.
- **El valor para propósitos domésticos** (tales como mantenimiento de humedales, flujos de ríos) varía ampliamente, estando su valor entre la agricultura y los valores domésticos.

A manera de ilustración, se presenta la Tabla 5, la cual contiene una relación entre el valor del agua y el agua como bien intermedio, de consumo privado y proveedora de beneficios públicos. La misma sirve de introducción a la inquietud que tienen muchos de que los

valores del agua no tienen un mercado. Por lo tanto para cuantificarlos, se necesitará de métodos que se asemejan y relacionan con el mercado.

Tabla 5 Relación del valor del agua.

VALOR	USO Y NO USO DEL		
	AGUA COMO BIEN INTERMEDIO.	AGUA DE CONSUMO PRIVADO.	AGUA COMO PROVEEDOR DE BENEFICIOS PÚBLICOS.
<i>USO DIRECTO</i>	Riego Industrial Hidroelectricidad	Consumo urbano Consumo industrial	Recreación Turismo y amenidades.
<i>USO INDIRECTO</i>		Receptor de desechos Urbanos e industriales.	Hábitat para peces Hábitat para especies salvajes, endémicas y en peligro de extinción.
<i>OPCIÓN</i>	Uso futuro para Riego, industria, hidroelectricidad.	Uso futuro para Consumo privado.	Hábitat para conservación de biodiversidad.
<i>INTRÍNSECO</i> (legado y existencia)	-	-	Sitio culturales Sitios históricos

2.2.5. MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE VALORACIÓN

Según (Zegarra, 2014)

Existen diversas maneras de clasificar los distintos métodos de valoración del agua como bien económico, pero en general, esto depende de la situación específica en la que se quiere valorar el recurso, así como de la información disponible para tal fin. Como la valoración se relaciona con la existencia o no de un precio de mercado, las siguientes situaciones son el marco de referencia para una clasificación general de los métodos:

- Existe un precio o precios de mercado para el recurso.
- No existe mercado ni precios para el agua en forma directa, pero sí en forma indirecta a través de un mercado relacionado.
- No existe mercado ni precios, ni tampoco un mercado relacionado.

En cualquiera de los tres casos, pero sobre todo en el primero, es importante tener en cuenta que los «precios» pueden no reflejar completamente el **valor del agua** debido a la existencia de **externalidades o costos sociales** que no llegan a reflejarse en las transacciones de mercado. Igualmente, si el precio es administrado por una autoridad, por ejemplo, es muy posible que, como tal, no represente el verdadero valor del recurso, especialmente si el precio se fija por debajo de los costos y no existe un reconocimiento explícito de esta situación (el subsidio no es transparente). En estos casos, es posible aplicarles algunas correcciones a las estimaciones para aproximarse mejor al verdadero valor económico del recurso.

Con esta importante salvedad, pasamos a describir los **métodos de valoración existentes** en cada una de las situaciones

VALORACIÓN DEL AGUA CUANDO EXISTE UN MERCADO Y PRECIO

La existencia de mercados de agua en el mundo es rara, pero no nula. Existen países como Chile o regiones de países como el oeste de Estados Unidos donde las normas permiten el funcionamiento de mercados de derechos de agua, con diversas complejidades y mecanismos de regulación.

Mercado de derechos de agua

En un contexto de existencia de mercados de derechos de agua, se formará un precio por estos, el cual tenderá a reflejar las condiciones de **demanda y oferta**. En una primera instancia, es posible utilizar los precios formados en estos mercados para una primera aproximación al valor que le otorgan los agentes al recurso. El problema surge cuando estos mercados son muy imperfectos y están sometidos a procesos distorsionantes que limitan la formación de los precios. Las distorsiones más importantes son los costos de **transacción y las externalidades**. Estas condiciones hacen difícil que los mercados de agua operen y, cuando lo hacen, la formación de precios enfrenta importantes distorsiones que es preciso tomar en cuenta.

Agua como bien privado

La otra situación importante en la que es posible observar «transacciones» entre la **oferta y la demanda** de agua es el caso del uso doméstico con empresas monopólicas proveedoras del servicio. Se sabe que, en estos casos, el precio será generalmente un «precio administrado», es decir, fijado o regulado por una autoridad. En muchos casos, estos precios tienen un alto subsidio implícito o explícito, cuando la tarifa no cubre los costos de la prestación del servicio, o no lo hace para una parte de los usuarios.

Cualquiera sea el caso, la información sobre las tarifas y el consumo de los usuarios puede servir para estimar una función de demanda, la cual puede generar la base para hacer un estimado del **valor del agua**. En una situación en la que no hay subsidios, la función de demanda estimada dará directamente el **valor del agua** para los consumidores, y dado el precio, el excedente del consumidor que representa el valor neto, como en el gráfico siguiente

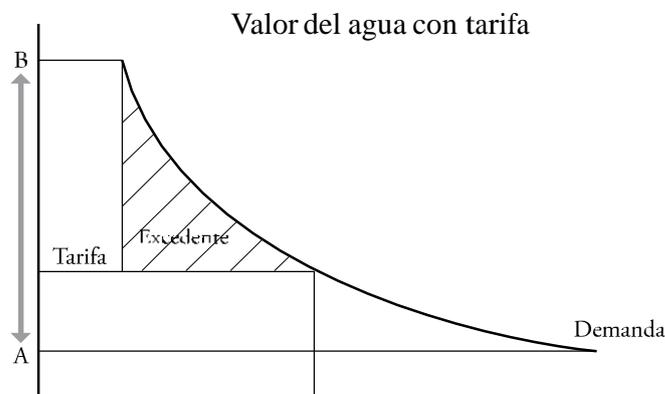


Figura 11 Valor del agua con tarifa.

Para obtener un estimado apropiado de la curva de demanda, es necesario que la tarifa cuente con variabilidad a lo largo de todo el espectro *AB*. Esta variabilidad, no obstante, rara vez es observada en un mercado de este tipo, en el que solo existe una tarifa bastante estable en el tiempo y en el espacio, aunque esto puede mejorar con un esquema de tarifas diferenciadas.

Un problema de este estimado, como ya se dijo, es que la tarifa puede estar subsidiada, con lo que se tenderá a sobreestimar el excedente y, por ende, el valor del agua. Si es posible contar con el **valor del subsidio** unitario, se podrá corregir el estimado para obtener un valor más cercano a la **realidad del valor del agua**. También es importante contar con información sobre otras variables que influyen en la demanda de agua, como el ingreso, condiciones específicas de temperatura y preferencias por género, edad y nivel sociocultural. Con información sobre estas variables, será posible estimar funciones de demanda de los servicios de agua que sirvan para los cálculos de excedente del consumidor y, por ende, del **valor del agua** en este contexto

MÉTODOS CUANDO EXISTEN MERCADOS RELACIONADOS

La segunda situación posible para la valoración del agua es cuando, sin bien no existe un mercado directamente observable, sí existen mercados relacionados con transacciones en las que el agua es uno de los elementos de la transacción. Ejemplos concretos son los mercados inmobiliarios, en los que el acceso a agua o el tipo de acceso al agua influyen en los precios de las viviendas. Aunque no hay un precio por el acceso al agua, es posible utilizar la información de las transacciones para derivar un «precio implícito» por el servicio. Este método también se conoce como *método de precios hedónicos*.

En el mercado relacionado se transan bienes que tienen diversas características, una de las cuales es el acceso al agua. Si se denota este conjunto de características por una función, se tendrá que los precios observados en el mercado estarán también en función de estas características. La función de precios se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = V(\text{agua}, Z) + e$$

Donde *P* es el precio observado en el mercado relacionado; *V(.)* es una función de precios hedónica, en la que «agua» representa una variable que identifica características relevantes del acceso al servicio, y el vector *Z* es un conjunto de otras características relevantes en el

mercado relacionado para la formación del precio. La variable e es aleatoria y refleja errores de medición no relacionados con las características de la función hedónica.

Una vez hecha la estimación de la función en anterior, es posible generar el siguiente estimado de **«precio hedónico» por el servicio o acceso al agua:**

$$\text{Precio hedónico (agua)} = \partial V(.) / \partial \text{agua}$$

El valor se puede estimar para distintos niveles de las variables Z , y es una aproximación al valor implícito que los agentes le otorgan al agua como característica relevante dentro del mercado relacionado que se analiza. Este enfoque es muy general y se puede utilizar en diversas circunstancias en las que se tiene información de un mercado que opera y dentro del cual el agua juega un rol.

Algunas de las limitaciones más importantes de este enfoque aparecen cuando el agua es una característica de baja importancia en el mercado en cuestión. Igualmente, es posible que los propios agentes no estén valorando adecuadamente el agua, o que tengan información muy imperfecta sobre este atributo. Finalmente, el método también es vulnerable a fallas en este mercado, ya sea por información asimétrica o información imperfecta, las que alejan los precios de mercado de los verdaderos valores de los atributos evaluados, entre ellos, el del acceso al agua.

MÉTODOS DE VALORACIÓN CUANDO NO HAY MERCADO DE REFERENCIA

Este es el caso más importante en una serie de situaciones en las que se requiere generar información sobre la **valoración del agua para la toma de decisiones**. En muchos proyectos en los que el agua es parte de los cambios por generar, tanto en calidad como en cantidad, no existe un referente de mercado que permita valorar directa o indirectamente el cambio. En estos casos, **existen dos enfoques** que permiten una aproximación al valor del recurso: **el método de los costos de viaje y el método de valoración contingente**.

A) El método de los costos de viaje.

Este método fue pensado para la valoración de lugares recreacionales visitados por la población. Generalmente, en estos lugares o no se cobra entrada o se cobra una entrada fija a todos los visitantes, sin generar mayor variación en el precio que pueda servir para estimar la demanda. No obstante, los visitantes incurren en costos que pueden servir para identificar

la demanda revelada de los servicios del lugar de recreación. Esta técnica puede ser usada para lugares en los que el agua es el elemento principal, dado su valor recreacional, paisajístico o ambiental.

El costo de viaje se convierte en un bien privado de los visitantes y, por tanto, en una forma indirecta de estimar la demanda, en la medida en que en este caso sí hay variación en los gastos de los visitantes ubicados a distintas distancias del lugar específico.

Cuando es posible obtener la información del costo de viaje de los visitantes —a través de encuestas diseñadas con un adecuado diseño muestral, por ejemplo, se pueden inferir parámetros de la demanda y darles una medida monetaria a los beneficios totales generados por el lugar específico.

Asumamos que $U(x, v)$ es una función de utilidad, donde v es el número de visitas al sitio y x son todos los otros bienes que producen utilidad para un consumidor. El problema del consumidor puede representarse como:

$$\text{Max } U(x, v; a, b)$$

$$\text{s. a. } p_x \cdot x + p_v \cdot v = m$$

Donde m es el ingreso disponible, p_x y p_v son los precios de los bienes. La demanda de visitas es $v^*(p_x, p_v, m, a, b)$, que depende de precios, ingresos y parámetros de la función de utilidad.

Con los datos obtenidos de los visitantes, se pueden estimar, por un lado, el costo de viaje y, por otro, la función de demanda del sitio.

$$p_v = a + b \cdot \text{distancia} + c \cdot \text{tiempo}$$

El estimado del precio de viaje (p_v) para cada consumidor se usa en la estimación de demanda de visitas al sitio:

$$v = a + b \cdot m + c \cdot p_v + d \cdot Z + e$$

Donde Z representa un vector de otras características del demandante. Mediante esta estrategia, se puede estimar el parámetro c , que establece la relación entre cantidad y precio de la visita (costo estimado del viaje).

B) Valoración contingente.

Los métodos de valoración contingente son muy populares para estimar el valor de bienes o servicios asociados al agua para los que no hay mercados, o cuando el servicio recién se va a crear por algún programa o política

Puede ser un conjunto de regulaciones para preservar la calidad del agua, por ejemplo. Como los consumidores no tienen una idea clara sobre la naturaleza del servicio, el investigador debe explicarles de qué se trata y preguntar sobre la disposición a pagar por los servicios.

Existen diferentes técnicas para definir el contexto de las preguntas y evitar potenciales sesgos en las respuestas. Los cuestionarios se diseñan para dilucidar *la disposición a pagar (DAP)* de los potenciales beneficiarios. La forma en que DAP es generada es muy importante en estos métodos, ya que los entrevistados pueden sesgar sus respuestas de acuerdo con la información que están recibiendo del propio encuestador. Por ejemplo, el encuestador puede sugerir un precio de inicio para el servicio, y los encuestados pueden usar ese precio como referencia para su valoración

Las encuestas realizadas para obtener la DAP también recogen información de otras variables que potencialmente influyen en la demanda como el ingreso de los agentes, o elementos que influyen en sus preferencias, como nivel de educación, género, nivel socioeconómico, experiencia previa, etcétera.

En resumen. Entre las metodologías más utilizadas para los diversos valores que se pueden generar tenemos:

- **Precio de mercado.** Este método estima el valor económico de productos y servicios del ecosistema que son vendidos y comprados en mercados, pudiendo ser usado tanto para valorar cambios en la cantidad o en la calidad del bien o servicio. Utiliza las técnicas económicas comunes para medir los beneficios, reflejando claramente las preferencias del consumidor y los intereses del productor.
- **Método de la Productividad.** Estima el valor económico de productos y servicios que no teniendo un mercado, contribuyen a la producción de bienes que si son transados en mercados establecidos.
- **Método del Costo de Viaje.** La premisa básica en el caso de este método es que aun cuando el valor de la recreación no tiene un precio, los costos y tiempo usados para desplazarse pueden ser tomados como un estimador de este. Para ello se usan los costos

y el tiempo en que se incurre para la visita de un determinado lugar (desplazamiento) para valorar un determinado bien (floresta, humedales, áreas protegidas, etc.).

- **Precios Hedónicos.** Este método es usado para estimar valores económicos para el ecosistema o servicios ambientales que afectan precios de mercado. Generalmente se aplica a variaciones en precio de viviendas o salarios, que reflejan el valor de atributos ambientales locales. Puede ser usado tanto para calidad ambiental: contaminación del aire, agua o ruido; o para “amenidades” ambientales: visión estética, proximidad a lugares de recreación.
- **Método de Costos.** Este método está relacionado a estimar los valores de los servicios del ecosistema basados en los costos de evitar daños a los servicios, costos de reemplazar los servicios del ecosistema y los costos de sustituirlos por otros servicios. Se asume que este método puede ser útil para estimar estos valores, sin embargo es necesario mencionar que no miden estrictamente valores económicos porque no están basados en la disposición a pagar. Y es más apropiado de utilizarlo cuando los gastos de evitar daños o reemplazarlos, se han hecho o deberán ser efectivamente realizados.
- **Método de Valoración Contingente.** Este es un método que utiliza situaciones de carácter hipotético para determinar el valor de los bienes ambientales preguntando por la Disposición a Pagar (DAP). Este método permite cuantificar valores de uso directo indirecto, y de existencia. Un ejemplo de cómo los diferentes métodos pueden ser utilizados en la valoración de una determinada cuenca se muestra a continuación:

Tabla 6 Métodos de valoración.

BIEN O SERVICIO	USO	EJEMPLOS DE PRODUCTOS	MÉTODO DE VALORACIÓN
Agua	Contribuye a producción	Arroz, Plátano,	Productividad marginal
	Uso doméstico	Sullana y Paita-Talara	Costos de sustitutos
	Uso energético	Planta hidroeléctrica	Precios de tarifas
	Contaminación por sólidos	Erosión de suelo	Pérdida de productividad
	Contaminación biológica	Pérdida de oxígeno	Costos de reposición
Suelo	Erosión	Arroz, Plátano,	Pérdida de productividad
Minerales no metálicos	Consumo industrial	Arcillas, Carbonatos,	Precio de mercado
Minerales metálicos	Consumo industrial	Cobre, Hierro, Oro	Precio de mercado
Petróleo	Producción	Talara – Zorritos	Precio de mercado
Áreas naturales	Consumo escénico, estético	Científico	Costos en actividad
		Cultura	Costos en actividad
		Reserva genética	Valoración Contingente
		Reserva biológica	Valoración Contingente
		Reserva natural	Valoración Contingente

2.2.6. LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE AGUA.

El enfoque básico para la evaluación económica de proyectos de agua. Se consideran algunas características fundamentales de los proyectos en los procesos de evaluación, y se discuten los métodos para evaluar, tanto *cuantitativa como cualitativamente*, los beneficios y costos estimados que determinan su viabilidad económica.

Las características básicas para evaluar un proyecto de agua

Un proyecto se define como un conjunto de acciones orientadas a generar cambios o impactos en una población beneficiaria. Un «proyecto de agua» buscará cambiar la cantidad, calidad y/o variabilidad del acceso al recurso por parte de un grupo específico de la población, utilizando para esto tecnologías y procesos establecidos de conducción, tratamiento y distribución del agua hacia los usuarios.

Todo proyecto de agua se define en un ámbito geográfico determinado. La mayor parte de proyectos en el sector agua están directamente relacionados con alguna fuente específica del recurso, y esto define de manera importante las posibilidades y alcances del proyecto. Un tema clave es el esquema de derechos de acceso al agua en la fuente, que determinará si el proyecto puede extraer el recurso libremente o requiere un proceso de asignación de derechos, por parte del Estado, o de negociación con los que actualmente tienen derechos sobre aquel.

Además, el punto o puntos de la fuente en los que se extrae el agua para un proyecto definirán parámetros importantes. Por ejemplo, en dichos puntos se deben conocer características de cantidad disponible (flujo).

Calidad y variabilidad de la oferta de agua en el tiempo. Es importante contar con información histórica sobre estas variables, ya que sobre esa base será posible proyectar con cierta certeza los flujos futuros de agua que el proyecto busca alterar.

El área en la que se desarrollará un proyecto determina también al grupo de beneficiarios potenciales, especialmente si dicho espacio está ocupado y tiene a personas con derechos de propiedad establecidos sobre él. En algunos casos, los beneficios de un proyecto pueden orientarse hacia una población aún no asentada en el espacio físico del proyecto, y esto complica en cierta forma la determinación más precisa de la población beneficiaria

potencial. Igualmente, esto abre espacio para procesos de invasión y especulación por parte de personas que buscan obtener los beneficios esperados del proyecto en el futuro.

Una vez definidas las condiciones de acceso a la fuente de agua, los parámetros de cantidad, calidad y variabilidad, el espacio físico de cobertura del proyecto y la población potencialmente beneficiaria, será posible diseñar alternativas para generar los impactos esperados en la población objetivo. En algunos casos, es posible que exista más de una alternativa técnicamente viable para lograr los objetivos, y en este caso el proceso de evaluación económica ayudará a discriminar la mejor alternativa y, a su vez, esta deberá pasar el criterio general de viabilidad (rentabilidad). Pero también es posible que se plantee una sola alternativa, cuando las condiciones materiales o sociales limitan las alternativas a una sola opción. En ese caso, se evalúa la única alternativa con respecto a criterios generales de rentabilidad o viabilidad.

Identificación de los costos y beneficios del proyecto

Una vez definidas las alternativas técnicas que serán planteadas, es posible estimar los costos de cada alternativa de acuerdo con los procesos de producción e insumos requeridos para generarla. Se requiere identificar todas las actividades, insumos y procesos requeridos para generar el proyecto en un tiempo determinado. Habitualmente, el horizonte de generación del proyecto, una vez iniciado, no debería ser muy amplio, en la medida en que se requiere que la población objetivo cuente con los beneficios lo más pronto posible.

El otro componente fundamental por calcular en un proyecto son los beneficios estimados en la población beneficiaria. Es en este proceso que los métodos de valoración presentados adquieren importancia. Los beneficios esperados pueden tomarse de otros proyectos que ya hayan generado impactos en otros usuarios y que hayan sido medidos a través de procedimientos de evaluación de impacto; véanse, más adelante, algunos conceptos de las evaluaciones de impacto.

Un punto crucial para poder estimar beneficios esperados es conocer el tamaño y las características económicas de los agentes que serán beneficiarios. Si el proyecto genera agua para el consumo de los agentes, se deberá estimar el valor monetario del incremento en la utilidad de los consumidores por efecto del proyecto. Si el agua entrará en un proceso productivo, el cual, a su vez, generará ingresos, será necesario estimar el valor neto adicional generado por el agua descontando el pago a otros factores para los agentes beneficiados.

Normalmente, en los primeros años del horizonte se incurre en los costos del proyecto, mientras los beneficios atribuibles se inician a partir de la puesta en operación. Se requiere comparar el total de beneficios generados en el tiempo con los costos. Para este fin, es necesario considerar la tasa de descuento; es decir, el costo que tiene para la sociedad tener que esperar para consumir.

En la práctica común, se usará la tasa de interés por ahorros para obtener una aproximación a la compensación que requieren los agentes ahorradores en el sistema financiero por posponer el consumo presente por consumo futuro. Con estos elementos, es posible generar el principal indicador de viabilidad de un proyecto: indicadores el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

INDICADORES VAN Y TIR

Según (Aliaga, 2002)

SERIE DE FLUJOS DE CAJA

Para evaluar una inversión es necesario estimar ingresos y egresos de efectivo y plasmarlo en un modelo de presupuesto de inversiones que genera una serie de flujos de caja FC, los cuales se denominan económicos cuando no se considera la estructura de financiamiento y financieros cuando se le incluye. Esta serie puede ser:

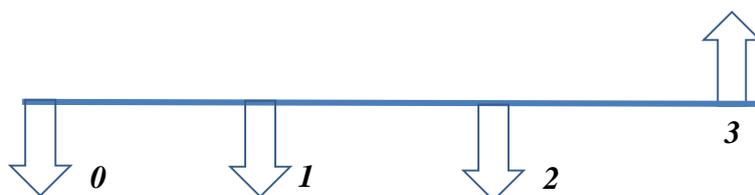
Convencionales

Sólo contempla un cambio de signo de los flujos, de negativo o de inversiones (flechas hacia abajo) a positivo o retornos (flechas hacia arriba) o viceversa; entre los principales casos están:

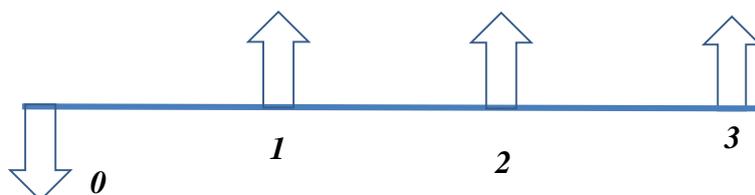
Un flujo de inversión y un flujo de liquidación.



Varios flujos de inversión y uno de liquidación.

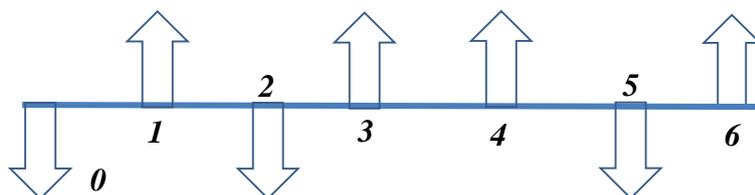


Un flujo de inversión y varios flujos de retorno.



No convencional

Las inversiones y retornos se realizan de manera intermitente al originar más de un cambio de signos.



Para evaluar la rentabilidad de un proyecto sobre la base de sus flujos de caja, con una tasa de costo de oportunidad del capital COK que es la tasa de retorno mínima atractiva exigida por el inversionista, y al considerar el valor cronológico del dinero en el tiempo, se tiene en cuenta lo siguiente:

La magnitud de cada uno de los flujos que componen la vida útil del proyecto, que dentro del horizonte temporal pueden ser uniformes o variables.

Los plazos que median entre dos flujos consecutivos; estos plazos pueden ser uniformes (mensuales, trimestrales, semestrales, anuales, etc.) o variables dentro del horizonte temporal de planeación.

El número de cambios en los signos de los flujos de caja que determinan si una serie es convencional o no convencional.

Sin embargo, cualesquiera sean las combinaciones de magnitudes, plazos y signos en los flujos de caja, pueden agruparse en alguna de las categorías siguientes:

Tabla 7 Funciones del Excel para calcular el VAN y la TIR.

<i>FLUJO DE CAJA</i>			<i>FUNCIONES DE EXCEL</i>	
<i>Magnitud</i>	<i>Plazos</i>	<i>Signos</i>	<i>VAN</i>	<i>TIR</i>
= (*)	=	= (*)	VA	TASA
≠	=	≠	VNA	TIR
≠	≠	≠	VNA.NO.PER	TIR.NO.PER
≠	=	≠		TIRM

VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Es la diferencia del valor actual de los ingresos futuros y del valor actual de los egresos (incluye las inversiones) que se realizarán durante la vida útil de un proyecto, descontados hacia el momento con una tasa de costo de oportunidad del capital previamente determinado por el analista de inversiones. Este indicador supone que la tasa de reinversión de los flujos de caja netos generados por el proyecto y que la tasa de costo financiero de las inversiones que demanda el proyecto son iguales a la tasa de costo de oportunidad de capital.

$$VAN = VAI - VAC \quad (24)$$

El VAN es la diferencia del VAI, valor actual de ingresos y del VAC, valor actual de costos, entre los que se consideran los costos de inversión, los costos de operación y otros costos del proyecto. El criterio de aceptación o rechazo es:

$$Si \quad VAN \geq 0 \quad ENTONCES \quad ACEPTAR \quad LA \quad INVERSIÓN$$

VAN con FC de importes iguales, plazos uniformes y un solo cambio de signo

Para calcular el VAN se toma como fecha focal el presente o momento 0 y se descuentan los flujos de caja futuros con el COK, que es una tasa efectiva i , cuyo plazo corresponde al plazo de los flujos de caja.

$$\begin{aligned}
VAN &= -I_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \\
&= -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (25)
\end{aligned}$$

Dado que en el presente caso los importes de los FC y sus respectivos plazos son uniformes, constituyen una anualidad simple, y por tanto, se les puede traer directamente del futuro al presente con el FAS.

$$VAN = -I_0 + FC \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = -I_0 + FC [FAS_{i,n}] \quad (26)$$

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento que iguala el valor actual de los ingresos con el valor actual de los egresos y hace el VAN=0; representa la tasa de rentabilidad generada por la inversión.

Este indicador supone que los flujos de caja netos que genera el proyecto se reinvierten en la TIR y que las inversiones que demanda el proyecto tienen un costo financiero, del mismo modo, igual a la TIR. El criterio de aceptación o rechazo es:

SI TIR ≥ COK ENTONCES ACEPTAR LA INVERSIÓN

Si se designa TIR=r, puede calcularse con la siguiente expresión:

$$VAN = -I_0 + \frac{FC_1}{(1+r)^1} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \frac{FC_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (27)$$

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (28)$$

2.2.7. PAGO POR SERVICIOS HÍDRICOS AMBIENTALES.

El marco legislativo nacional e internacional, consideran al agua destinada a la producción y al consumo humano como un bien público y escaso, cuya utilización genera tensiones sociales que expresan las convergencias y divergencias entre su naturaleza pública. Es decir, no se puede apropiarse de este bien sin perjudicar a otros. Con mayor fuerza, esto ocurre en las actividades de riego con fines agrícolas; que, en caso de Perú, involucra las expectativas de cientos de miles de pequeños agricultores y campesinos caracterizados, entre otros factores, por una fragmentación muy grande de la propiedad y de sus intereses, por el debilitamiento de mecanismos de autoridad que regulen sus acciones y, por un alto grado de desconfianza en el Estado. La gestión del agua, entonces, debe involucrar mecanismos, criterios y estrategias para valorar e inducir actitudes y comportamientos entre usuarios entre usuarios, con implicancias en cuanto a generar distintos de cooperación y/o de conflicto, factores claves en la formación de confianza en que se sustenta la probabilidad de la eficacia y eficiencia en el sistema de riego. No olvidemos que más del 60% del agua dulce disponible mundial se usa en riego; en Perú, estamos también en este promedio.

El agua es un recurso finito, escaso y altamente frágil a la contaminación. Su disponibilidad promedio es constante y, por tanto, el hombre tiene necesariamente que adecuarse a su disponibilidad y no al revés. El crecimiento de las ciudades debe planificarse estrictamente con la capacidad de depuración del agua disponible existente para uso poblacional más su elasticidad; contrariamente a lo que estamos mal acostumbrados, primero crecer para luego buscar el recurso hídrico en cantidad y calidad.

El agua del ciclo hidrológico es constante, sólo que las poblaciones del mundo han crecido, teniendo en un inicio una aparente abundancia; pero este crecimiento ha llegado a tal punto que el recurso hídrico, para la producción de alimentos y consumo potable, resulta insuficiente. En este contexto y, por hecho mismo de ser el agua un bien insustituible, su escasez siempre trae consigo el estrés hídrico.

El agua es un recurso que interviene en todas las actividades humanas productivas, ya sea en forma de masa o en forma energética. Desde este punto de vista, el agua es fuente de materia y energía, y el uso de cualquiera de sus formas provoca siempre externalidades económicas ambientales.

El agua, como bien público obviamente tiene un mínimo costo; pero como bien común debe, por equidad, adecuarse al precio de mercado. El costo total del consumo de agua, conocido también como valor de uso sustentable, tiene que ver con la cantidad, calidad y oportunidad. Este costo total está constituido por el costo económico más las externalidades económicas medioambientales.

La valoración económica de este recurso, como bien común, debe tener en cuenta, además del valor para los usuarios, debe incluir el valor de beneficios netos de flujos económicos de retorno, beneficios netos de uso indirecto y el valor de ajuste por objetivos sociales. Los indicadores económicos que reflejan estas bondades, son los que corresponden al flujo de caja de cualquier proyecto: Beneficio/Costo (B/C), Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de retorno (TIR).

Lecciones aprendidas en la aplicación de los PSAH-Perú

En el Perú se están haciendo denodados esfuerzos para la implementación de los PSAH como un mecanismo de lucha contra la pobreza. Pues, generalmente, los más pobres están ubicados en las cuencas altas y, los de mejor posición económica, en cambio, ocupan las cuencas media y baja con mayores oportunidades económicas. El PSAH viene a ser un mecanismo de compensación, donde los proveedores de servicios ambientales (propietarios y usuarios del territorio de las cuencas altas) reciben un pago por parte de los beneficiarios de tales servicios (usuarios de servicios ambientales de la cuenca baja), de manera directa, contractual o condicionada. Este enfoque tiene un gran potencial para la generación de fuentes de ingresos adicionales para las poblaciones locales de bajos ingresos, contribuyendo a mejorar sus condiciones de vida.

Muchos de los posibles proveedores de servicios ambientales en Perú suelen ser pobres. Las partes altas de las cuencas, importantes abastecedoras de servicios hídricos, suelen estar habitados por campesinos pobres, y los PSAH podrían representar importantes incrementos en sus ingresos. Un requisito importante es que el PSAH garantiza una provisión segura y continua del servicio, para que los compradores continúen apoyando.

Una lección aprendida importante es que un proyecto de PSAH debe partir desde una demanda y no desde una oferta. Pues, para llegar a un mecanismo de PSAH sustentable a largo plazo se debe buscar mercados reales para servicios ambientales. En este sentido, es más efectivo enfocar en mercados ya existentes que crear un mecanismo de PSAH para lo

cual todavía se tiene que identificar a posibles interesados usuarios de tales servicios ambientales. Las cuencas reguladas mediante grandes represamientos cumplen cabalmente con este requisito importante.

Oportunidades para PSAH en cuencas reguladas-Perú

Se ha intentado, más que todo, buscar oportunidades para establecer mecanismos de PSAH en la Amazonía Peruana, en base a experiencias con diferentes sistemas de PSAH en otras partes del mundo, donde se ha estructurado diferentes tipos de servicios ambientales existentes (oferta):

- Protección de cuencas hidrográficas, servicios hídricos: Agua.
- Conservación de la naturaleza y el paisaje: Biodiversidad.
- Secuestro y almacenamiento de carbono: Clima.

Este intento ha fracasado porque el enfoque ha partido por el lado de la oferta y no por el lado de la demanda. Sin embargo, se tienen grandes presas, en la vertiente del Pacífico, con graves problemas de sedimentación y colmatación temprana, con mercado seguro de usuarios demandantes de los servicios ambientales hídricos que se verán perjudicados enormemente con el colapso prematuro de tales represas. Es aquí donde se debió implementar primero el establecimiento de PSAH que, a la par de beneficiar a las poblaciones altas, garantice el horizonte económico de retorno de la gran inversión, haciendo más sostenidos los beneficios a usuarios ambientales hídricos de dichos proyectos.

Los fondos generados por los PSAH de las grandes presas, no sólo debe contribuir a la sostenibilidad de dichos proyectos, mediante bosques que controlen la erosión y mejoren la cantidad y calidad del agua, sino también deben cubrir los costos de desmantelamiento de las viejas presas.

Los recursos necesarios para establecimiento de forestaciones, recuperación, protección, conservación y mantenimiento de cuencas de captación deben ser totalmente cubiertos por los PSAH y además, el desmantelamiento de las presas colapsadas en caso de cuencas reguladas.

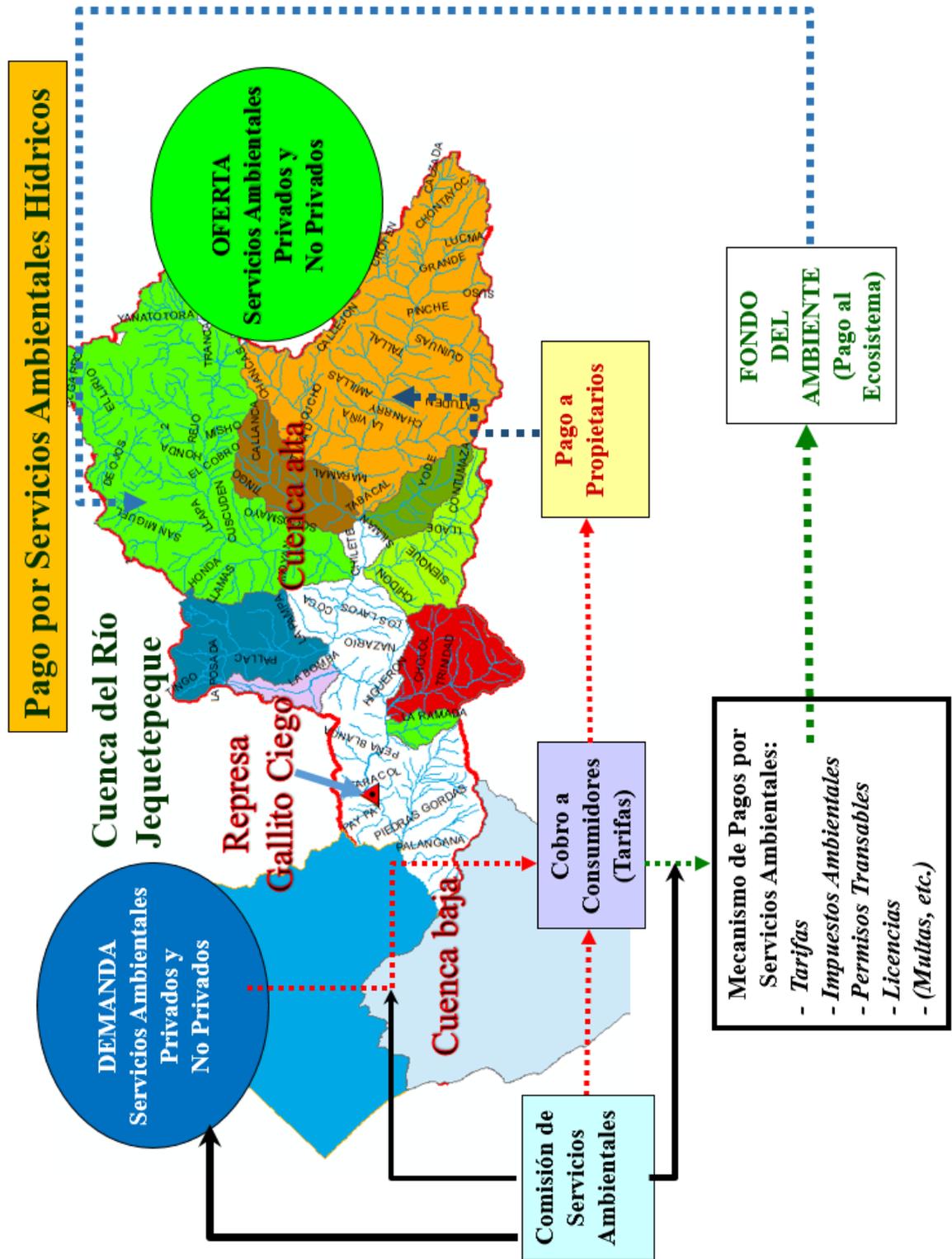


Figura 13 Modelo de pago por servicios hídricos ambientales.

2.2.8. BENEFICIOS MÁS IMPORTANTES DE UNA FORESTACIÓN

Una buena medida sería la forestación y/o reforestación con árboles amplísimas áreas del planeta porque además está por decir cuáles son los *beneficios más importantes de los árboles*.

Al forestar nuestra propiedad, no sólo plantamos árboles, sino que creamos una «*fábrica de oxígeno*».

Si pensamos que cada árbol o arbusto adulto aporta nueve kilogramos de oxígeno al año y depura seis de dióxido de carbono (que entre todos emitimos a nuestra atmósfera); si apreciáramos que con la presencia de bosques, muchas de nuestras enfermedades más comunes se verían reducidas; que las plagas se combatirían de forma natural y los vientos serían algo menos virulentos, viviríamos más conscientes de la importancia que tiene reforestar para la vida en el planeta. Es decir, al forestar no sólo estamos plantando árboles para *aumentar la riqueza forestal de nuestra propiedad y a la vez, incrementar el enriquecimiento de agua* contenido en los mantos acuíferos, sino que creamos una «*fábrica de oxígeno*».

Reforestar es establecer vegetación arbórea en terrenos con aptitud forestal y consiste en plantar árboles donde ya no existen o quedan pocos. Los beneficios más importantes son:

La forestación amortigua la lluvia.

La copa de un árbol es flexible y está diseñada para atrapar la lluvia, causando que ésta se deslice a través de las hojas, ramas y el tronco hasta llegar al suelo.

Al amortiguarse el impacto de la lluvia en el árbol se abate la erosión y se protege al suelo superficial.



Figura 14 Los beneficios que los árboles.

Los árboles combaten el cambio climático

El exceso de dióxido de carbono (CO₂) causado por muchos factores se está acumulando en nuestra atmósfera y está contribuyendo al cambio climático. Los árboles absorben el CO₂, removiendo y almacenando el carbono al tiempo que liberan oxígeno al aire. En un año, un acre de árboles adultos absorbe la cantidad producida cuando usted conduce su automóvil 26 mil millas.

El árbol da sombra.

La copa de un árbol está diseñada para captar la luz solar y al extenderse sombrea el piso.

Causan bienestar en un día soleado y protegiendo la fauna, la flora inferior y al hombre y sus bienes, del efecto dañino del impacto directo de los rayos solares.

Los bosques regulan el clima

A nivel global los bosques reducen el calentamiento de la atmósfera y regulan el clima de la tierra.

En las ciudades, la pérdida de árboles eleva las temperaturas y la evaporación del suelo.

La falta de árboles suficientes en varios cuadros de la ciudad permite que las islas de calor sean más severas.

Los bosques reducen la velocidad del viento

Es cierto que no detienen un huracán, pero su presencia resta velocidad a las tormentas, disipando su fuerza y mejorando el ambiente.

Reducen la contaminación del aire

El árbol filtra los vientos

Su copa está diseñada para que el aire pase a través de las hojas, filtrando los polvos, cenizas, humos, esporas, polen y demás impurezas que arrastra el viento. Las hojas pubescentes y la corteza rugosa en el tallo atrapan tales impurezas.

El árbol secuestra el bióxido de carbono que contamina la atmósfera

A través de la fotosíntesis que realizan las hojas, el árbol atrapa el CO₂ de la atmósfera y lo convierte en oxígeno puro, enriqueciendo y limpiando el aire que respiramos.

Se estima que una hectárea con árboles sanos y vigorosos produce suficiente oxígeno para 40 habitantes de la ciudad. Un bosque de una hectárea consume en un año todo el CO₂ que genera la carburación de un coche en ese mismo período.

¿Cuánto oxígeno produce un árbol?

En este proceso las hojas también absorben otros contaminantes del aire como el ozono, monóxido de carbono y dióxido de sulfuro, y liberan oxígeno.

Reducen la Contaminación Sonora

Los árboles abaten el ruido. El tejido vegetal amortigua el impacto de las ondas sonoras, reduciendo los niveles de ruidos en calles, parques y zonas industriales. Plantados en arreglos especiales alineados o en grupos, las cortinas de árboles abaten el ruido desde 6 a 10 decibeles.

El árbol genera biodiversidad

Los bosques forman las comunidades más diversas de la tierra, porque éstas proliferan bajo su protección. Muchas especies arbóreas han evolucionado con insectos y aves polinizadoras, dispersores de frutos y semillas y otros microorganismos del suelo, como la micorriza, con quien vive en simbiosis permanente.

Los bosques ofrecen nichos diversos a la fauna mayor y menor, lo cual favorece la creación de nuevas especies animales y vegetales, aumentando la biodiversidad del planeta.

También en las ciudades el arbolado deberá ser autóctono o nativo para poder generar la mayor biodiversidad.

Mejoran la Calidad de Vida.

Queremos tener árboles a nuestro alrededor porque nos hacen la vida más agradable. La mayoría de nosotros respondemos a la presencia de árboles no sólo admirando su belleza.

En una arboleda nos sentimos serenos, sosegados, descansados y tranquilos; nos sentimos como en casa.

Los pacientes en hospitales han mostrado recuperarse más rápidamente de cirugías cuando desde sus habitaciones se ven árboles.

¿Por qué no te involucras en algún grupo voluntario para reforestar y/o apoyar a quienes lo hacen porque los beneficios más importantes de los árboles son muchísimos?

La fuerte relación entre personas y árboles es más evidente en la resistencia de una comunidad de vecinos a que se talen árboles con motivo del ensanchamiento de las calles. O cuando observamos los heroicos esfuerzos de personas y organizaciones para salvar árboles singularmente grandes o históricos en una común “

Los árboles revaloran la propiedad residencial.

Siempre una casa con jardín tendrá mayor valor que sin él y los árboles y los arbustos son el principal componente del jardín.

Los árboles y arbustos bien ubicados alrededor de la casa y manejándolos apropiadamente, elevan el valor de las propiedades.

Los árboles plantados en hileras dan privacidad, abaten el ruido externo de las vialidades y dan seguridad a la propiedad al servir de barrera.

El árbol urbano ahorra energía eléctrica.

Los árboles bien ubicados alrededor de la casa filtran el aire cálido y lo refrescan al cruzar su copa. Estos seres sombrean paredes, patios, techos y ventanas, bajando los costos del aire acondicionado.

El árbol urbano y la comunidad

Los beneficios económicos indirectos de los árboles son aún mayores.

Los beneficios más importantes de los árboles superan con creces a cualquier medida “artificial” que te imagines.

Estos están disponibles para las comunidades o regiones. Los clientes pagan recibos de electricidad más baratos cuando las compañías del servicio construyen menos instalaciones para abastecer los picos de consumo, utilizan menos cantidad de combustibles fósiles en sus hornos y necesitan menos medidas de control de contaminación aérea.

2.2.9. TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

TEMPERATURA ATMOSFÉRICA

Según (Sánchez, 2015)

- a. **TEMPERATURA MEDIA ANUAL**
 - Temperatura media anual: Es la media aritmética de las temperaturas medias mensuales
 - Temperatura máxima media anual: Es la media aritmética de las temperaturas máximas de todos los meses.
 - Temperatura mínima media anual: Es la media aritmética de las temperaturas mínimas de todos los meses.
 - Oscilación anual: Diferencia de temperaturas medias del mes más cálido y del mes más frío.

PRECIPITACIÓN

Según (Sánchez, 2015)

El parámetro más importante de los modelos hidrológicos es la precipitación, constituye la masa de agua inicial de entrada al sistema hidrológico; existen varios métodos para calcular o estimar este dato, a continuación presentamos algunos alcances para calcular la precipitación media de un espacio geográfico o cuenca.

PRECIPITACIÓN MEDIA: “POR EL MÉTODO DE ISOYETAS”

Este método es de los más precisos y más usados en el medio, sirve para determinar la precipitación media en una cuenca, se aplica cuando se sabe que las medidas de precipitación en los diferentes pluviómetros sufren variaciones, teniendo además el condicionante que la cuenca es de topografía accidentada.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

AÑO HIDROLÓGICO. Periodo continuó de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante se reduce al mínimo. Según SENAMHI, en Perú inicia el 01 de setiembre y culminó el 31 de agosto del siguiente año. (Ordoñez, 2011, p9)

CUENCA. Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida o punto emisor. Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y ésta, en otra corriente o en el mar. (Aparicio, 1992, p.19)

ESCORRENTÍA SUPERFICIAL. La escorrentía superficial es el fenómeno más importante desde el punto de vista de la ingeniería, y consiste en la ocurrencia y transporte de agua en la superficie terrestre.

MICROCUENCA. Según el tamaño de las cuencas Koster (2006), es la unidad hidrográfica más pequeña de los sectores altos de las cuencas compuestas por quebradas, pequeños riachuelos o nacimientos de aguas. Su identificación está referenciada por menos de 4000 hectáreas, mientras que las cuencas hacen referencia a áreas de drenaje mayores.

SUBCUENCA. Es el área geográfica delimitada con el criterio de cuenca partiendo de la desembocadura de un río curso de agua en un río principal y hace referencia a una cuenca principal.

UNIDAD HIDROGRAFICA. Concepto creado por Otto Pfafstetter en 1989: Llamadas en un inicio como “Ottocuencas” y se definen como “Espacios geográficos limitados por líneas divisorias de aguas, relacionados espacialmente por sus códigos, donde el tamaño de sus áreas de drenaje es el único criterio de organización jerárquica”.

SIGLAS

PEJEZA. Proyecto especial Jequetepeque.

MINAM. Ministerio del ambiente.

SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

IGN. Instituto Geográfico Nacional.

INGEMMET. Instituto Geológico Minero Metalúrgico.

ANA. Autoridad Nacional del Agua

PLANAA. Plan Nacional de Acción Ambiental

ONERN. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales

UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

PROFODUA. Propuesta de Asignación de Agua en Bloque para la Formalización de los Derechos de Uso de Agua en el Valle de Jequetepeque Regulado

El PADH del Sistema Hidráulico Jequetepeque del año 2014–2015.

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

➤ GEOGRÁFICA

Geográficamente, el área de la cuenca es de 3 443.07 Km², se extiende entre las longitudes W 78°21' - 79°36' y latitudes S 06° 48' - 07° 26', y entre las altitudes 350 y 4 200 msnm.

Tabla 8 Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Jequetepeque.

PUNTOS GEORREFERENCIADOS - CUENCA DEL RÍO JEQUETEPEQUE COORDENADAS UTM (ZONA 17S , DATUM WGS - 84)			
PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	UBICACIÓN
1	738285.00	9238848.00	Por el Norte
2	698268.98	9200024.79	Por el Oeste (Represa Gallito Ciego 350msnm)
3	741962.00	9183417.00	Por el Sur
4	762279.38	9210599.46	Por el Este
5	760245.00	9246285.00	Punto más alto (4200msnm)

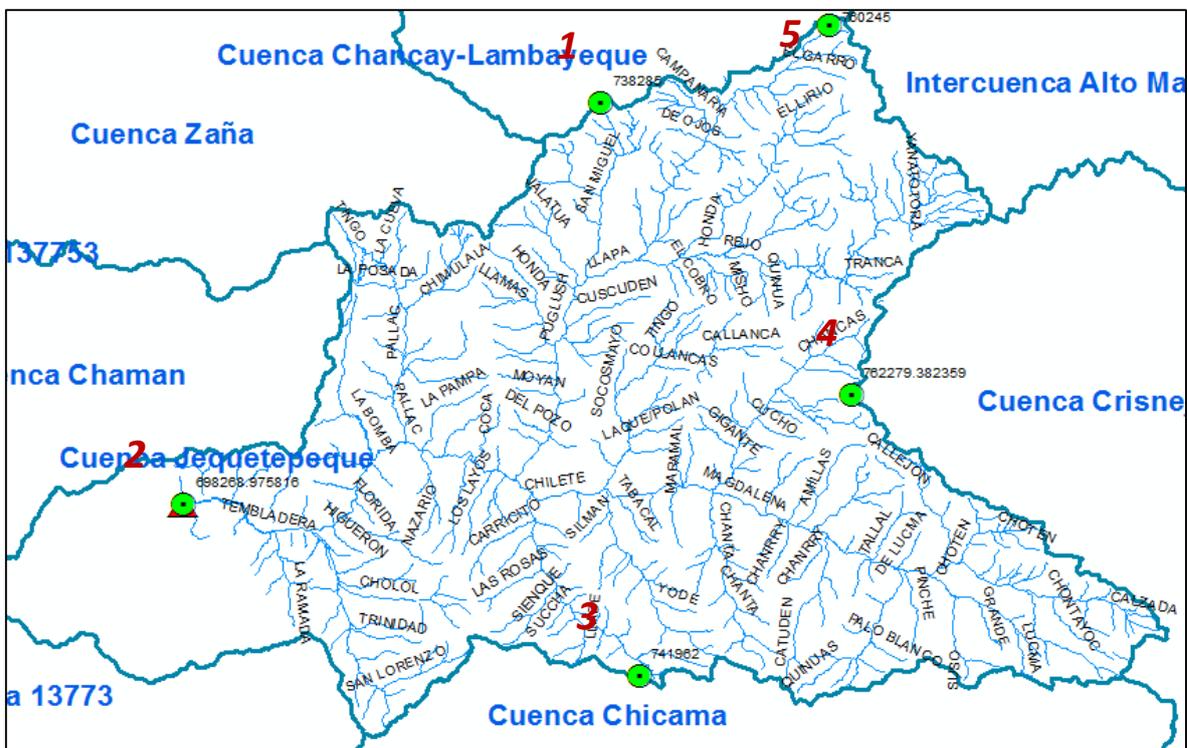


Figura 15 Ubicación geográfica de la Cuenca del Río Jequetepeque.

IMAGEN SATELITAL

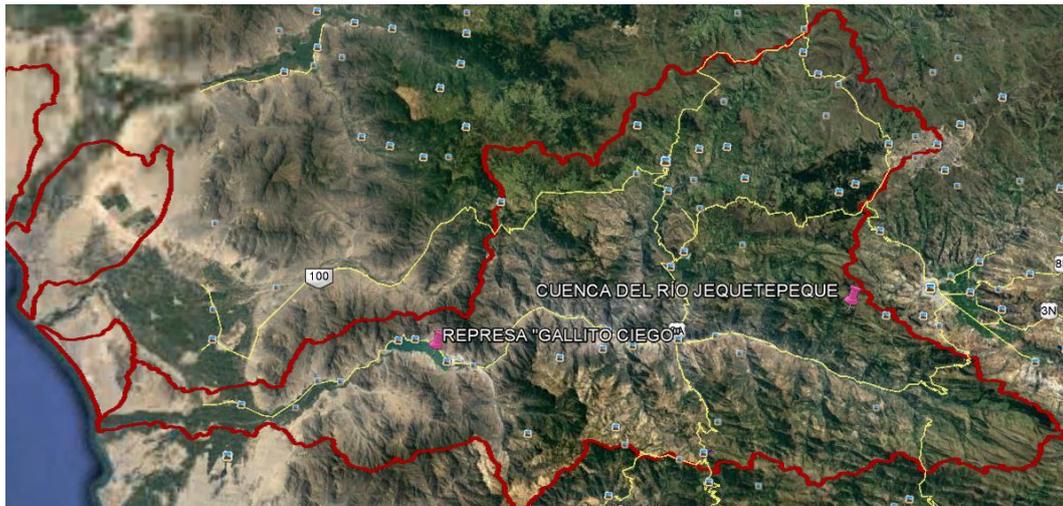


Figura 17 Ubicación (satelital) de la Cuenca del Río Jequetepeque.

3.2 ÁMBITO DE ESTUDIO

La cuenca del río Jequetepeque pertenece a la vertiente del pacífico, la misma que políticamente se ubica en territorios de las provincias Cajamarca, San Pablo y Contumazá, San Miguel, del departamento Cajamarca donde se realiza los eventos climáticos (Oferta Hídrica); y distrito de Chepén, provincia de Pacasmayo del departamento La Libertad (Demanda Hídrica).

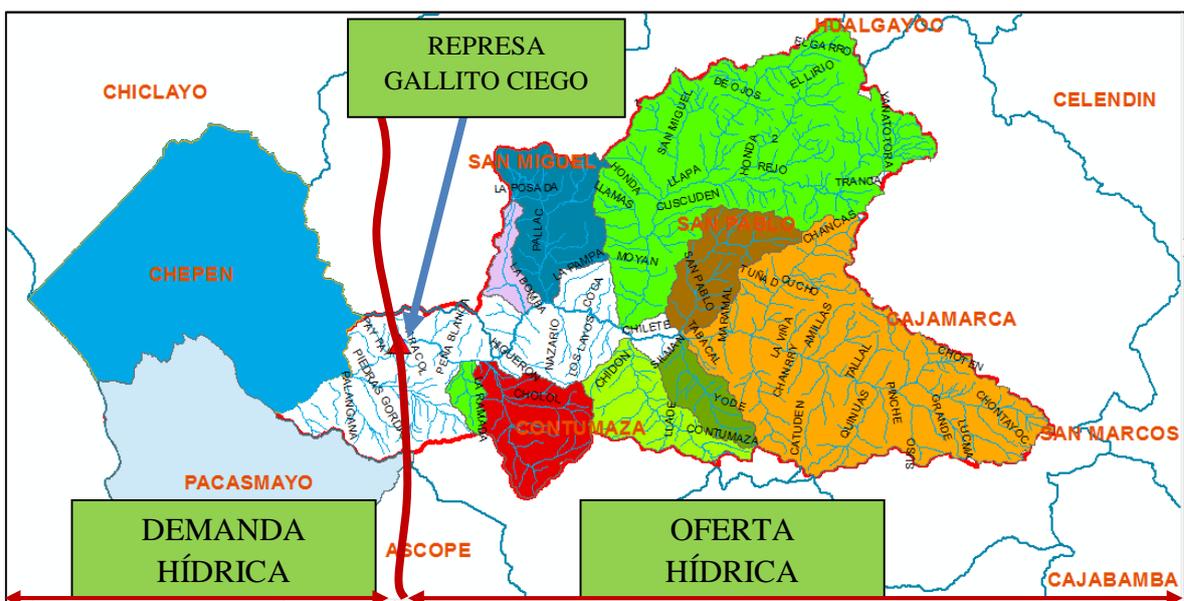


Figura 18 Ámbitos de estudio (Oferta y Demanda hídrica)

3.3 EQUIPOS Y MATERIALES

3.3.1 EQUIPOS DE CAMPO

- GPS Diferencial Trimble R6 (Receptor Base y Mobile con controlador TSC 3).



Punto geodésico (IGN) - San Miguel

Punto geodésico – Contumazá (IGN)

- Estaciones meteorológicas (Senamhi - Cajamarca)



- Cámara fotográfica.
- Movilidad (auto color blanco).

3.3.2 EQUIPO DE GABINETE

- Impresora multifuncional Epson L355 Serie



- Laptop Toshiba Satellite P755 core i7.
- Plotter HP Designjet 111 Roll.

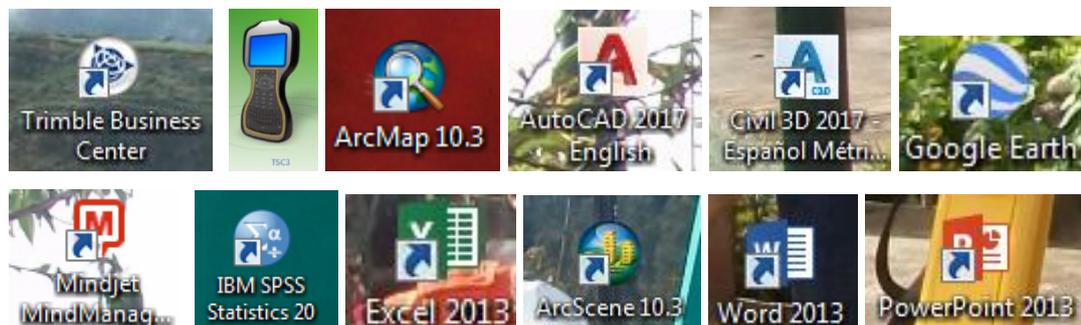


3.3.3 MATERIALES

Herramientas manuales:

- ✓ Equipo de protección personal, pintura para identificar los puntos geodésicos (IGN), etc.
- ✓ Resaltador color verde.
- ✓ Fichas de coordenadas de los puntos geodésicos del (IGN) de San Miguel, Cajamarca y Contumazá.

Programas de Ingeniería:



- ✓ Trimble Business Center, AutoCAD Civil 3D 2017, ArcMap 10.3, ArcScene 10.3, Google Earth, IBM-SPSS.20, M. Excel 2013, M. Word 2013, M Power Point 2013.
- ✓ Software de Mindjet MindManager 10

Materiales de escritorio:

- ✓ Papel bong blanco de 80 g, libreta topográfica, lapiceros, lápiz, etc.

3.4 CARACTERÍSTICAS SOCIECONOMICAS

3.4.1 DEMOGRAFÍA

Según el censo de 2005 por parte del INEI, la población total de la cuenca es de 389,859 habitantes. La zona baja o chala concentra la mayor cantidad 138137 habitantes; la zona alta alcanza 115675 habitantes. Las diferencias marcadas entre la costa y la sierra, se expresan también en las características y dinámicas de sus poblaciones, entre ellas el crecimiento demográfico registrado en el último periodo intercensal 1981 - 1993, al respecto cabe observar lo siguiente:

En los distritos de la sierra la población ha tenido un crecimiento mínimo inferior al estimado por anteriores proyecciones, en algunos incluso disminuyó notablemente tal es el caso de San Miguel, cuya población baja de 17257 a 15560 en 1993. La misma tendencia se observa en el distrito de Yonán, cuya población ha disminuido de 8,735 a 7,641 habitantes en el mismo periodo.

La distribución urbana y rural de la población es de 52.9% de los habitantes viven en el sector urbano, versus 47.1 % de población rural. Esta situación se debe a la concentración poblacional en las ciudades costeñas como Chepén, Pacasmayo y Guadalupe, el 80.9% de la población de esta zona es urbana, mientras en las zonas altas la situación es totalmente inversa. El 80.4% del total es población rural. Luego el distrito de Chepén continúa siendo el de mayor población en el valle, concentrando el 29% del total de la zona baja; el de mayor crecimiento demográfico fue sin embargo en el distrito de Guadalupe.

En el año 2005, se realizó los Censos Nacionales de Población y Vivienda, cuyos resultados para la cuenca de Jequetepeque se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9 Población según categoría en la Cuenca del Río Jequetepeque.

Categoría	Región Cajamarca				Región La Libertad	
	Provincias				Provincia	
	Cajamarc	Contumazá	San Miguel	San Pablo	Chepén	Pacasmayo
Hombre	136,208	16,539	27,875	11,648	36,123	46,603
Mujer	141,235	15,867	28,622	11,865	35,831	47,370
Total	277,443	32,406	56,497	23,513	71,954	93,973

Otros indicadores socioeconómicos de la cuenca analizados y son de importancia se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 10 Uso de energía (Combustible) según Categoría.

Categoría	Región Cajamarca				Región La Libertad	
	Provincias				Provincia	
	Cajamarca	Contumazá	San Miguel	San Pablo	Chepén	Pacasmayo
	PORCENTAJE (%)					
Electricidad	0.39	0.17	0.14	0.11	0.33	0.39
Gas	34.56	18.87	4.89	7.14	49.00	60.49
Kerosene	2.07	1.17	0.93	0.36	1.97	3.12
Carbón	0.10	0.20	0.14	0.00	2.67	1.11
Leña	61.04	77.19	92.96	91.76	41.98	30.47
Otro tipo de combustible	0.36	0.17	0.37	0.06	0.10	0.12
No cocinan	1.48	2.21	0.56	0.57	3.96	4.29
Total	100	100	100	100	100	100

Fuente INEI, 2005.

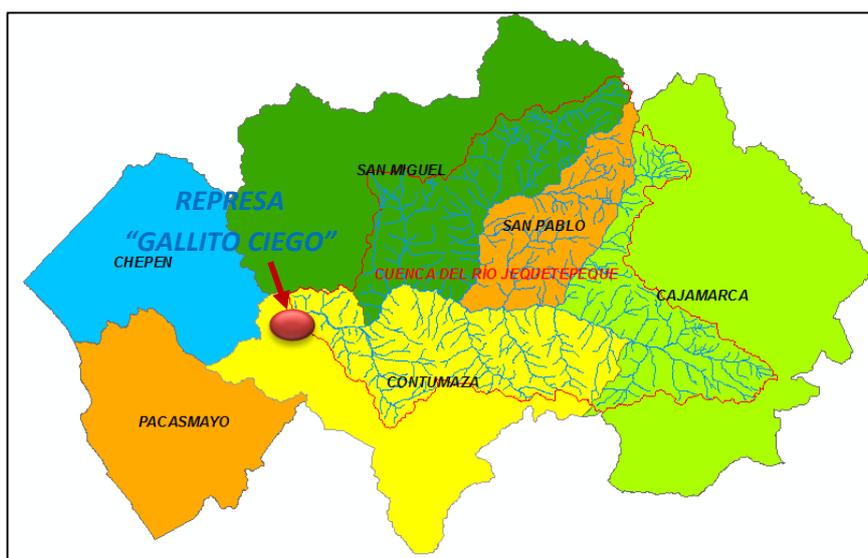


Figura 19 Provincias que comprende la cuenca del Río Jequetepeque

3.4.2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y USO DEL SUELO

De las visitas de campo se ha podido determinar que los suelos de la microcuenca permiten desarrollar actividades económicas de manera tradicional, entre ellas:

Ganadería: Existe ganado vacuno donde el suelo permite el crecimiento de pastos naturales y en terrenos cercanos a las riberas donde son suelos fértiles existe pastos sembrados como avena forrajera (*Avena Sativa*), ryegrass(*Lolium perenne*), etc. De este ganado se logra comercializar leche fresca, sin embargo se aprecia lo rudimentario de esta actividad; en las partes altas también se aprecia la cría de ovinos cuyo fin es la carne y lana.

Existe también la cría de animales domésticos como cuyes y gallinas, sin embargo estos en su gran mayoría no son para comercializar sino para su consumo.

Agricultura: El relieve accidentado, las heladas y la técnica de cultivo al secano hacen que la agricultura no sea muy productiva limitándose a pequeñas parcelas sembradas para aprovechar la época de lluvias; entre las especies cultivadas encontramos los granos como trigo (*Triticumaestivum*), cebada (*Hordeumvulgare*), arveja (*Pisumsativum*), Haba (*Vicia faba*) y en menor cantidad el maíz(*Zea mays*), tubérculos como papa(*Solanumtuberosum*), oca(*Oxalis tuberosa*), olluco(*Oxalis tuberosa*) y algunas verduras y hortalizas de usadas para su consumo propio.

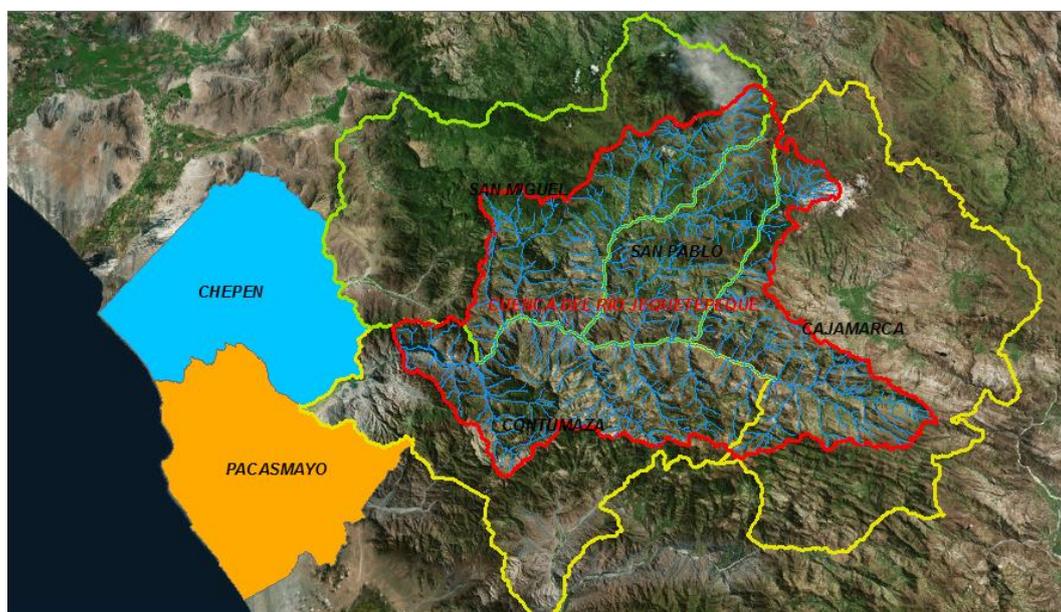


Figura 20 Actividad Económica de la cuenca del Río Jequetepeque

3.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

3.5.1 SUELOS

Es posible encontrar varios tipos de suelo dentro de la cuenca del río Jequetepeque por lo que se presenta los tipos de suelo más abundante por cada zona (baja, media y alta) de la cuenca.

Los suelos de la cuenca del río Jequetepeque se encuentran localizados principalmente en paisajes fluviales, aluviales, colinosos y montañosos. Estos se describen sobre la base de las características morfológicas, físicas, químicas y biológicas de los diferentes horizontes que lo conforman.

En el área de estudio se tiene diferentes grupos de suelos, los cuales se clasifican cartográficamente mediante la determinación de consociaciones y asociaciones. La consociación es la unidad geográfica, en la que predomina un tipo de suelo o un área miscelánea, que cubre más del 80% de su superficie; la asociación se reconoce en una área determinada, cuando dos o más suelos y/o área miscelánea cubren más del 85% de su superficie. De acuerdo a su origen, los suelos del área de estudio son fluviales, aluviales, coluviales – aluviales y residuales.

Los fluviales son originados por la disposición de materiales arrastrados por el río Jequetepeque, Pallac, Sam Miguel (Puclush), los cuales forman terrazas al encontrar zonas de pendiente suaves.

Los aluviales son producto de la deposición de materiales arrastrados por las corrientes de agua de poco recorrido que se realizaron en ambientes de relieve suave formando depósitos aluviales.

Los coluvio – aluviales son originados por la deposición de materiales arrastrados por las aguas en zonas de pendiente pronunciada, con escaso recorrido formando depósitos conocidos como piedemontes y cono de deyección.

Los residuales son producto de la meteorización (descomposición) de las rocas, las cuales por acción de la variación de la temperatura, en la zona árida y por reacción de los elementos minerales, en la parte húmeda, se va desmenuzando cada vez más hasta formar suelo.

El régimen de temperatura de los suelos, en la parte baja de la cuenca es térmico, es decir que tiene un promedio anual de temperatura entre 15 y 22 °C en la parte media y alta tiene un régimen méxico, significa que tiene un promedio anual mayor de 8 °C y menor de 15°C; y en la parte más alta de la cuenca los suelos tienen un régimen de temperatura crítico, con un promedio anual mayor de 0°C y menor de 8°C.

En la zona alta (microcuenca San Miguel y Contumazá) muy cerca a los cauces es común encontrar suelos sueltos producto de deslizamientos, debido a las fuertes pendientes y la presencia de fuertes precipitaciones.



Imagen 1 Configuración de suelo tipo aluvial San Miguel.

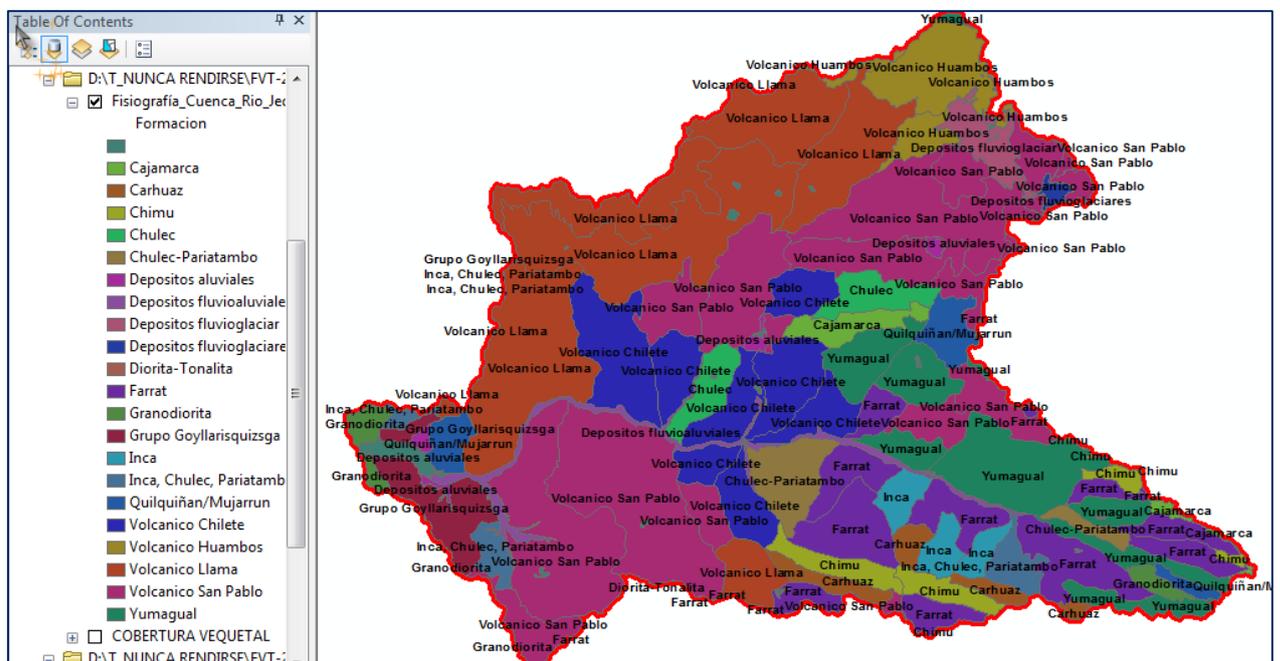


Figura 21 Fisiografía de la cuenca del Río Jequetepeque.

3.5.2 COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal 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 rangos están constituidos por la vegetación natural, cultivos, centros poblados, infraestructura, entre otros y cuya distribución es mostrada en el cuadro siguiente.

Tabla 11 Tipos de Cobertura Vegetal en el ámbito de la cuenca.

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION DE LA COBERTURA VEGETAL	AREA (Km²)	Área (Ha)	%
AU	Tierras con áreas urbanas	10.7	1066.3	0.3%
BN	Tierras con bosques naturales	0.2	17.2	0.0%
BN - VA	Tierras con bosques naturales y vegetación arbustiva	21.5	2147.2	0.5%
BS	Tierras con bosque seco	510.9	51086.3	12.9%
CA - CP	Tierras con cultivos agrícolas y cultivos permanentes	197.9	19792.9	5.0%
CA - PN	Tierras con cultivos agrícolas y pastos naturales	43.2	4323.0	1.1%
CA - VA	Tierras con cultivos agrícolas y vegetación arbustiva	144.1	14414.4	3.6%
CA - VE	Tierras con cultivos agrícolas, vegetación escasa y afloramientos rocosos	74.9	7488.8	1.9%
F	Tierras con plantaciones forestales	174.6	17455.2	4.4%
F - CA	Tierras con plantaciones forestales y cultivos agrícolas	15.6	1564.6	0.4%
F - PN	Tierras con plantaciones forestales y pastos naturales	13.1	1312.2	0.3%
Lag	Cuerpos de agua	0.9	86.3	0.0%
M	Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	686.3	68627.4	17.3%
PC - CA	Tierras con pastos cultivados y cultivos agrícolas	426.4	42638.1	10.8%
PC - VA	Tierras con pastos cultivados y vegetación arbustiva	27.8	2784.4	0.7%
PN	Tierras con pastos naturales	51.1	5110.7	1.3%
PN - VA	Tierras con pastos naturales y vegetación arbustiva	182.2	18216.3	4.6%
PN - VE	Tierras con pastos naturales, vegetación escasa y afloramientos rocosos	298.2	29820.0	7.5%
Rs	Reservorio	13.2	1324.4	0.3%
TD	Tierras degradadas	18.2	1819.9	0.5%
VA	Tierras con vegetación arbustiva	64.5	6450.4	1.6%
VA - VE	Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos	611.0	61102.2	15.4%
VE	Tierras con vegetación escasa y afloramientos rocosos	369.9	36994.2	9.4%
TOTA		3956.4	395642.6	100.0%

Fuente: Ana: pág. 36

DESCRIPCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL

Tierras Urbanas (AU)

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

Tierras con Bosques Naturales (BN)

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



Imagen 2 Bosque Natural – Miravalle – San Miguel

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

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

Tierras con Bosque Seco (BS)

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

Tierras con Plantaciones Forestales (F)

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

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

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



Imagen 3 Cultivos y plantaciones Forestales – San Miguel

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

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



Imagen 4 Plantaciones Forestales y pastos naturales – San Miguel

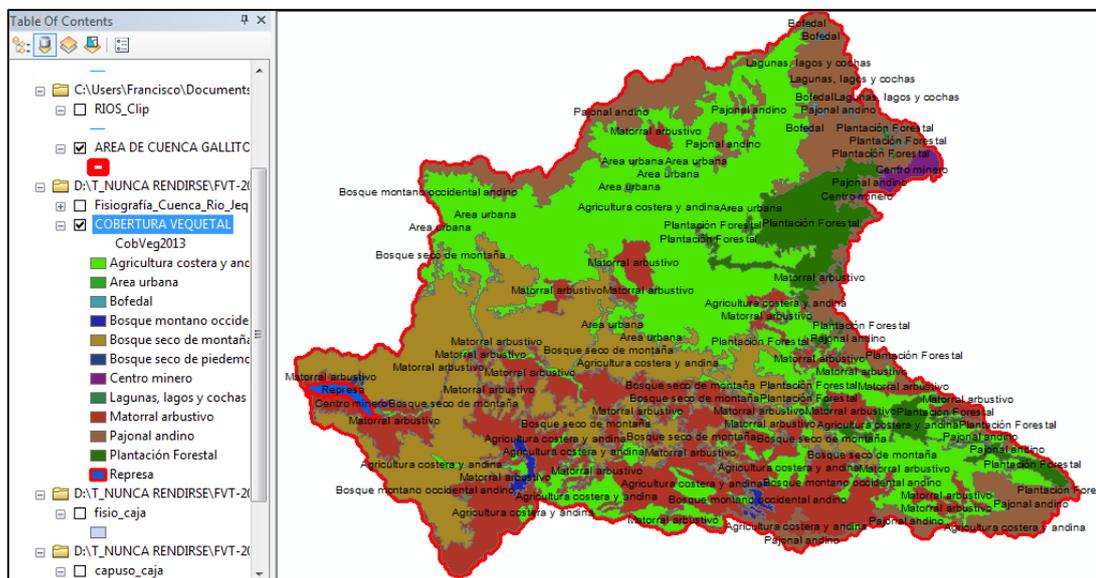


Figura 22 Plantaciones forestales en la Cuenca hidrográfica del río Jequetepeque.

Según (Choquepuma, 2015, p.37 -52)

3.5.3 ASPECTOS DE FLORA Y FAUNA.

Se describir el aspecto biológico del área de interés se ha evaluado la biodiversidad de flora y fauna; y esta actividad se ha realizado mediante trabajos de campo a cargo de un profesional especialista. La información detallada se podrá revisar en el estudio correspondiente a evaluación de recursos hídricos en la cuenca del rio Jequetepeque. La siguiente descripción es un resumen de dicho documento.

LAGUNAS

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

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

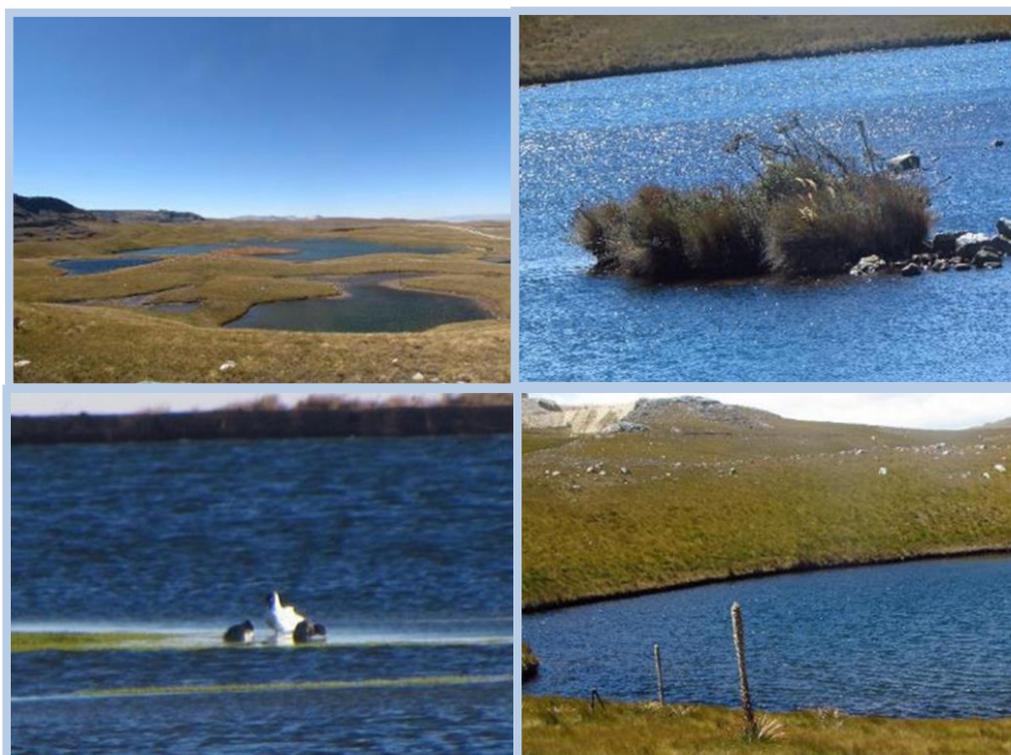


Imagen 5 Lagunas ubicadas en alto Perú

Fuente: Choquepuma, 2015, p.46

HUMEDALES.

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

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

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



Imagen 6 Presencia de bojedales pequeños en Quebrada Yanahuanga

Fuente: Choquepuma, 2015, p.47

RÍOS.

En este tipo de ecosistemas se observó la presencia de las siguientes aves, siendo un ambiente que sirve de bebederos o fuente de alimento de: *Falco sparverius* “cernícalo americano”, *Zonotrichia capensis* “gorrión andino”, *Turdus chiguanco* “chiguaco”, *Nycticorax* “huaco común”. En algunos tramos del recorrido del río San Miguel, hay presencia de *Oncorhynchus mykiss* “trucha”. Esto en la parte alta de la cuenca.

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

En las orillas de los ríos, se encuentran especies arbóreas nativas como: *Escallonia pendula* “pauco”, *Polylepis racemosa* “quinual”, *Alnus acuminata* “aliso”, *Escallonia paniculata* “chachacoma”, *Salix humboldtiana* “sauce”, *Cedrella montana* “cedro” entre las especies nativas más importantes. Hay presencia de especies frutales típicas de las zonas. Entre las especies exóticas de mayor importancia que crecen en la orilla del río son *Eucalyptus globulus* “eucalipto” y *Pinus spp* “pinos”. El follaje de las plantas, sirve como refugio de muchos animales silvestres (especialmente aves).



Imagen 7 Flora y Fauna ribereña, además de piscicultura.

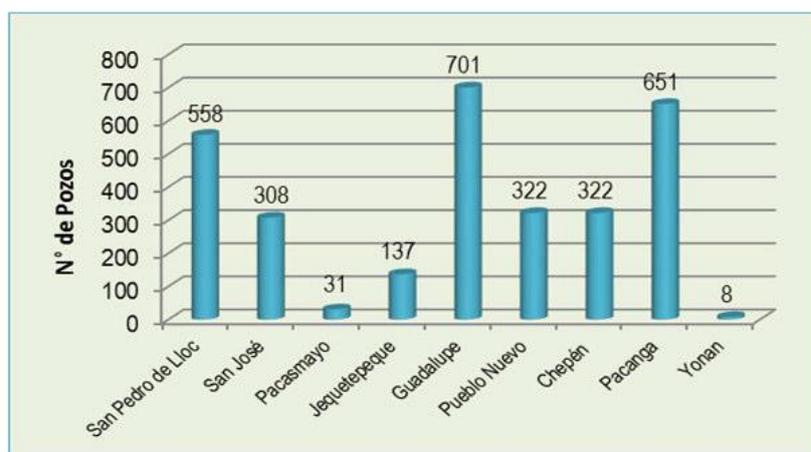
Fuente: Choquepuma, 2015, p.48

3.5.4 HIDROGEOLOGÍA

En total en el Valle Jequetepeque se ha inventariado 3,038 pozos, entre pozos de tipo tajos abiertos, tubulares y mixtos, ubicados en 2 departamentos, 3 provincias y 9 distritos. (Ayasta, 2015, p.96).

Tabla 12 Distribución de los pozos por distrito político valle Jequetepeque - 2015.

Distrito	N° de Pozos	%
San Pedro de Lloc	558	18.37
San José	308	10.14
Pacasmayo	31	1.02
Jequetepeque	137	4.51
Guadalupe	701	23.07
Pueblo Nuevo	322	10.60
Chepén	322	10.60
Pacanga	651	21.43
Yonán	08	0.26
Total	3,038	100.00



(Ayasta, 2015, p.96).

3.5.5 RED HIDROGRÁFICA

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

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

Tabla 13 Unidades hidrográficas de la cuenca del río Jequetepeque.

CODIGO	NOMBRE DE LA UNIDAD HIDRICA	AREA (Km²)	%	RIO PRINCIPAL
137741	Bajo Jequetepeque *	660.5	16.7%	Tramo del Río Jequetepeque
137742	Chausis	205.9	5.2%	Quebrada Chiminote
137743	Medio Bajo Jequetepeque *	153.3	3.9%	Tramo del Río Jequetepeque
137744	Pallac	236.9	6.0%	Río Pallac
137745	Medio Jequetepeque *	144.3	3.6%	Tramo del Río Jequetepeque
137746	Contumazá	187.7	4.7%	Río Contumazá
137747	Medio Alto Jequetepeque *	3.6	0.1%	Tramo del Río Jequetepeque
137748	San Miguel	1041.9	26.3%	Río San Miguel
137749	Alto Jequetepeque	1322.2	33.4%	Río Magdalena
TOTAL		3956.4	100.0%	

3.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación parte de una caracterización física, calculando parámetros geomorfológicos y climatológicos de la cuenca, a partir de información cartográfica, climatológica y observaciones en campo, dándole un carácter descriptivo a la investigación; luego, se evalúa las variables que nos permite determinar el valor económico del agua para luego determinar un pago por servicios ambientales en la cuenca del río Jequetepeque (cabecera de cuenca): V1: variables climáticas en la cuenca para determinar el balance hídrico en la cuenca (oferta y demanda), generar caudales mensuales con el modelo hidrológico y V2: Caudales observados en la estación hidrométrica; y aporte de caudales a la zona baja de la cuenca (valle del Jequetepeque), encontrando el grado de relación entre éstas dos variables; este tipo de investigación es denominada **correlacional**. Luego, usando un criterio lógico deductivo se ha procedido a determinar el costo por metro cubico de agua para plantear un pago por servicios ambientales. Finalmente se ha calculado el volumen de agua en la cuenca con el propósito de determinar qué lugares serían las adecuadas para realizar una reforestación.

3.7 PROCEDIMIENTO

3.7.1 ETAPA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se ha recopilado información meteorológica durante 35 años a partir de información mensual de las estaciones meteorológicas pertenecientes a la cuenca del río Jequetepeque y la estación vecinas y realizar un análisis de saltos y tendencias de dichas variables (ver anexo), otra parte de la información se ha obtenido realizando visitas a campo y de estudios realizados para la misma cuenca y se ha identificado características principales de la cuenca como vegetación, fauna, pendiente, suelos, geología, red de drenaje, canales efluentes, etc.

Por otro lado se ha recopilado información de entidades e instituciones como SENAMHI, ANA, ALA entre otros.

3.7.2 PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Jequetepeque han sido calculados usando software comerciales como AutoCAD, ArcGIS y Excel. La información básica de cartografía ha sido obtenida de cartas nacionales en escala 1/100000 proporcionadas por el IGN, el plano topográfico de referencia se puede apreciar en el anexo.

Tabla 14 Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Jequetepeque

PARÁMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA DEL RÍO JEQUETEPEQUE (Presa Gallito Ciego)			
1. Información obtenida a partir de la Represa Gallito Ciego (Aguas Arriba)			
A) Parámetros Asociados a la Cuenca			
*)	Área de la Cuenca Jequetepeque	3443.06	Km ²
*)	Perímetro de la Cuenca Jequetepeque	376.32	Km
*)	Ancho Máximo (B _{máx})	69.57	Km
*)	Longitud de Máximo Recorrido (L _{máx})	117.22	Km
*)	Longitud del Cauce Principal (L _{cp})	78.93	Km
*)	Longitud Media de la Cuenca (L _{mc})	94.69	Km
*)	Ancho Medio (B _m)	43.62	Km
*)	Longitud al Centro de Gravedad		
-	X Centroíde	743635.55	m
-	Y Centroíde	9209981.13	m
-	Z Centroíde	2818.03	m.s.n.m
*)	Cota Máxima (Z _{máx})	4200	m.s.n.m
*)	Cota Mínima (Z _{mín})	350	m.s.n.m

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

Se aprecia que las variaciones de altitudes van desde 350 msnm hasta 4200msnm ubicado en la parte baja de la cuenca la represa gallito ciego también se extienden hasta la parte más alta de la cuenca del rio San Pablo y de la cuenca del rio San Miguel.

Tabla 15 Parámetros geométricos de unidades hidrográficas.

Rectángulo Equivalente o Rectángulo De Gravelius			
*)	Longitud del lado Mayor del Rectángulo (L)	167.62	Km
*)	Longitud del lado Menor del Rectángulo (l)	20.54	Km
*)	Cota Máxima (Zmáx)	4200	m.s.n.m
*)	Cota Mínima (Zmín)	350	m.s.n.m
*)	Áreas Parciales (A1, A2, ...A12)	12	
*)	Intervalos	320.83	

Z1	Z2	Áreas	Km ²	Longitud	Km	Acumulado
350	670.83	A1	80.05	L1=	3.90	3.90
670.83	991.67	A2	177.57	L2=	8.64	12.54
991.67	1312.50	A3	241.35	L3=	11.75	24.29
1312.50	1633.33	A4	251.76	L4=	12.26	36.55
1633.33	1954.17	A5	266.56	L5=	12.98	49.52
1954.17	2275.00	A6	265.73	L6=	12.94	62.46
2275.00	2595.83	A7	321.93	L7=	15.67	78.13
2595.83	2916.67	A8	417.82	L8=	20.34	98.47
2916.67	3237.50	A9	459.64	L9=	22.38	120.85
3237.50	3558.33	A10	508.68	L10=	24.76	145.61
3558.33	3879.17	A11	345.84	L11=	16.84	162.45
3879.17	4200.00	A12	106.16	L12=	5.17	167.62
ÁREA TOTAL=			3443.06	L=	167.62	

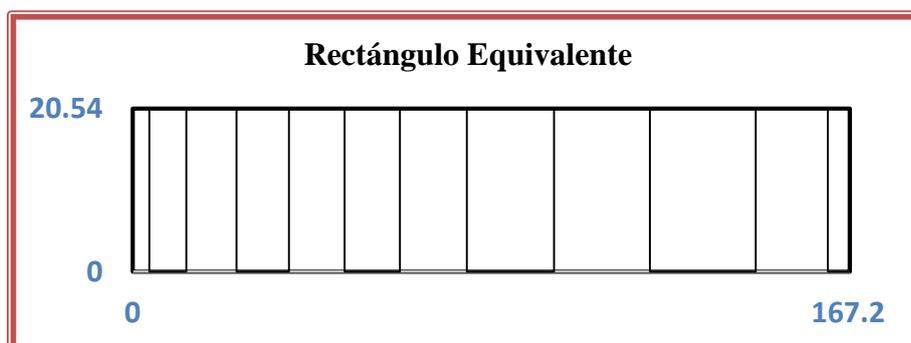


Tabla 16 Parámetros de forma de la Cuenca del río Jequetepeque.

B) Parámetros de Forma			
-	Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius(Ic)	1.81	
-	Factor de Forma (Ff)	0.55	
-	Coeficiente de Forma (Kf)	0.46	
-	Relación de Elongación (Re)	0.70	
-	Relación de Circularidad (Rci)	0.31	
-	Rectángulo Equivalente o Rectángulo De Gravelius		
*)	Longitud del lado Mayor del Rectángulo (L)	167.62	Km
*)	Longitud del lado Menor del Rectángulo (l)	20.54	Km
*)	Área del Rectángulo Equivalente (Ar)	3443.06	Km²
*)	Perímetro del Rectángulo Equivalente (Pr)	376.32	Km

PARÁMETROS DE RELIEVE

Pendiente de la cuenca:

Para calcular la pendiente de la cuenca se ha usado el Criterio de J.W. Alvord descrito en el ítem del marco teórico. La pendiente de la cuenca del río Jequetepeque se calculada ayuda del software ArcGIS resulta 38.75 % lo que resulta una pendiente escarpado. Sin embargo, en algunos lugares existen pendientes superiores a 90 % especialmente cerca al cauce principal, así también existen zonas con pendientes bajas de alrededor de 1%.

Tabla 17 Pendiente de la Cuenca (Criterio de J.W.Alvord)

Equidistancia=	320.83	m	Área Total=	3443.06	Km²	
Equidistancia=	0.32	Km				
Z1	Z2	Áreas	Km²	Longitud	m	Km
350.00	670.83	A1	80.05	L1=	125242.01	125.24
670.83	991.67	A2	177.57	L2=	314950.67	314.95
991.67	1312.50	A3	241.35	L3=	395983.54	395.98
1312.50	1633.33	A4	251.76	L4=	408584.08	408.58
1633.33	1954.17	A5	266.56	L5=	389451.40	389.45
1954.17	2275.00	A6	265.73	L6=	446097.07	446.10
2275.00	2595.83	A7	321.93	L7=	508223.57	508.22
2595.83	2916.67	A8	417.82	L8=	519449.80	519.45
2916.67	3237.50	A9	459.64	L9=	461412.72	461.41
3237.50	3558.33	A10	508.68	L10=	369252.07	369.25
3558.33	3879.17	A11	345.84	L11=	166182.07	166.18
3879.17	4200.00	A12	106.16	L12=	53770.63	53.77
AREA TOTAL=			3443.06	Long. T=	4158599.62	4158.60

Pendiente de la Cuenca

0.3875

Pendiente de la Cuenca

38.75 %

Accidentado

Tabla 18 Pendiente de la Cuenca (Criterio de R.E. Horton)

N° DE LA MALLA	Intersecciones		Longitudes en (Km)	
	Nx	Ny	Lx	Ly
1	3		2.189	
2	38		30.638	
3	67		84.294	
4	71		81.219	
5	72		82.024	
6	79		73.79	
7	56		54.012	
8	38		51.096	
9	41		50.779	
10	25		53.131	
11	31		63.552	
12	24		40.526	
13	13		27.45	
14	9		8.931	
15		8		7.401
16		8		11.468
17		18		20.548
18		49		49.552
19		46		47.654
20		48		42.746
21		42		43.113
22		44		51.164
23		38		54.565
24		42		56.959
25		37		56.177
26		49		59.862
27		49		65.369
28		33		57.624
29		23		26.853
30		25		20.061
31		18		14.743
32		12		10.781
33		5		4.496
TOTAL	567	594	703.631	701.136

Equidistancia=	320.83	m
Equidistancia=	0.32	Km

Sx=	0.259	25.85
Sy=	0.272	27.18

Sc=	Sx/Sy=	26.52	%
Sc=	(Sx*Sy)^(1/2)=	26.51	%

Tabla 19 Índice de Pendiente Cuenca (M.Roche) (Ip)

Equidistancia=	320.83	m	Área Total=	3443.06	Km^2	
Equidistancia=	0.32	Km				
Z1	Áreas	Km^2	Km^2(Acum)	L(Mayor)	Ip	
350.00	A0	0.00	0.00	167.62	Ip(0)	0.0000
670.83	A1	80.05	80.05	167.62	Ip(1)	0.2110
991.67	A2	177.57	257.62	167.62	Ip(2)	0.3784
1312.50	A3	241.35	498.97	167.62	Ip(3)	0.5267
1633.33	A4	251.76	750.72	167.62	Ip(4)	0.6460
1954.17	A5	266.56	1017.28	167.62	Ip(5)	0.7520
2275.00	A6	265.73	1283.00	167.62	Ip(6)	0.8445
2595.83	A7	321.93	1604.93	167.62	Ip(7)	0.9446
2916.67	A8	417.82	2022.75	167.62	Ip(8)	1.0604
3237.50	A9	459.64	2482.38	167.62	Ip(9)	1.1747
3558.33	A10	508.68	2991.07	167.62	Ip(10)	1.2895
3879.17	A11	345.84	3336.91	167.62	Ip(11)	1.3620
4200.00	A12	106.16	3443.06	167.62	Ip(12)	1.3835
AREA TOTAL=		3443.06			Ip=	10.57

Tabla 20 Clasificación de Pendiente en las Cuencas

Clasificación de Pendiente en las Cuencas	
Pendiente (%)	Tipo de Terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado Medio
15	Accidentado
25	Fuertemente Accidentado
50	Escarpado
>50	Muy Escarpado

Tabla 21 Clasificación de la Pendiente la Cuenca del río Jequetepeque

Clasificación de Pendiente de la Cuenca	38.75	%	Escarpado	(Criterio de J.W.Alvord)
Clasificación de Pendiente de la Cuenca	26.52	%	Escarpado	(Criterio de R.E. Horton)

Para calcular la pendiente de la cuenca se ha usado el Criterio de J.W.Alvord y el criterio de Horton descrito en el marco teórico. La pendiente de la cuenca calculada que mejor se ajusta a la realidad es mediante el (Criterio de J.W.Alvord) y resulta 38.75 % lo que nos indica que es una pendiente escarpado. Sin embargo, en algunos lugares existen pendientes superiores a 80 % especialmente cerca al cauce principal, así también existen zonas con pendientes bajas de alrededor de 1%.

PARÁMETROS DE RED HÍDRICA

Tabla 22 Parámetros de la red hídrica en la Cuenca del río Jequetepeque.

Parámetros geomorfológicos de la Cuenca del Rio Jequetepeque Cajamarca-Perú (Escala 1/100 000)										
Micro cuenca	A	A	P	H	N	K _c	R _c	C _o (%)	Unidad Hidrográfica	Vertiente
	(Km ²)	(m ²)	(Km)							
Río Grande ²	441.12	4.4E+08	114.9	3417.63	4	1.54		2.65	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. Huertas	100.89	1.0E+08	54.32	2389	3	1.53	3.75	5.66	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. Chausis	209.32	2.1E+08	73.65	2177.06	4	1.44	2.7	2.26	C Jequetepeque	Pacífico
Río Poclush	889.76	8.9E+08	170.95	3061.25	5	1.62	4.67	1.05	C Jequetepeque	Pacífico
Río Rejo*	218.8	2.2E+08	90.77	3665.25	4	1.73	3.33	6.14	C Jequetepeque	Pacífico
Río San Juan	139.71	1.4E+08	60.88	3300.94	4	1.19	2.83	7.80	C Jequetepeque	Pacífico
Río Magdalena	1008.89	1.0E+09	179.24	3024.18	4	1.70	4.59	0.91	C Jequetepeque	Pacífico
Río Naranjo	29.5	3.0E+07	31.29	2966.01	2	0.19	0.67	29.82	C Jequetepeque	Pacífico
Río San Miguel	1042.76	1.0E+09	194.76	2869.03	5	0.99	3.33	0.79	C Jequetepeque	Pacífico
Río San Pablo	180.46	1.8E+08	69.24	2505.02	3	1.45	2.47	3.48	C Jequetepeque	Pacífico
Río Chetillano	177.79	1.8E+08	67.08	2790.2	4	1.42	2.89	4.38	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. Chantilla	97.17	9.7E+07	51.77	2620.03	3	1.48	3.5	7.06	C Jequetepeque	Pacífico
Río Pallac	238.21	2.4E+08	81.63	2363.37	4	1.49	2.93	2.34	C Jequetepeque	Pacífico
Río Contumazá	185.17	1.9E+08	81.41	2446.18	4	1.69	4.8	3.23	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. La Bamba	50.45	5.0E+07	47.64	1799.78	2	1.89	0.67	6.42	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. Nazario	31.00	3.1E+07	23.85	1733.36	2	1.21	0.67	9.69	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. Del Chorro	17.38	1.7E+07	25.55	1948.44	2	1.73	0.33	21.84	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. La Ramada	36.39	3.6E+07	29.83	1268.89	2	1.39	1.33	4.42	C Jequetepeque	Pacífico

Río LLapa	668.97	6.7E+08	140.55	3294.63	4	1.53	4.4	1.62	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. Honda	118.42	1.2E+08	71.41	3521.99	3	1.85	2.42	10.47	C Jequetepeque	Pacífico
Río Tumbadén	303.55	3.0E+08	96.88	3520.71	4	1.57	3.62	4.08	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. El Cardo	30.27	3.0E+07	25.53	1948.44	3	1.31	1.17	12.54	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. Yamulán	53.83	5.4E+07	34.17	2703.96	3	1.31	1.67	13.58	C Jequetepeque	Pacífico
Qda. Amillas	34.56	3.5E+07	33.05	2804.18	2	1.59	0.17	22.75	C Jequetepeque	Pacífico
Río Asunción	83.57	8.4E+07	42.17	2983.5	3	1.30	1.44	10.65	C Jequetepeque	Pacífico
Qda Quinuas	90.43	9.0E+07	49.42	2974.27	2	1.47	2.33	9.78	C Jequetepeque	Pacífico
Río Yaucán	58.45	5.8E+07	42.01	2815.24	2	1.55	3	13.56	C Jequetepeque	Pacífico
Río Chanta	97.17	9.7E+07	51.77	2620.03	3	1.48	3.5	7.06	C Jequetepeque	Pacífico
Yanahuanga	205.99	2.1E+08	88.39	3276.91		1.74	3.93	5.21	C Jequetepeque	Pacífico
San miguel parte alta	106.71	1.1E+08	51.84	3062.93		1.42	2	8.79	C Jequetepeque	Pacífico
Choten	35.09	3.5E+07	30.87	2177.06		1.47	1.89	13.51	C Jequetepeque	Pacífico
CHILANGO	30.17	3.0E+07	27.06	2739.29		1.39	1	24.87	C Jequetepeque	Pacífico
SAN JOSE	34.9	3.5E+07	29.35	2999.24		1.40	1	25.77	C Jequetepeque	Pacífico

Fuente: elaboración propia.

Tabla 23 Parámetros de la Red Hídrica Microcuenca Chausis.

**CUENCA JEQUETEPEQUE
PARÁMETROS MORFOMÉTRICO MICROCUENCA
CHAUSIS**

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR		
DE LA SUPERFICIE				
Área	km2	209.32		
Perímetro de la cuenca	km	73.65		
COTAS				
Cota máxima	msnm	3650.00		
Cota mínima	msnm	456.74		
CENTROIDE (PSC:wgs 1984 UTM Zona 18S)				
X Centroide	m	717477.88		
Y Centroide	m	9187940.76		
Z Centroide	msnm	2177.06		
ALTITUD				
Altitud media	msnm	2177.06		
ORDEN				
	1	N° de Cauces	18	
	2	N° de Cauces	6	Rc1= 3
	3	N° de Cauces	2	Rc2= 3
	4	N° de Cauces	1	Rc3= 2
				Rc= 2.67

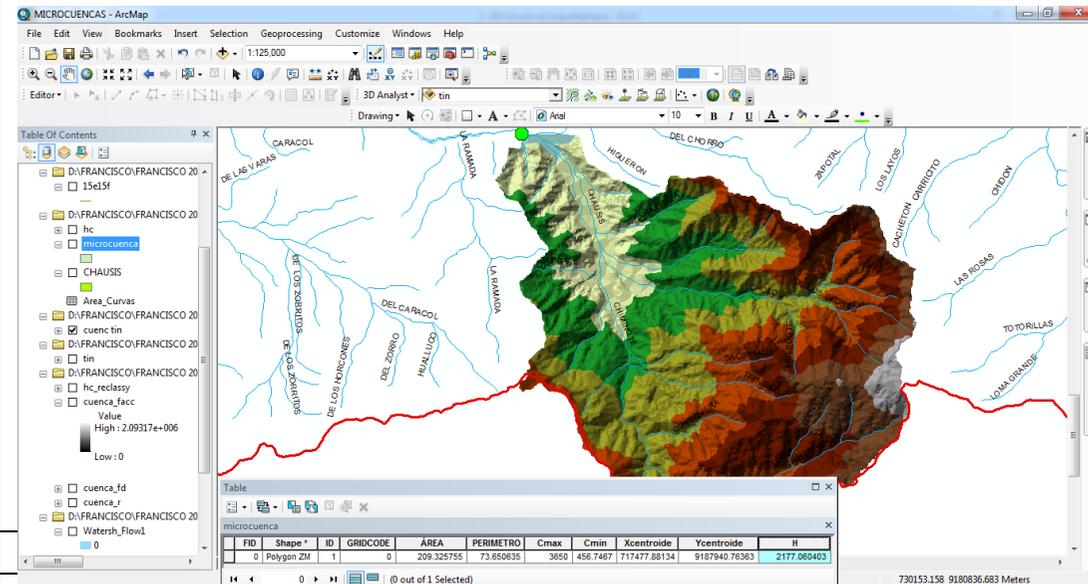
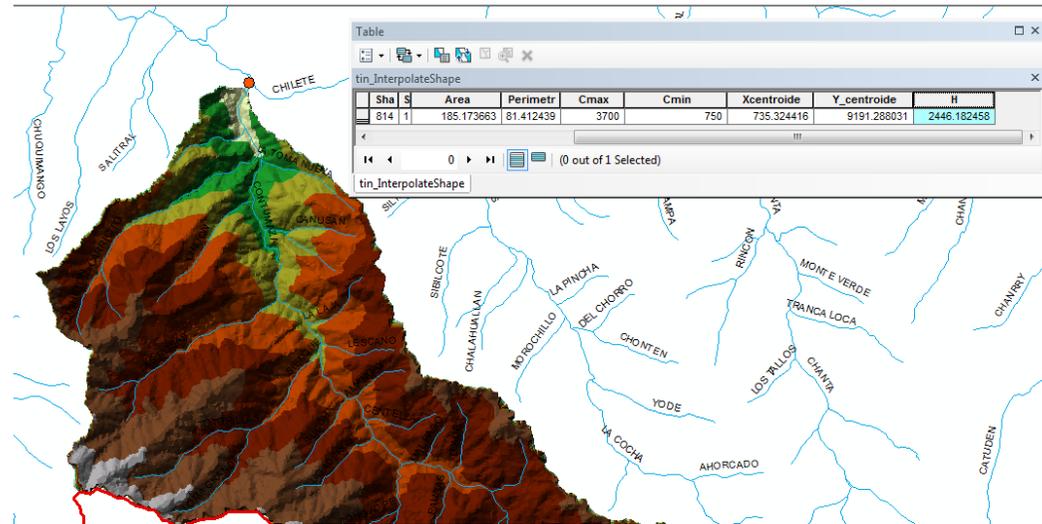


Tabla 24 Parámetros de la Red Hídrica Microcuenca Contumazá.

**CUENCA JEQUETEPEQUE
PARÁMETROS MORFOMÉTRICO MICROCUENCA RIO
CONTUMAZÁ**

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR		
DE LA SUPERFICIE				
Área	km2	185.17		
Perímetro de la cuenca	km	81.41		
COTAS				
Cota máxima	msnm	3700.00		
Cota mínima	msnm	750		
CENTROIDE (PSC:wgs 1984 UTM Zona 18S)				
X Centroide	m	735.32		
Y Centroide	m	9191.28		
Z Centroide	msnm	2446.18		
ALTITUD				
Altitud media	msnm	2446.18		
ORDEN				
1	N° de Cauces	22		
2	N° de Cauces	6	Rc1=	3.7
3	N° de Cauces	1	Rc2=	6
4	N° de Cauces	0	Rc3=	
			Rc=	4.83



De esta misma manera se han calculado los parámetros geomorfológicos de las microcuencas del río Jequetepeque, haciendo uso del sistema de información geográfica (ARCGIS), como se puede visualizar un plano general de dichas microcuencas.

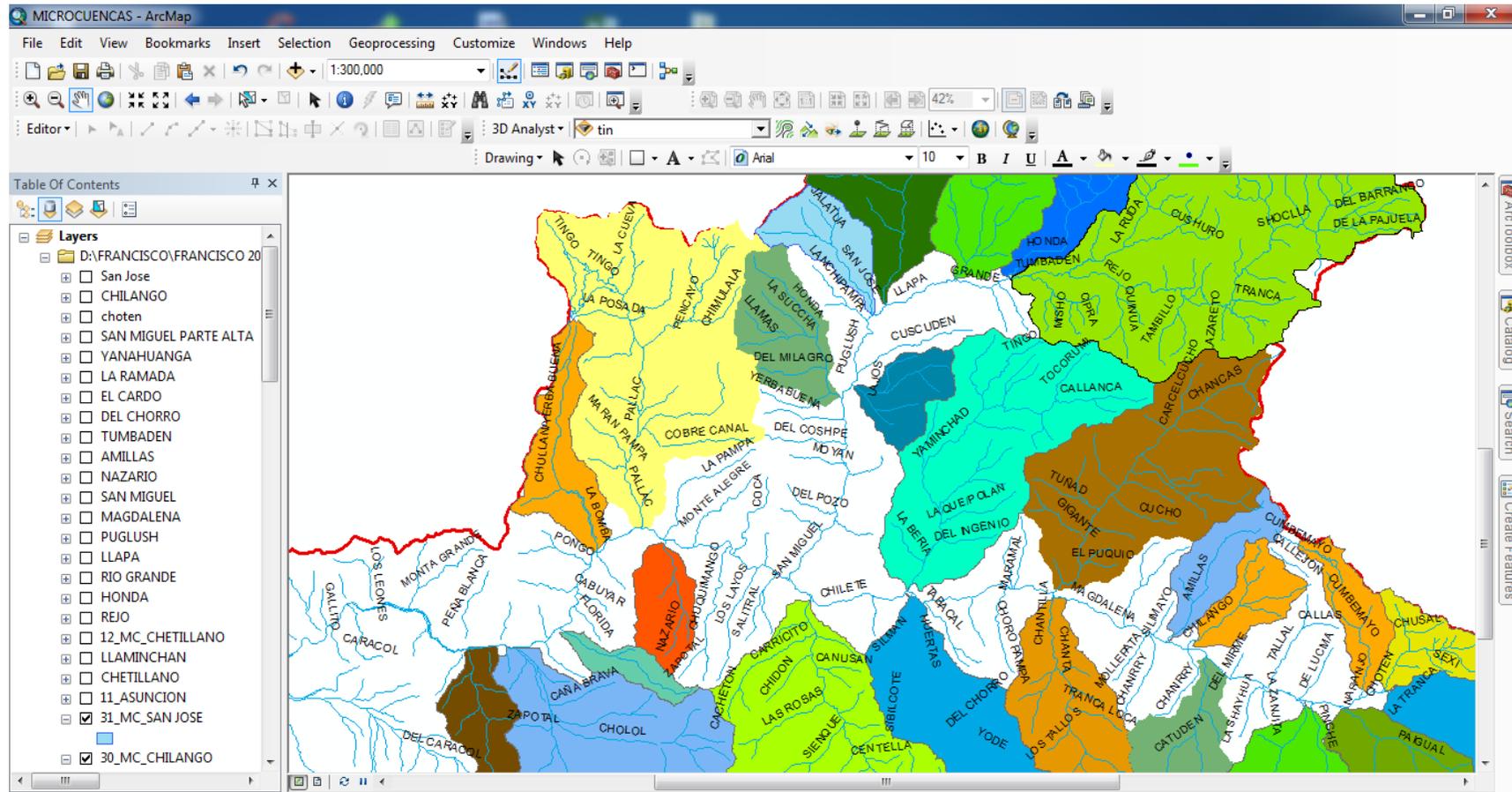


Figura 23 Delimitación de las microcuencas.

3.7.3 CLIMATOLOGÍA

Temperatura

La temperatura media anual de cuatro estaciones pertenecientes a la cuenca se ha obtenido a partir de datos mensuales según se muestra la siguiente tabla.

Tabla 25 Temperatura media anual por estaciones

ESTACIÓN	TEMPERATURA EN (°C)
MAGDALENA	22.00
LLAPA	11.87
GRANJA PORCÓN	17.12
CONTUMAZÁ	14.09
ASUNCIÓN	16.64
<i>PROMEDIO</i>	<i>16.34</i>

Precipitación

La precipitación fue obtenida por el método de las isoyetas descrito en el marco teórico para lo cual se ha usado datos de las estaciones pertenecientes a la cuenca del río Jequetepeque y estaciones vecinas.

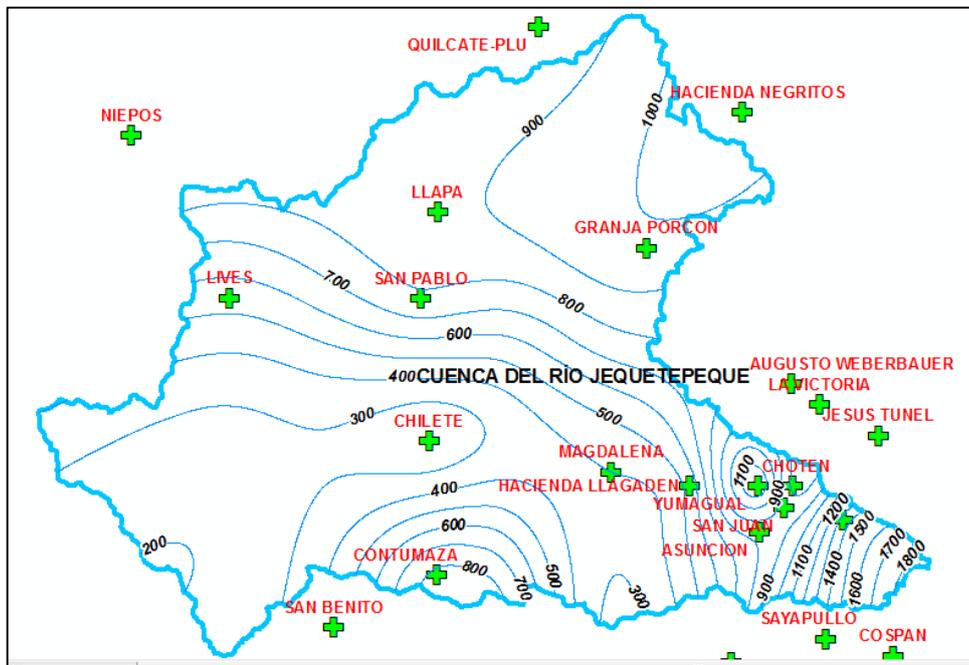


Figura 24 Método de las isoyetas

Fuente: Elaboración propia a partir de data de Senamhi

Humedad relativa

La humedad relativa media anual de la cuenca del río Jequetepeque se encuentra en 76.41 %. Calculada a partir de la base de datos proporcionada por Senamhi.

Tabla 26 Humedad relativa media anual por estaciones

ESTACIÓN	HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL EN (%)
MAGDALENA	68.64
LLAPA	83.53
GRANJA PORCÓN	81.94
CONTUMAZÁ	75.02
ASUNCIÓN	72.94
<i>PROMEDIO</i>	<i>76.41</i>

Caudales observados

El caudal líquido que se viene registrando en la estación Yonán cuyo periodo es (1965-2015), y monitoreado por el Senamhi. Ya que dicha información servirá para el análisis de la presente investigación.

Para obtener el transporte de sedimentos de fondo se utilizara los caudales máximos diarios de dicha estación que se encuentra ubicada a 300m sobre del puente Yonán.



Imagen 8 Estación Yonán datos de caudales diarios

3.7.4 DEMANDA EXISTENTE.

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

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

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PRINCIPAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO JEQUETEPEQUE.

REGULADO

PRESA GALLITO CIEGO.

Es la estructura principal del Proyecto Jequetepeque – Zaña y está constituido por un dique de tierra de 105 m de altura, con una longitud en su corona de 797 m que cierra el río Jequetepeque y forma un almacenamiento actual 533.53 hm³. Dispone de una estructura de captación en su estribo derecho conformada por un carril y casa de máquinas, reja móvil y compuerta vagón así como sus dispositivos de izaje o de funcionamiento, conducto – túnel, estructura de descarga conformada por dos válvulas de emergencia tipo mariposa y dos válvulas de servicio Howell Bunger (capacidad de máxima descarga es de 70.00 m³/s cada una) con sus correspondientes estructuraciones electromecánicas para el cierre o apertura; además presenta un aliviadero de crecidas con un caudal de diseño de 1630m³/s.

Niveles y volúmenes según Batimetría 2013.

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

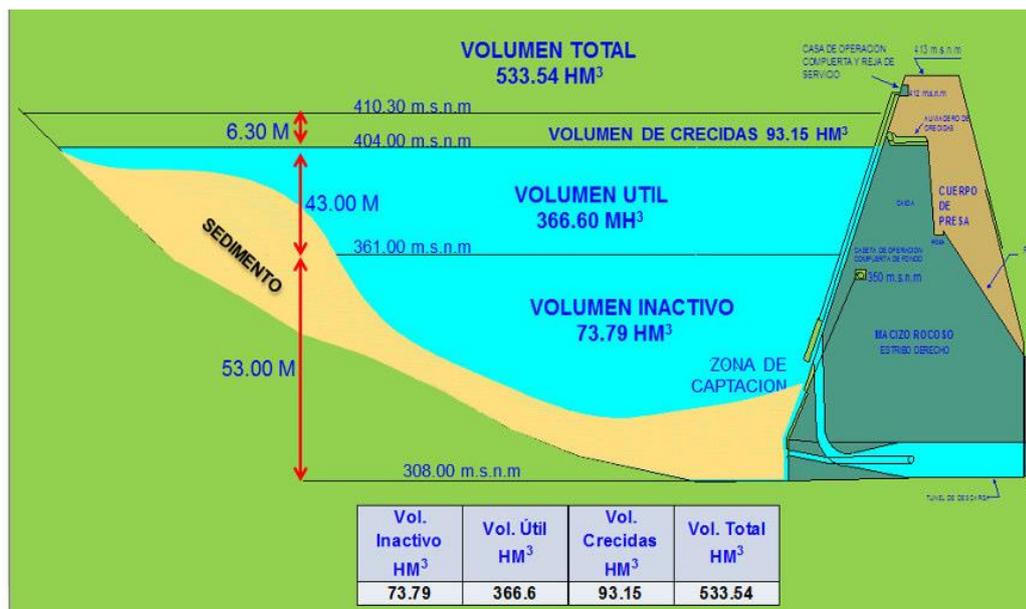


Figura 25 Niveles y volúmenes según Batimetría 2013

INSTALACIONES DE SERVICIO

MINI CENTRAL

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

BOCATOMA TALAMBO ZAÑA

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



Figura 26 Estructura de Entrega Canal Talambo Zaña y Canal Guadalupe.

BOCATOMA JEQUETEPEQUE

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



Imagen 9 Zona de Captación y Derivación de Bocatoma Jequetepeque.

CANALES DE DERIVACIÓN

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



Imagen 10 Entrega de Bocatoma Talambo – Zaña al Canal Talambo Zaña

Tabla 27 Canales de Derivación en el valle del Jequetepeque

Nº	Nombre del canal / Túnel	Caudal máximo de diseño	Coordenadas UTM del final			Longitud del canal				Total (km)
			Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Zona	Revestido (km)	Sin Revestir (km)	
1	TUNEL DE	45.00	697236	9199724	697248	9199550	17 S	0.11		0.11
2	GALLITO	0.05	697217	9199609	695752	9198118	17 S	3.12		3.12
3	CASA DE TORTA	0.15	696814	9199112	694894	9198091	17 S	3.8		3.80
4	LAS VARAS	0.20	696728	9198718	696065	9197457	17 S		1.85	1.85
5	LA ISLA	0.05	695586	9197802	695165	9197876	17 S		0.75	0.75
6	PAY PAY	0.15	695293	9198161	693191	9197046	17 S	3.8		3.80
7	EL LIMON	0.03	694283	9197032	693832	9196948	17 S		0.51	0.51
8	LAMPADEN	0.03	693053	9196960	692592	9196732	17 S		1.10	1.10
9	VENTANILLAS ALTO	1.00	694948	9197718	689328	9193938	17 S	8.77		8.77
10	VENTANILLAS BAJO	0.10	693561	9196993	693351	9196879	17 S		2.31	2.31
11	EL CHISCO	0.02	691254	9195509	690317	9195188	17 S		1.10	1.10
12	TOLON	1.80	691278	9195502	690169	9194996	17 S		15.83	15.83
13	ZAPOTAL	0.60	690404	9195248	689109	9195590	17 S		4.20	4.20
14	HUABAL	2.01	688316	9195044	686660	9194738	17 S		9.98	9.98
15	REUBICADOS	0.10	686124	9193749	693118	9196951	17 S		0.64	0.64
16	TEPACA	1.89	680336	680336	678387	9188821	17 S		2.27	2.27
17	MACILLO	0.60	661772	9190152	657644	9190875	17 S		3.60	3.60
18	PELEJITO	0.60	659554	9190326	658626	9190638	17 S		1.30	1.30
19	EL BEN	0.30	656789	9189991	656086	9189766	17 S		0.78	0.78
20	JEQUETEPEQUE	2.50	668115	9190021	667689	9189931	17 S	13.24		13.24
21	SEGUNDA TOMA DE	0.11	662662	9190220	660491	9189337	17 S		2.14	2.14
22	SAN PEDRO- SAN	9.50	679952	9190040	674959	9187580	17 S		25.03	25.03
23	TALAMBO ZAÑA	34.55	684280	9191770	674468	9213007	17 S	31.3		31.30
24	GUADALUPE	20.00	684280	9191770	670613	9200718	17 S	1.91	19.80	21.71

Total 159.24

Demanda de Agua en el Sistema Hidráulico Jequetepeque Regulado

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

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

Tabla 28 Demanda bruta de agua por clase y tipo en el valle del Jequetepeque.

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

Áreas bajo riego y Cedula de cultivos

El área total de cultivos programada para la campaña grande 2015-2016 es de 39,635.16 ha, según detalle en la tabla 29. Así mismo se ha optado por considerar como cedula de cultivo representativa la correspondiente a la campaña grande 2015- 2016.

Tabla 29 Áreas Aprobadas de los cultivos para la Campaña Grande 2015-2016.

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

Cultivos para la Campaña Grande 2015-2016

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

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

al 31 de diciembre del 2015.

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

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

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

Demanda Bruta de Agua por sector Hidráulico

La Demanda de Agua del Sector Hidráulico para todos los usos es de 731.494 hm³, ver Tabla 36.



Imagen 11 Demanda de Agua del Sector Hidráulico

Tabla 30 Áreas con cultivos instalados y programados.

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

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

Tabla 31 Demanda bruta de agua del Sector Hidráulico.

DEMANDA DE AGUA	VOLUMEN DE AGUA (hm3)												VOLUMEN TOTAL (hm3)
	2015					2016							
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
SUB SECTOR HIDRAULICO PAY PAY	0.343	0.313	0.334	0.373	0.567	0.661	0.583	0.463	0.273	0.155	0.150	0.155	4.371
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	0.209	0.184	0.200	0.243	0.434	0.527	0.462	0.329	0.144	0.021	0.021	0.021	2.794
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO VENTANILLAS	0.338	0.325	0.350	0.440	0.679	0.797	0.707	0.555	0.324	0.178	0.174	0.178	5.043
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	0.204	0.196	0.216	0.310	0.545	0.663	0.586	0.421	0.195	0.044	0.044	0.044	3.466
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO TOLON	4.687	4.079	3.936	3.766	5.175	6.080	5.459	4.380	2.710	1.550	1.546	1.550	44.918
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	4.553	3.949	3.802	3.637	5.041	5.946	5.338	4.246	2.580	1.416	1.416	1.416	43.341
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO HUABAL-ZAPOTAL	0.985	0.947	0.791	1.362	2.429	3.003	2.615	1.921	0.880	0.177	0.172	0.177	15.458
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	0.851	0.817	0.657	1.233	2.295	2.869	2.494	1.787	0.750	0.043	0.043	0.043	13.881
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO TALAMBO	11.459	7.641	7.344	10.166	18.593	22.737	20.203	19.779	14.487	9.116	7.917	7.934	157.375
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	9.681	5.949	5.566	7.956	15.475	19.619	17.474	16.661	12.277	7.338	6.225	6.156	130.376
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	1.778	1.692	1.778	2.210	3.118	3.118	2.729	3.118	2.210	1.778	1.692	1.778	26.999
SUB SECTOR HIDRAULICO TALAMBO-PRESURIZADO	1.884	1.884	1.884	3.164	2.809	3.236	3.126	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	29.349
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	1.884	1.884	1.884	3.164	2.809	3.236	3.126	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	29.349
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO CHEPEN	2.231	1.879	1.756	4.867	8.993	11.627	10.132	7.294	3.141	0.386	0.386	0.386	53.078
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	2.231	1.879	1.756	4.867	8.993	11.627	10.132	7.294	3.141	0.386	0.386	0.386	53.078
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO GUADALUPE	1.093	1.059	1.507	5.846	10.814	13.610	11.824	8.352	3.323	0.053	0.037	0.037	57.556
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	1.093	1.059	1.507	5.846	10.814	13.610	11.824	8.352	3.323	0.053	0.037	0.037	57.556
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO PUEBLO NUEVO	1.943	1.631	1.654	7.037	12.614	16.055	14.087	10.334	4.642	0.954	1.083	0.994	73.028
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	1.943	1.631	1.654	7.037	12.614	16.055	14.087	10.334	4.642	0.954	1.083	0.994	73.028
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO PACANGA	2.995	2.315	1.878	6.301	11.190	14.956	13.160	9.663	4.482	1.026	1.344	1.166	70.475
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	2.995	2.315	1.878	6.301	11.190	14.956	13.160	9.663	4.482	1.026	1.344	1.166	70.475
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO LIMONCARRO	0.953	0.910	1.224	4.999	9.246	11.664	10.130	7.187	2.905	0.082	0.082	0.082	49.462
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	0.953	0.910	1.224	4.999	9.246	11.664	10.130	7.187	2.905	0.082	0.082	0.082	49.462
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO TECAPA	1.280	1.111	0.747	1.541	2.753	3.433	4.036	2.149	1.395	0.142	0.137	0.142	18.866
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	0.134	0.121	0.134	0.130	0.134	0.130	0.134	1.577
USO AGRARIO	1.146	0.981	0.613	1.412	2.620	3.299	3.915	2.015	1.265	0.008	0.008	0.008	17.289
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO SAN PEDRO	0.546	0.481	0.833	6.149	11.173	13.999	12.215	8.695	3.652	0.330	0.357	0.342	58.773
USO POBLACIONAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	0.546	0.481	0.833	6.149	11.173	13.999	12.215	8.695	3.652	0.330	0.357	0.342	58.773
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO SAN JOSE	1.999	1.951	2.308	6.713	11.953	14.841	12.937	9.325	4.103	0.676	0.658	0.676	68.139
USO POBLACIONAL	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	0.536	0.484	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	6.307
USO PRIMARIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USO AGRARIO	1.463	1.432	1.772	6.195	11.417	14.306	12.453	8.789	3.585	0.140	0.140	0.140	61.832
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO JEQUETEPEQUE	0.368	0.370	0.417	1.545	2.740	3.381	2.970	2.138	0.960	0.175	0.192	0.182	15.438
USO AGRARIO	0.368	0.370	0.417	1.545	2.740	3.381	2.970	2.138	0.960	0.175	0.192	0.182	15.438
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUB SECTOR HIDRAULICO AREAS NUEVAS	0.710	1.381	1.045	1.045	1.045	1.203	0.922	0.563	0.563	0.563	0.563	0.563	10.164
USO AGRARIO	0.710	1.381	1.045	1.045	1.045	1.203	0.922	0.563	0.563	0.563	0.563	0.563	10.164
TOTAL POR CLASE Y TIPO													
USO POBLACIONAL	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	0.536	0.484	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	6.307
USO PRIMARIO	0.670	0.648	0.670	0.648	0.670	0.670	0.605	0.670	0.648	0.670	0.648	0.670	7.884
USO AGRARIO	30.830	25.418	25.024	61.939	108.449	136.958	121.290	90.747	46.736	14.850	14.212	13.850	690.303
OTROS USOS: (MOTOBOMBAS)	1.778	1.692	1.778	2.210	3.118	3.118	2.729	3.118	2.210	1.778	1.692	1.778	27.000
VOLUMEN TOTAL SUB SECTOR HIDRAULICO (hm3)	33.813	28.276	28.007	65.315	112.772	141.281	125.108	95.070	50.112	17.833	17.070	16.834	731.494
CAUDAL PROMEDIO POR SUB SECTOR HIDRAULICO (m3/s)	12.624	10.909	10.457	25.199	42.104	52.748	51.715	35.495	19.334	6.658	6.586		

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA DEL SISTEMA JEQUETEPEQUE NO REGULADO

Infraestructura Hidráulica de Almacenamiento

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

Tabla 32 Características de Represas en la Cuenca Alta.

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

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

La Red de Riego

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

Áreas Bajo Riego y Cedula de Cultivos

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

tiene que la mayoría de los cultivos y en casi todas los sectores, las siembras se dan entre los meses de Octubre y Noviembre (campana principal).

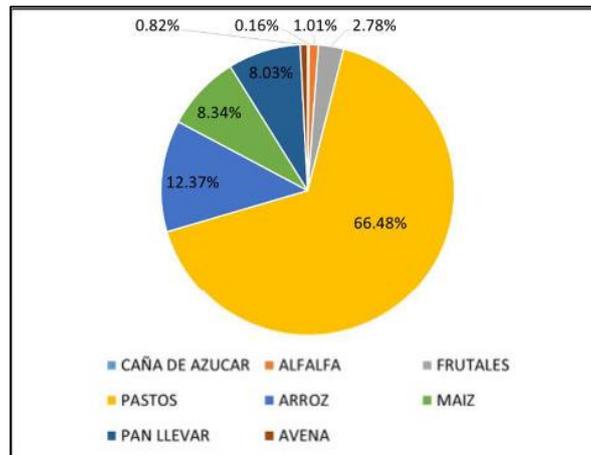


Figura 27 Áreas para los cultivos, campaña agrícola 2004- 2005

La rotación de cultivos posibilita el doble uso de la tierra, debido a que algunos cultivos tienen un período vegetativo de 6 meses o menos, y permite realizar durante el año dos campañas; la primera llamada también "campaña grande", que comienza a partir de julio y agosto, y la segunda, denominada "campaña chica", que se inicia a partir de enero y febrero. En la cuenca alta Jequetepeque no se acostumbra realizar la rotación de cultivos, por tener escasez de agua y periodos vegetativos largos de los cultivos. Información detallada de las cédulas de cultivo para cada Bloque se puede observar en el tabla 33.

Demanda de Agua en la Cuenca Alta de Jequetepeque

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

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

La demanda agrícola total de la cuenca alto Jequetepeque asciende a **61.35 hm³**, considerando un área bajo riego de 5,161.14 ha.

Tabla 33 Áreas y Cedulas de cultivos para la cuenca alto Jequetepeque.

BLOQUES DE RIEGO				
COMISION DE REGANTES	Nº	NOMBRE DE BLOQUE	AREA TOTAL (has) PROFODUA	AREA BAJO RIEGO (has) PROFODUA
MAGDALENA	1	MAGDALENA	105.96	105.54
			105.96	105.54
CONTUMAZA	2	CONTUMAZA	427.61	196.50
			427.61	196.50
SAN PABLO	3	SAN PABLO	1891.76	488.01
			1891.76	488.01
	4	LIRIO COCHAN	924.80	839.45
			924.80	839.45
	5	QDAS. CHACHACOMA, EL POZO VERDE, POZO SECO, UÑELON, FRAGUA	1096.23	837.74
			1096.23	837.74
	6	SAN MIGUEL	1641.87	1517.79
1641.87			1517.79	
7	SAN PABLO - CALLANCAS	859.90	459.23	
		859.90	459.23	
CHILETE	8	CHILETE	481.78	383.10
			481.78	383.10
RIO PAYAC	9	RIO PAYAC	57.18	54.00
			57.18	54.00
TEMBLADERA	10	TEMBLADERA	332.75	279.78
			332.75	279.78
TOTAL DE LOS BLOQUES			7819.86	5161.15

Tabla 34 Requerimiento de Agua Bruta de los Bloques Cuenca Alto Jequetepeque (hm³)

N°	BLOQUES	AREA B.	Demanda Hídrica Agrícola (hm ³)												
		RIEGO (Ha)	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Total
1	MAGDALENA	105.54													
			0.00	0.00	0.02	0.11	0.15	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.38
2	CONTUMAZA	196.50													
			0.13	0.04	0.05	0.21	0.27	0.16	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.14	1.12
3	SAN PABLO	488.01													
			0.94	0.71	0.29	0.67	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.79	0.93	5.28
4	EL LIRIO COCHAN BAJO	839.45													
			1.77	1.39	0.61	1.19	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	1.51	1.74	9.96
5	QDAS .CHACHACOMA, EL POZO VERDE,	837.74													
	POZO SECO, UÑELON, FRAGUA		1.81	1.44	0.64	1.22	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	1.55	1.78	10.22
6	SAN MIGUEL	1517.79													
			2.86	2.14	0.88	2.01	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	2.43	2.84	16.07
7	SAN PABLO - CALLANCAS	459.23													
			0.48	0.29	0.23	0.56	0.59	0.31	0.00	0.00	0.00	0.23	0.41	0.50	3.61
8	CHILETE	383.10													
			0.06	0.05	1.34	1.42	1.42	1.31	1.10	0.88	0.00	0.04	0.06	0.06	7.74
9	RIO PAYAC	54.00													
			0.04	0.04	0.15	0.17	0.18	0.17	0.14	0.12	0.03	0.03	0.03	0.03	1.15
10	TEMBLADERA	279.78													
			0.04	0.99	1.03	1.05	1.02	0.91	0.72	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	5.82
TOTAL CUENCA ALTA		5161.15	8.13	7.08	5.24	8.61	6.81	2.96	1.96	1.00	0.03	4.58	6.91	8.03	61.35

3.7.5 BALANCE HÍDRICO

Definición de Balance Hídrico

La disponibilidad de agua para el Valle Jequetepeque, está supeditada a las descargas del río Jequetepeque, así como a los volúmenes de almacenamiento en el reservorio Gallito Ciego. En el sistema regulado se realiza la simulación utilizando las descargas medias mensuales de toda la serie hidrométrica en la estación Yonán, debiendo considerarse además las demandas por los diferentes usos, así como las pérdidas por evaporación en embalses y el movimiento del agua al inicio de mes y al final de mes, en la estructura de regulación.

Descripción del Esquema Hidráulico de la cuenca Jequetepeque

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

En la cuenca alta de Jequetepeque se distingue varios tipos de uso o consumo de agua superficial; siendo en orden de prioridad y por la magnitud de volumen consumido: demanda agrícola, poblacional y pecuaria. El consumo agrícola es el de mayor significación no sólo

por ser notablemente superior respecto a los otros, sino también por su importancia socio-económica. Asimismo en base al inventario de fuentes de agua superficial, se puede inferir que las demandas para uso poblacional y pecuario son atendidas principalmente por manantiales o puquios presentes en la cuenca alta. Las captaciones y canales derivadores en la cuenca alta se encuentran dispersos, sin embargo en el estudio elaborado por el PROFODUA se realizó la conformación de 10 bloques de riego a través de la agrupación de captaciones.

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

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

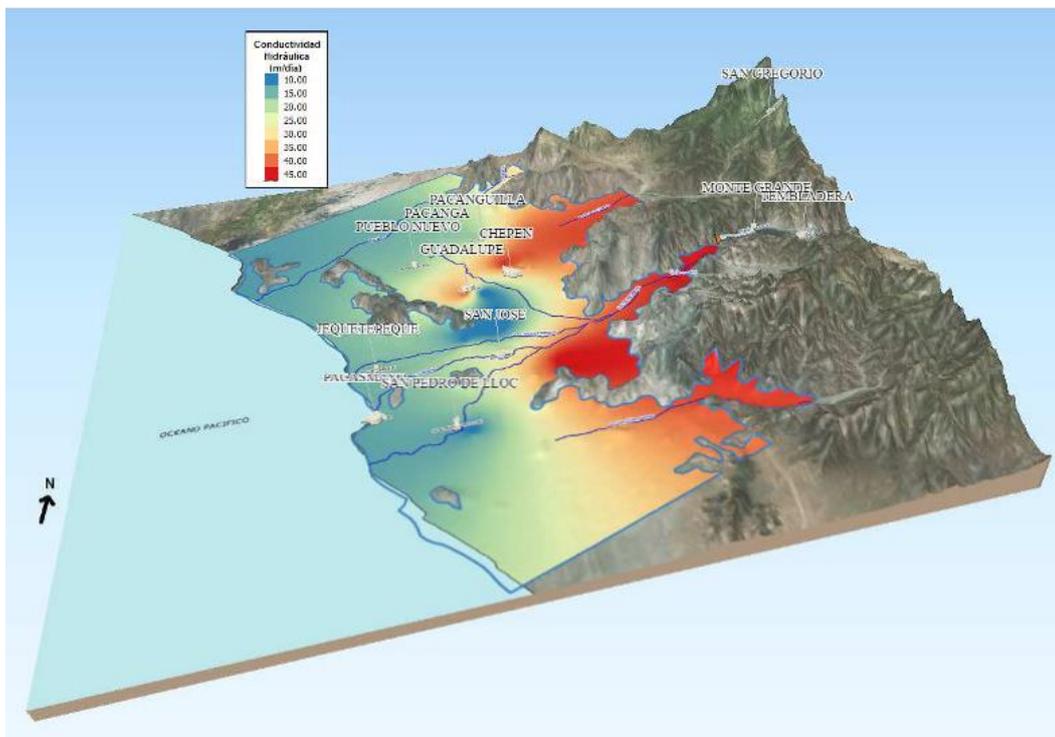


Imagen 12 Sectores Hidráulicos en la cuenca del río Jequetepeque.

Componentes del Balance Hídrico Superficial

Para elaborar el balance hídrico, se tomó como fuente de información el ‘Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas Sistema Hidráulico Jequetepeque 2014-2015’, aprobado con RD N°4226-2015-ANA-AAA JZ-V, y elaborado por la Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Regulado Jequetepeque, Gobierno Regional de la Libertad, Administración Local de Agua

Jequetepeque, Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña y el SENAMHI.

El Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas – PADH, es el instrumento técnico que permite proyectar las demandas mensuales de agua para todos los usos, así como las áreas del cultivo a instalar en el uso agrario, en el ámbito del sector hidráulico regulado, permitiendo analizar el grado de compatibilidad de estas demandas con la oferta hídrica del año hidrológico al 75 % de persistencia.

OFERTA HÍDRICA

La oferta hídrica de la cuenca Jequetepeque ha sido considerado como de origen superficial principalmente.

Actualmente se ha desarrollado el estudio de aguas subterráneas cuyo ámbito de trabajo es la parte baja o valle de Jequetepeque, sector aguas abajo del embalse Gallito Ciego. La oferta hídrica subterránea se presenta en el ‘Estudio Complementario de Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del río Jequetepeque’ elaborado por la DCPRH, que comprende el modelamiento hidrogeológico, recarga del acuífero y el inventario de pozos.

Al obtener los resultados de la aplicación del modelo se ha procedido a compararlos con data existente de descargas, con esta comparación ha sido posible asumir que los caudales observados son iguales a los caudales generados; de ahí por deducción se calculó el coeficiente de escurrimiento, la retención y nuevos coeficientes para el gasto y abastecimiento de la retención de la microcuenca (Ver tabla 35).

OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL

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

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

Tabla 35 Oferta Hídrica Superficial en el Valle Jequetepeque

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

FUENTE: Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas - 2015–2016

Demanda Hídrica

Las clases de usos identificadas en el sector hidráulico Jequetepeque regulado son: primario, poblacional y productivo. El tipo de uso productivo el agrario corresponde básicamente a la demanda agrícola, que es la más relevante en cuanto a volumen de agua requerida. Como antecedente, la Propuesta de Asignación de Agua en Bloque para la Formalización de los Derechos de Uso de Agua en el Valle de Jequetepeque Regulado, elaborado por el PROFODUA en el año 2004, indica un área bajo riego de 39,871 ha y considera solo a 14 comisiones de regantes, asimismo la demanda para uso agrícola fue estimada en 746.8 hm³. El PADH del Sistema Hidráulico Jequetepeque del año 2014–2015 determinó una demanda de 738.2 hm³.

En situación actual, la demanda de agua para todos los usos es de 731.5 hm³ y su distribución multisectorial. El Área Aprobada de los cultivos para la campaña grande 2015-2016 correspondiente al ámbito del Sector Hidráulico Regulado Jequetepeque es de 39,635 ha y se encuentran distribuidos en 16 Sub Sectores Hidráulicos (comisiones de regantes).

Respecto a la demanda medioambiental, actualmente la ANA no ha establecido los valores de caudales ecológicos en el río Jequetepeque, debido a que no se cuenta con el instrumento de gestión específico para caudales ecológicos.

Tabla 36 Demanda hídrica total en el Valle Jequetepeque

DEMANDA HIDRICA	VOLUMEN DE AGUA (hm ³)												VOLUMEN TOTAL (hm ³)	
	2015					2016								
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL		
SECTOR HIDRAULICO: JEQUETEPEQUE REGULADO														
USO POBLACIONAL	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	6.3
USO PRIMARIO	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	7.9
USO AGRARIO	30.8	25.4	25.0	61.9	108.4	137.0	121.3	90.7	46.7	14.9	14.2	13.9		690.3
OTROS USOS: (MOTOBOMBA)	1.8	1.7	1.8	2.2	3.1	3.1	2.7	3.1	2.2	1.8	1.7	1.8		27.0
DEMANDA DE AGUA BRUTA	33.8	28.3	28.0	65.3	112.8	141.3	125.1	95.1	50.1	17.8	17.1	16.8		731.5
CAUDAL PROMEDIO (m³/s)	12.6	10.6	10.5	24.4	42.1	52.7	46.7	35.5	18.7	6.7	6.4	6.3		

Balance Hídrico Superficial en el Valle Jequetepeque

De acuerdo al esquema hidráulico original del Proyecto Jequetepeque-Zaña, el balance debe comenzar, simulando la operación del embalse Gallito Ciego. Las reglas de operación utilizadas son las siguientes:

- Se efectúa la reserva de masa hídrica, para fines de caudal ecológico.
- Se deduce el volumen de agua que se asume está destinada para uso primario, de Acuerdo a la clasificación que realiza la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos.
- De acuerdo a las políticas de Estado, se atiende en primer lugar al usuario poblacional.
- Se atiende la demanda agrícola del valle Jequetepeque, que está constituida por la demanda agrícola propiamente dicha más el volumen que la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Regulado Jequetepeque ha considerado como volumen que es Extraído por los moto bomberos, tanto legales como ilegales.
- Los volúmenes deficitarios se atienden con los recursos regulados en el Embalse Gallito Ciego, para lo cual se ha utilizado el valor de volumen útil que arrojó la batimetría.

Se realizó un comparativo entre la disponibilidad hídrica total y las demandas hídricas consuntivas, provenientes del PADH Sistema Hidráulico Jequetepeque 2014–2015. el mes crítico es febrero 2016 con volumen útil de almacenamiento de 34.8 hm³, terminado el periodo al 31 de julio del 2016 con 217.3 hm³.

3.7.6 VALOR ECONÓMICO DEL AGUA

Económicamente hablando, el valor tarifario que actualmente tiene el agua de este proyecto no es el reflejo de la magnitud de tamaño inversión, todo lo contrario. A ello hay que agregar el no haber considerado, en la tarifa, el pago por servicios ambientales hídricos, a sabiendas de que la presa Gallito Ciego duraría poco tiempo. Este aspecto se refleja en el despilfarro de agua al conservar el arroz como monocultivo ancestral, de baja rentabilidad y de excesivo consumo de agua (18 000 m³/ha).

Con los resultados de la evaluación económica, en lo concerniente al valor económico actualizado (VAN), se determina el costo de la tarifa, teniendo en consideración la cantidad de agua regulada en el represamiento.

Este asunto amerita un sinceramiento de tarifas donde se tenga en cuenta el costo de la inversión del proyecto, costos de operación y mantenimiento y el pago por el servicio ambiental hídrico. El Estado no puede darse el lujo de echar por la borda un recurso tan costoso, a lo sumo podría subsidiar parte del costo de la tarifa a los agricultores que, por su posición económica, se justifique.

3.7.7 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

La evaluación financiera de las grandes presas, como cualquier proyecto de ingeniería, está referida al horizonte o vida económica del proyecto. Horizonte que, por estar asociado íntimamente al retorno de la inversión, debe cuidarse muy celosamente de su cumplimiento como tal. Lo que debe estar respaldado con un adecuado plan de monitoreo (batimetrías) y de control de sedimentos.

La evaluación financiera se realizó sobre la base de los ingresos y costos y beneficios del proyecto especial Jequetepeque-Saña. En cuanto a los costos, se ha introducido el programa de forestación, muy importante en este tipo de proyectos como se comentó antes, pero que lamentablemente en este caso ha sido obviado, con consecuencias económicas desastrosas. Para la evaluación y valoración equitativa del agua, suponemos que la inversión se realizó conjuntamente con la ejecución física de obras de la primera etapa del proyecto, la misma que consistió en la construcción del dique de represamiento e infraestructura de riego (canal principal).

Los costos y beneficios, en relación al programa de forestación, han sido tomados de las experiencias vividas en el proyecto de forestación Granja Porcón, desarrollado con mucho éxito en la cabecera de la microcuenca del río Tinte de esta misma cuenca, materia del presente estudio (cuenca del río Jequetepeque).

Como se manifestó antes, para fines de la evaluación económica, se supone aquí que la inversión en el programa de forestación se realizó simultáneamente con la construcción de las obras del dique e infraestructura de riego (canal principal) de la primera etapa del proyecto, la misma que duró 6 años. La Comisión Mundial de Represas (CMR), en su informe del año 2000, recomienda que el programa de manejo de cuenca con fines de control de sedimentos debe iniciarse unos 10 años antes de la ejecución física del dique de represamiento o cuando menos junto con ello. En el caso de la presa Gallito Ciego, el haber prescindido de tan importante programa, la naturaleza se ha encargado de pasar esa factura, que aún queda tiempo para pagar a fin de prolongar un poco más la vida física y con ello algunos beneficios.

Cuando se habla aquí de vida económica y vida física; la primera es para referirse estrictamente al horizonte de retorno de la inversión, termina al quedar colmatado totalmente el volumen muerto y, depende de la tasa de sedimentación. En cambio, la vida física termina con la colmatación total del volumen útil o de operación. Metafóricamente hablando, las grandes presas tienen naturalmente una “*muerte económica*” y una “*muerte física*”

La evaluación de costos y beneficios del proyecto especial Jequetepeque-Saña, teniendo a la presa Gallito Ciego como obra principal.

**VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA
COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO**

- **EN 20 AÑOS Y SIN FORESTACIÓN Y UN VIDA ÚTIL =366MMC
(ESTUDIO BATIMÉTRICO 2013)**

EGRESOS:

COSTOS:				
Costo de la presa e infraestructura de riego(\$):			300000000	
costo operación y mantenimiento (\$):		15%	2250000	por año
Costo año cero:			300000000	
Costo resto de años(\$)			2250000	por año

Programa forestación:			
Área de forestación(ha):		0	
Costo de forestación (\$/ha):		1582.3	
Costo total de forestación (\$/ha):			0.0
Costo de conservación del bosque(\$):		10%	0
Costo año cero(\$):			0
Costo resto de años(\$):	en Dólares		0

INGRESOS:

SECTOR AGRICOLA				
Área con riego permanente(ha):		30000		
Productividad arroz(Kg/ha):		8000		
Precio del arroz en chacra(S./Kg):		1		
Subtotal ingreso(S/.)	en soles		240000000	por año
	en Dólares	3.3	72727272.7	por año
Otros ingresos:	en soles	10%	24000000	por año
	en Dólares		7272727.27	por año
Total ingresos por año:	en soles		264000000	
	en Dólares		80000000	

SECTOR ENERGIA			
Producción hidroeléctrica central Gallito Ciego(Mw):			34
Precio de mercado electricidad(S./Kw/mes):			17.03
Total ingreso por año:		en soles	6948240
		en Dólares	2105527.27

SECTOR FORESTAL			
Área del bosque (ha):			0
Productividad del bosque(\$/ha):			3800
Se considera aprovechable:			90%
Total ingreso por año(\$):			0

SECTOR BONOS DE CARBONO			
Área del bosque (ha):			0
CAPTURA DEL CO2 (T/ha)			641.83
precio/tonelada de CO2 Capturado (\$)			1
Total ingreso por año(\$):			0

FLUJO DE CAJA:

Tabla 37 Flujo de Caja (EN 20 AÑOS Y SIN FORESTACIÓN).

<i>Año</i>	<i>Total costos:</i>	<i>Total beneficios</i>	<i>Beneficios netos</i>
0	300000000	0	-300000000
1	2250000	82105527.27	79855527.27
2	2250000	82105527.27	79855527.27
3	2250000	82105527.27	79855527.27
4	2250000	82105527.27	79855527.27
5	2250000	82105527.27	79855527.27
6	2250000	82105527.27	79855527.27
7	2250000	82105527.27	79855527.27
8	2250000	82105527.27	79855527.27
9	2250000	82105527.27	79855527.27
10	2250000	82105527.27	79855527.27
11	2250000	82105527.27	79855527.27
12	2250000	82105527.27	79855527.27
13	2250000	82105527.27	79855527.27
14	2250000	82105527.27	79855527.27
15	2250000	82105527.27	79855527.27
16	2250000	82105527.27	79855527.27
17	2250000	82105527.27	79855527.27
18	2250000	82105527.27	79855527.27
19	2250000	82105527.27	79855527.27
20	2250000	82105527.27	79855527.27

<i>Tasa de descuento:</i>	18%	
VAN:	12744639388.53920%	127446393.9
TIR:	26%	

Valor económico del agua:	0.01741071	Dólar/m3	17.4107095	Dólar/m3
	0.057455342	Soles/m3	57.4553415	Soles/1000m3

**VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA
COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO**

- **EN 20 AÑOS Y CON FORESTACIÓN Y UN VIDA ÚTIL =366MMC**
(ESTUDIO BATIMÉTRICO 2013)

EGRESOS:

COSTOS:				
Costo de la presa e infraestructura de riego(\$):			300000000	
costo operación y mantenimiento (\$):		15%	2250000	por año
Costo año cero:			300000000	
Costo resto de años(\$)			2250000	por año

Programa forestación:				
Área de forestación(ha):		20000		
Costo de forestación (\$/ha):		1582.3		
Costo total de forestación (\$/ha):			31645645.6	31.6456456
Costo de conservación del bosque(\$):		10%	158228.228	por año
Costo año cero(\$):			31645645.6	
Costo resto de años(\$):	en Dólares		158228.228	por año

INGRESOS:

SECTOR AGRICOLA				
Área con riego permanente(ha):			30000	
Productividad arroz(Kg/ha):			8000	
Precio del arroz en chacra(\$./Kg):			1	
Subtotal ingreso(\$.)	en soles		240000000	por año
	en Dólares	3.3	72727272.7	por año
Otros ingresos:	en soles	10%	24000000	por año
	en Dólares		7272727.27	por año
Total ingresos por año:	en soles		264000000	
	en Dólares		80000000	

SECTOR ENERGIA			
Producción hidroeléctrica central Gallito Ciego(Mw):			34
Precio de mercado electricidad(S./Kw/mes):			17.03
Total ingreso por año:		en soles	6948240
		en Dólares	2105527.27

SECTOR FORESTAL			
Área del bosque (ha):		20000	
Productividad del bosque(\$/ha):		3800	
Se considera aprovechable:		90%	
Total ingreso por año(\$):			68400000

SECTOR BONOS DE CARBONO			
Area del bosque (ha):		20000	
CAPTURA DEL CO2 (T/ha)		641.83	
precio/tonelada de CO2 Capturado (\$)		1	
Total ingreso por año(\$):			12836623.6

FLUJO DE CAJA:

Tabla 38 Flujo de Caja (EN 20 AÑOS Y CON FORESTACIÓN).

<i>Año</i>	<i>Total costos:</i>	<i>Total beneficios</i>	<i>Beneficios netos</i>
0	331645645.6	0	-331645645.6
1	2408228.228	82105527.27	79697299.04
2	2408228.228	82105527.27	79697299.04
3	2408228.228	82105527.27	79697299.04
4	2408228.228	82105527.27	79697299.04
5	2408228.228	82105527.27	79697299.04
6	2408228.228	82105527.27	79697299.04
7	2408228.228	82105527.27	79697299.04
8	2408228.228	82105527.27	79697299.04
9	2408228.228	82105527.27	79697299.04
10	2408228.228	82105527.27	79697299.04
11	2408228.228	82105527.27	79697299.04
12	2408228.228	82105527.27	79697299.04
13	2408228.228	82105527.27	79697299.04
14	2408228.228	82105527.27	79697299.04
15	2408228.228	82105527.27	79697299.04
16	2408228.228	163342150.8	160933922.6
17	2408228.228	163342150.8	160933922.6
18	2408228.228	163342150.8	160933922.6
19	2408228.228	163342150.8	160933922.6
20	2408228.228	163342150.8	160933922.6

Tasa de descuento:	18%
---------------------------	------------

VAN:	11617027535.84970%	116170275.4
TIR:	24%	

Valor económico del agua:

0.015870256	Dólar/m3	15.8702562	Dólar/m3
0.052371845	Soles/m3	52.3718454	Soles/1000m3

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA
COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO

➤ **EN 50 AÑOS Y CON FORESTACIÓN Y UN VIDA ÚTIL =366MMC**
(ESTUDIO BATIMÉTRICO 2013)

EGRESOS:

COSTOS:				
Costo de la presa e infraestructura de riego(\$):			300000000	
costo operación y mantenimiento (\$):		15%	900000	por año
Costo año cero:			300000000	
Costo resto de años(\$)			900000	por año

Programa forestación:				
Área de forestación(ha):		20000		
Costo de forestación (\$/ha):		1582.3		
Costo total de forestación (\$/ha):			31645645.6	31.6456456
Costo de conservación del bosque(\$):		10%	158228.228	por año
Costo año cero(\$):			31645645.6	
Costo resto de años(\$):	en Dólares		158228.228	por año

INGRESOS:

SECTOR AGRICOLA				
Área con riego permanente(ha):		30000		
Productividad arroz(Kg/ha):		8000		
Precio del arroz en chacra(S./Kg):		1		
Subtotal ingreso(S/.)	en soles		240000000	por año
	en Dólares	3.3	72727272.7	por año
Otros ingresos:	en soles	10%	24000000	por año
	en Dólares		7272727.27	por año
Total ingresos por año:	en soles		264000000	
	en Dólares		80000000	

SECTOR ENERGIA		
Producción hidroeléctrica central Gallito Ciego(Mw):		34
Precio de mercado electricidad(S./Kw/mes):		17.03
Total ingreso por año:	en soles	6948240
	en Dólares	2105527.27

SECTOR FORESTAL		
Área del bosque (ha):	20000	
Productividad del bosque(\$/ha):	3800	
Se considera aprovechable:	90%	
Total ingreso por año(\$):		68400000

SECTOR BONOS DE CARBONO			
Área del bosque (ha):		20000	
CAPTURA DEL CO2 (T/ha)		641.83	
precio/tonelada de CO2 Capturado (\$)		1	
Total ingreso por año(\$):			12836623.6

FLUJO DE CAJA:

Tabla 39 Flujo de Caja (EN 50 AÑOS Y CON FORESTACIÓN).

<i>Año</i>	<i>Total costos:</i>	<i>Total beneficios</i>	<i>Beneficios netos</i>
0	331645645.6	0	-331645645.6
1	1058228.228	82105527.27	81047299.04
2	1058228.228	82105527.27	81047299.04
3	1058228.228	82105527.27	81047299.04
4	1058228.228	82105527.27	81047299.04
5	1058228.228	82105527.27	81047299.04
6	1058228.228	82105527.27	81047299.04

7	1058228.228	82105527.27	81047299.04
8	1058228.228	82105527.27	81047299.04
9	1058228.228	82105527.27	81047299.04
10	1058228.228	82105527.27	81047299.04
11	1058228.228	82105527.27	81047299.04
12	1058228.228	82105527.27	81047299.04
13	1058228.228	82105527.27	81047299.04
14	1058228.228	82105527.27	81047299.04
15	1058228.228	82105527.27	81047299.04
16	1058228.228	163342150.8	162283922.6
17	1058228.228	163342150.8	162283922.6
18	1058228.228	163342150.8	162283922.6
19	1058228.228	163342150.8	162283922.6
20	1058228.228	163342150.8	162283922.6
21	1058228.228	163342150.8	162283922.6
22	1058228.228	163342150.8	162283922.6
23	1058228.228	163342150.8	162283922.6
24	1058228.228	163342150.8	162283922.6
25	1058228.228	163342150.8	162283922.6
26	1058228.228	163342150.8	162283922.6
27	1058228.228	163342150.8	162283922.6
28	1058228.228	163342150.8	162283922.6
29	1058228.228	163342150.8	162283922.6
30	1058228.228	163342150.8	162283922.6
31	1058228.228	163342150.8	162283922.6
32	1058228.228	163342150.8	162283922.6
33	1058228.228	163342150.8	162283922.6
34	1058228.228	163342150.8	162283922.6
35	1058228.228	163342150.8	162283922.6
36	1058228.228	163342150.8	162283922.6
37	1058228.228	163342150.8	162283922.6
38	1058228.228	163342150.8	162283922.6

39	1058228.228	163342150.8	162283922.6
40	1058228.228	163342150.8	162283922.6
41	1058228.228	163342150.8	162283922.6
42	1058228.228	163342150.8	162283922.6
43	1058228.228	163342150.8	162283922.6
44	1058228.228	163342150.8	162283922.6
45	1058228.228	163342150.8	162283922.6
46	1058228.228	163342150.8	162283922.6
47	1058228.228	163342150.8	162283922.6
48	1058228.228	163342150.8	162283922.6
49	1058228.228	163342150.8	162283922.6
50	1058228.228	163342150.8	162283922.6

Tasa de descuento:	18%
---------------------------	------------

VAN:	15607956928.26490%	156079569.3
TIR:	25%	

Valor económico del agua:

0.008528938	Dólar/m3	8.52893821	Dólar/m3
0.028145496	Soles/m3	28.1454961	Soles/1000m3

En cuanto a los ingresos del sector agrícola, aguas abajo de la presa Gallito Ciego, se determinaron teniendo como monocultivo el arroz, que cubre más del 95% de las áreas agrícolas sembradas. Adicionalmente se ha considerado un 10% de otros ingresos agrícolas menores, especialmente en la segunda campaña, por concepto de otros productos tales como, maíz amarillo duro, camote, cebolla y frutales.

Los ingresos del sector energía se determinaron teniendo en cuenta que la generación hidroeléctrica de la central Gallito Ciego utiliza la misma agua destinada al riego, siendo obligada primero a pasar por las turbinas de la planta, antes de su uso en el riego.

Los ingresos por concepto de producción del bosque (propuesta), se consideran sólo un 90% aprovechable y un tiempo para el inicio de la producción más allá de los 15 años, de acuerdo con las

experiencias del proyecto de forestación Granja Porcón, desarrollado en una de las microcuencas de la cabecera de esta misma cuenca de estudio.

Para la estimación del área de riego permanente se ha considerado la disponibilidad de agua total de 366.6 MMC, conformada por el volumen útil del proyecto gallito ciego (según estudio batimétrico 2013). Pues no obstante de que el embalse sólo regula 400 MMC (al inicio del proyecto), el excedente que abandona el vertedor de excedencias de la presa también es un agua que reúne todas las para ser usada en riego, al estar libre de sedimentos y las ondas de avenidas atenuadas en dicho embalse. Este criterio, unido al consumo de agua del cultivo de arroz en el norte peruano ($18,000 \text{ m}^3/\text{ha.}$), nos arroja un área de riego de aproximadamente 30000 ha.

CAPÍTULO IV

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En esta parte se presenta los resultados de la presente investigación generados para poder evidenciar con los objetivos planteados.

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

Las características locales de la cuenca, donde priman condiciones adversas de extrema aridez (cuenca media y baja), topografía de relieve irregular y escarpado, suelos inestables, escasa cobertura vegetal, con un área de cabecera receptora de precipitaciones (85%) limitada a un 40% del área total; determina una cuenca con potencial altamente degradable a la erosión hídrica. Asimismo, la extrema variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones pluviales, desde láminas casi nulas a niveles del mar (costa), hasta altas láminas de cabecera (a más de 3000 msnm), determina una baja lámina distribuida multianual alrededor de 615 mm/año.

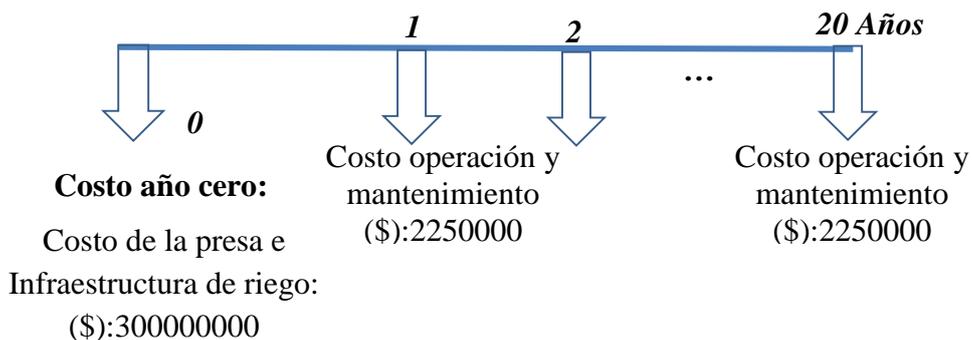
4.2 EL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA.

Para calcular el valor económico del agua se ha considerado una caja de flujos (egresos e ingresos).

➤ EN 20 AÑOS Y SIN FORESTACIÓN.

Un flujo de inversión y un flujo de liquidación.

Costo operación y mantenimiento para el proyecto se ha considerado un 15% de la inversión entre la vida útil del proyecto de 20 años en ese sentido el costo anual de Costo operación y mantenimiento es de (\$): 2250000



		m ³	Pago por Ha
Costo por m ³	0.05745534	18000	1034.19615
	Costo Actual		225
	diferencia		809.196147
	0.01741071	3.3	1034.19615

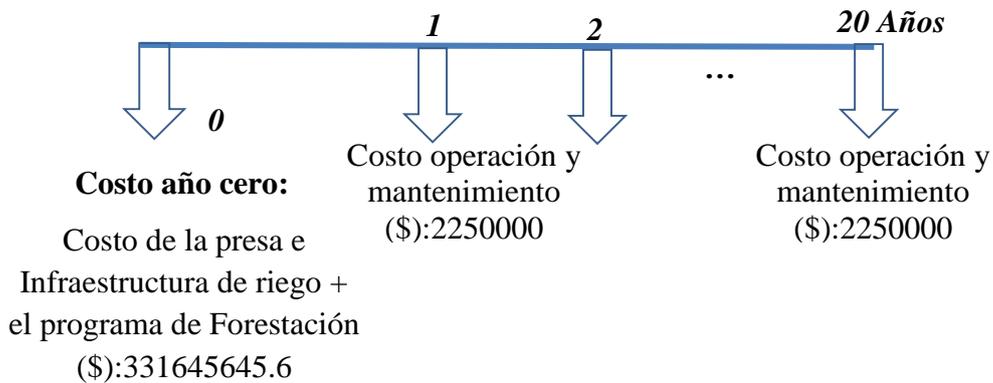
El incremento es 4.60 veces el precio actual en 20 años y sin forestación y un Volumen útil =366MMC (Estudio Batimétrico 2013)

➤ **EN 20 AÑOS Y CON FORESTACIÓN.**

Un flujo de inversión y un flujo de liquidación.

Costo operación y mantenimiento para el proyecto se ha considerado un 15% de la inversión entre la vida útil del proyecto de 20 años en ese sentido el costo anual de Costo operación y mantenimiento es de (\$): 2250000.

Y considerando una inversión = 300000000 dólares, más el programa de forestación = 31645645.6



		m³	Pago por Ha
Costo por m³	0.0281455	18000	506.61893
	Costo Actual		225
	diferencia		281.61893
	0.00852894	3.3	506.61893

El incremento es 2.25 veces el precio actual en 50 años y con forestación y un Volumen útil =366MMC (Estudio Batimétrico 2013)

La valoración económica del agua se ha analizado con forestación y sin forestación para 20 años en adelante (a partir del 2018) y con forestación para 50 años en adelante, Como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 40 Valoración Económica de agua y PSAH

ANÁLISIS DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA	SIN FORESTACIÓN CON 20 AÑOS EN ADELANTE	CON FORESTACIÓN CON 20 AÑOS EN ADELANTE	CON FORESTACIÓN CON 50 AÑOS EN ADELANTE
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	127446393.9	116170275.4	156079569.2
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	26%	24%	25%
VALOR ECONÓMICO DEL AGUA (VEA)	0.01741071 \$/m ³	0.0158 \$/m ³	0.00852 \$/m ³
VALOR ECONÓMICO DEL AGUA (VEA) POR CADA 1000m ³	17.41 \$	15.87 \$	8.52 \$
VALOR ECONÓMICO DEL AGUA POR HECTÁREA (18000m ³)	313.38 \$	285.66 \$	153.36 \$

En cuanto al valor actual neto (VAN) de las tres propuestas son positivos, entonces se acepta la inversión en las tres propuestas.

ANÁLISIS DE LA TARIFA DE USO DE AGUA CON INCLUSIÓN PSAH

El valor económico del agua (VEA) por cada 1000m³ si es rentable con forestación de 50 años en adelante de 8.52 \$.

4.3 PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES

El programa de forestación, considerado aquí en la evaluación financiera del proyecto especial Jequetepeque- Saña, contribuye no sólo a corregir una de las grandes debilidades de este tipo de proyectos en el Perú; sino también a crear conciencia acerca de la retribución a la naturaleza por los servicios ambientales hídricos prestados. Pues, las 20 000 hectáreas de bosque que se plantea, un poco más de 5.80% del área total de la cuenca, no sólo contribuye a disminuir el aporte de sedimentos a la presa, sino que permitirá mejorar la calidad y cantidad del recurso hídrico en la cuenca mediante la recarga sostenible del sistema acuífero, más allá de la muerte física de la presa.

El valor económico del agua de esta presa, estimado en aproximadamente \$ 8.52 (Dólares US) por cada 1,000 m³, incluye indirectamente el pago por servicios ambientales hídricos.

Las bajas tarifas que actualmente se pagan por el uso del agua de riego, de apenas \$ 4 por cada 1000 m³, no reflejan el alto costo de inversión de la presa. Esto, debido a que la Junta de Usuarios fija las tarifas sólo teniendo en consideración el presupuesto anual de gastos administrativos y de servicios, mas no tiene en cuenta para nada el flujo económico actualizado de retorno de la inversión.

CAPÍTULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a lo largo de la investigación permitieron evaluar la hipótesis planteada al inicio del presente estudio y poder concluir de la siguiente manera:

- La características geomorfológicas de la cuenca del rio Jequetepeque, es muy compleja ya que se puede distinguir la cuenca baja (valle del Jequetepeque), cuenca media y cuenca alta (cabecera de cuenca), que varía desde 350msnm a 4200msnm.
- Las precipitaciones promedio anual en el valle del Jequetepeque tiende aproximadamente a cero mientras que en la parte media y alta de la cuenca varía desde 200mm a 1900mm según se visualiza el método de las isoyetas.
- Las precipitaciones promedio anual en la cuenca del rio Jequetepeque es de 632.09 mm según se determinó por el método de las isoyetas.
- El área a reforestar es de 20000 ha y debe de realizarse en la cabecera de la cuenca.
- La valoración económica del agua para este proyecto es 0.00852 Dólares por metro cúbico de agua con forestación en 50 años en adelante. Con un valor actual neto de 156079569.22 y una tasa interna de retorno del 25%.
- La valor económico del agua de esta presa, estimado en aproximadamente \$ 8.52 (Dólares US) por cada 1,000 m³, incluye indirectamente el pago por servicios ambientales hídricos.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar estudios en la cuenca del río Jequetepeque, cuando se cuente con mayor cantidad de datos hidrometeorológicos por parte de Senamhi y del proyecto Pejeza.

- Las bajas tarifas que actualmente se pagan por el uso del agua de riego, de apenas \$ 4 por cada 1000 m³, no reflejan el alto costo de inversión de la presa. Esto, debido a que la Junta de Usuarios fija las tarifas sólo teniendo en consideración el presupuesto anual de gastos administrativos y de servicios, mas no tiene en cuenta para nada el flujo económico actualizado de retorno de la inversión.
- Las cuencas de la vertiente del Pacífico, no son recomendables para la regulación mediante grandes represamientos, sino mediante forestaciones masivas y construcción de micro represamientos en las cuencas altas, tal como sabiamente manejaron las culturas incas y pre incas, de las cuales quedan aún vestigios. En nuestros días, la forestación Granja Porcón de la microcuenca río Tinte, en esta misma cuenca, es un modelo digno de réplica en otras áreas.
- Las tarifas reales de agua de las grandes presas son las más altas del mercado, por lo que su uso debe estar limitado a actividades de alta productividad y rentabilidad. Las tarifas deben ser el reflejo de las inversiones tanto en los sistemas de regulación (presas) como en los planes complementarios (control de sedimentos, mitigación de impactos ambientales negativos, desmantelamientos), donde el pago por servicios ambientales hídricos debe estar incluido en la tarifa.
- Los proyectos de grandes presas en Perú no deben ser validados sin el respaldo de un plan integral estricto de control de sedimentos, que empiece mucho antes de la construcción de los embalses. Pues, ello implica que la decisión para la ejecución de estos proyectos debe tener carácter técnico, desligado de políticas demagógicas.

CAPÍTULO VI

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alam, S. (2001). *A critical evaluation of sedimentation management design practice*. Hydropower & Dams. 1, 54-59.
2. Aliga, V. C., Aliga, C.C. (2002). *Matemáticas Financieras*. Colombia: Prentice Hall.
3. Alpizar, F. & Madrigal, R. (2005). *Valoración Económica de Servicios Ambientales Hídricos en Paisajes Intervenidos*, Costa Rica.
4. Aparicio M. (1992), *Fundamento de Hidrología de Superficie*. Edit. Limusa S.A.
5. Azqueta D. & Field, C. Q. (1996). *Economía y Medio Ambiente*. Tomo 3 McGraw-Hill. Colombia.
6. Barrantes, G. & Vega, M. (2002). *Evaluación del Servicio Ambiental Hídrico en la Cuenca del río Tempisque y su Aplicación al Ajuste de Tarifas*, Costa Rica.
7. Batuca, D., D.G. & Jordán, J. (2000). *Silting and Desilting of Reservoirs*. A.A. Balkema, Rotterdam.
8. Boix, F., Barberà, Lòpez F & Castillo V. (2007). *Effets of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain)*. Geomorphology, 91, 103-123.
9. Cuellar, N.; Herrador, D. & Rosa, H. (1999). *Comercio de servicios ambientales y desarrollo sostenible en Centroamérica: Los casos de Costa Rica y El Salvador-Síntesis*. International Institute for Sustainable Development, IISD. Ottawa, Canadá. Pàg.61.
10. Estrada, R. & Quintero, M. (2004). *Propuesta Metodológica para el Análisis de Cuenca: una alternativa para corregir las deficiencias detectadas en la implementación del pago por servicios ambientales*. CODESAN-CIAT.
11. Echevarría, M. (2003). *Algunas lecciones sobre la aplicación de pagos por la protección del agua con base en experiencias en Colombia y Ecuador*. Ponencia para el evento complementario “Foro regional sobre pago de servicios ambientales”. Bogotá, Colombia.
12. Ekstrand, E. (2000). *Estimating economic consequences from dam failure in the safety dams program*. U.S. Department of the Interior. Bureau of Reclamation, EC-2001-01.
13. Faures, J. (2003). *Relaciones Tierra-Agua en Cuencas Hidrográficas: implicaciones para sistemas de pago por servicios ambientales*. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. FAO.
14. Field, C. (1997). *Economía ambiental: una introducción*. McGraw-Hill. Colombia.
15. Fundación FORD & Fundación PRISMA, (2002). *Pago por Servicios Ambientales en las Américas*. Informe sobre la propuesta de pago por servicios ambientales en México.

16. García R., White, S., Lasanta, T., Martí C., González C., Errea M., Valero B. y Ortigosa L. (1999). *Assessing the effect of land-use changes of sediment yield management and channel dynamics in the Central Spanish Pyrenees*. Human Impact on Erosion and Sedimentation. International Association Hydrological Sciences, 245, 151-158.
17. Hofstede, R. (2003). *Gestión de Servicios Ambientales y Manejo de Áreas Naturales en Cuencas Andinas*. Universidad de Ámsterdam Ecopar. Quito, Ecuador.
18. Herrador, D. & Dimas, L. (2000). *Aportes y limitaciones de valoración económica en la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales*. Prisma N° 41, Pág. 1-16. San Salvador.
19. ICOLD (2008). *International Commission of Large Dams, ICOLD*
20. Jiménez, O. y Farías, H. (2005). *Problemática de la Sedimentación del Embalse Valdesia*, República Dominicana. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la República Dominicana (INDRHI). Santo Domingo, República Dominicana.
21. Lai, J. (1999). *Hydraulic Flushing for Reservoir Desiltation*. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University of California at Berkeley.
22. Llerena, C. (2003). *Servicios ambientales de las cuencas y productos de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
23. Mattos, R. (1992). *Pequeñas Obras Hidráulicas, Aplicación a Cuencas Andinas*.
24. Morris, G., & Fan, J. (1999). *Reservoir Sedimentation Handbook. Design and Management of Dams, Reservoirs and Watersheds of Sustainable Use*. McGraw-Hill Book.
25. Neitsch S., Arnold J., & Williams, J. (2001). *SWAT. Soil and Water Assessment Tool. Model Calibration*. USDA Agricultural Research Service. Soil and Water Research Laboratory. Temple, Texas. USA.
26. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, FAO (2003). *“Foro Regional sistema de pago por servicios ambientales en cuencas hidrográficas”*. Arequipa, Perú.
27. Pagiola, S.; Landell-Mills N. & Bishop J. (2005). *Mecanismos basados en el mercado para la conservación y desarrollo*. Instituto Nacional de Ecología (INE). <http://www.ine.gob.mx/ueajei/Publicaciones/libros/423/cap.1.html>
28. Pagiola, I. (2003). *Valorando los servicios ambientales de protección de cuencas: Consideraciones metodológicas*. Colombia.
29. Palau, A. (2001). *Aspectos Ambientales de la Sedimentación de Embalses*. Jornadas sobre sedimentación de embalses, CEH-SEPTEM, Madrid.
30. Palau, A. (2002). *La Sedimentación de Embalses, Medidas preventivas y Correctoras*

31. Pearce, D & y Turner, K. (1995). *Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente*, Santafé de Bogotá, Colombia.
32. Pérez, C. (2000). *Pagos por servicios hidrológicos a nivel municipal y su impacto en el desarrollo rural: la experiencia del programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central*. PASOLAC.
33. Porras, I. (2003). Valorando los servicios ambientales de protección de cuencas: Consideraciones metodológicas.
34. Rudas, Guillermo (1995), *Uso del Agua e Incentivos Económicos para la Conservación de Cuencas Hidrográficas*, Bogotá, Colombia.
35. Tonegatti, S.; Mendoza, G.; Southgate, D.; Aylward B. & Garcia, I. (2003). *Evaluación de la efectividad de pagos por servicios Ambientales en cuencas hidrográficas*. México.
36. Wunder, S. (2006). *Pago por servicios ambientales: principios básicos esenciales*. Centro para la investigación forestal internacional. CIFOR. Yacarta, Indonesia.
37. Zegarra, E (2014), *Economía del Agua conceptos y aplicaciones para la mejor gestión*, Grade. Lima, Perú.

TESIS Y ESTUDIOS

1. MINAGRI, ANA, AAA-JZ, DCPRH. (2015) *Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Jequetepeque*. (ESTUDIO). San Pedro de Lloc.

APUNTES DE CLASE

1. Ortiz V., S. O. (2004). *Hidrología de Superficie* (Apuntes de clase). Escuela Profesional de Ingeniería Hidráulica - UNC.

CAPÍTULO 7

VII. ANEXOS.

7.1. TEMPERATURA MENSUAL.

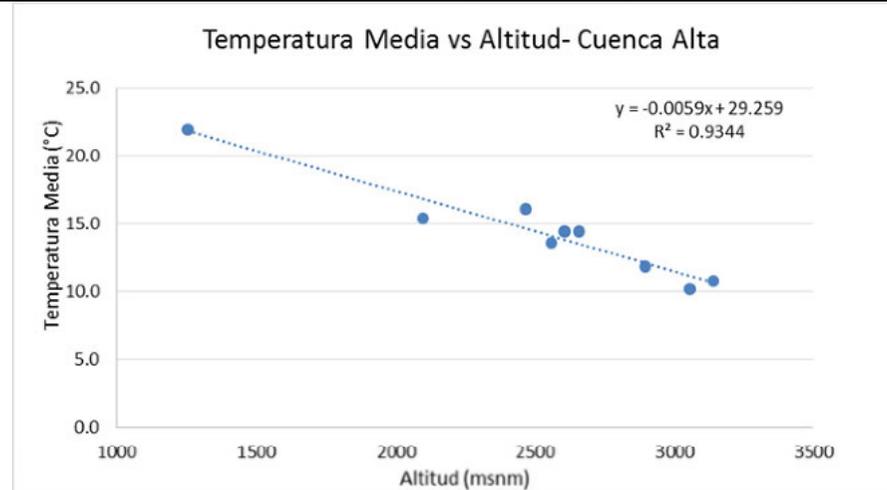
Tabla 41 Temperatura Media (°C).

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

Elaboración propia

Tabla 42 Relación Temperatura Media (°C) - Altitud.

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



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43 Precipitación mensual.

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

Fuente: Elaboración propia

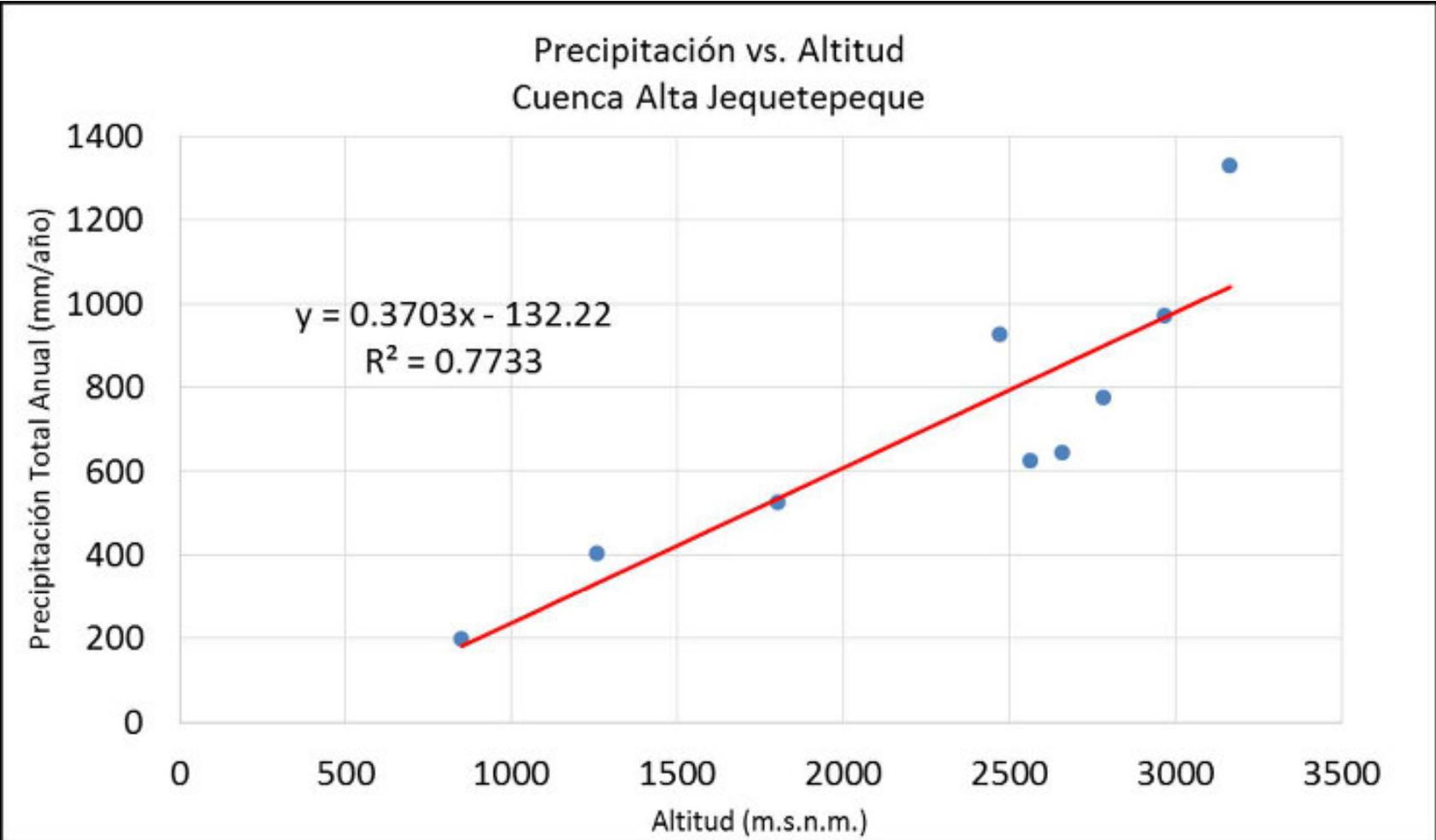


Tabla 44 Descargas medias anuales en principales afluentes del río Jequetepeque (m³/s)

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

Tabla 45 Caudales medios mensuales de los principales Afluentes del río Jequetepeque (m³/s)

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- ALTO RIO MAGDALENA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	7.90	19.36	28.99	18.86	6.13	2.41	1.19	0.70	0.66	1.30	1.76	3.26	7.71
Q (50%)	4.95	13.80	25.21	18.29	5.48	2.16	1.05	0.63	0.47	0.68	1.19	2.23	6.35
Q (75%)	2.41	5.21	13.06	10.23	4.11	1.39	0.80	0.54	0.37	0.44	0.62	0.86	3.34
Q (90%)	1.05	3.33	6.72	6.49	1.92	1.06	0.61	0.39	0.25	0.32	0.33	0.37	1.91

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- ALTO RIO REJO													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	10.30	14.15	18.71	14.03	7.46	2.80	1.04	0.62	1.35	4.03	5.95	8.07	7.38
Q(50%)	8.86	12.65	16.97	14.12	5.98	2.38	0.83	0.34	0.93	3.72	4.49	6.72	6.50
Q(75%)	5.43	7.22	10.27	8.02	4.37	1.50	0.48	0.10	0.47	2.48	3.17	3.96	3.96
Q(90%)	3.46	2.73	6.11	5.54	3.46	0.82	0.24	0.00	0.20	1.21	1.38	1.56	2.23

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- QDA HONDA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	3.14	4.52	6.00	4.34	1.82	0.51	0.12	0.10	0.35	1.25	1.55	2.19	2.16
Q(50%)	2.56	3.97	5.39	4.15	1.38	0.36	0.04	0.00	0.16	1.14	1.21	1.78	1.84
Q(75%)	1.79	2.38	3.54	2.48	0.98	0.19	0.00	0.00	0.09	0.69	0.71	0.97	1.15
Q(90%)	0.92	1.12	1.80	1.58	0.63	0.03	0.00	0.00	0.02	0.45	0.22	0.32	0.59

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO LLAMINCHAN													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	1.12	1.65	2.19	1.69	0.96	0.44	0.26	0.21	0.33	0.61	0.75	0.93	0.93
Q(50%)	0.87	1.41	2.10	1.69	0.79	0.40	0.24	0.18	0.25	0.62	0.63	0.80	0.83
Q(75%)	0.61	0.85	1.20	0.87	0.56	0.26	0.17	0.13	0.20	0.39	0.44	0.48	0.51
Q(90%)	0.33	0.38	0.66	0.55	0.43	0.19	0.14	0.11	0.14	0.26	0.23	0.20	0.30

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO CHANTA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	0.11	0.38	0.84	0.65	0.25	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.21
Q(50%)	0.06	0.13	0.53	0.50	0.19	0.08	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.14
Q(75%)	0.02	0.05	0.12	0.15	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
Q(90%)	0.01	0.03	0.05	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO CHETILANO													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	3.58	5.63	7.51	5.23	2.53	0.77	0.25	0.18	0.52	1.41	1.96	2.73	2.69
Q(50%)	2.68	4.74	7.17	5.07	1.80	0.55	0.15	0.06	0.31	1.29	1.53	2.23	2.30
Q(75%)	1.58	2.54	3.87	2.57	1.31	0.32	0.05	0.01	0.19	0.71	0.75	0.97	1.24
Q(90%)	0.61	0.86	1.86	1.52	0.83	0.13	0.01	0.00	0.07	0.44	0.23	0.18	0.56

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO CHILETE													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	15.47	34.26	49.78	32.72	11.23	3.91	1.84	1.19	1.76	3.70	4.71	7.57	14.01
Q(50%)	12.44	23.23	46.30	31.83	9.85	3.49	1.69	0.99	1.26	3.58	3.44	5.94	12.00
Q(75%)	5.41	13.20	25.15	18.16	7.21	2.32	1.18	0.79	0.92	1.70	2.21	3.00	6.77
Q(90%)	3.54	6.27	12.09	10.04	4.27	1.44	0.82	0.56	0.66	0.91	1.17	1.76	3.63

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

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

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

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO SAN MIGUEL													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	20.20	30.77	46.36	35.50	15.92	5.78	2.46	1.57	2.72	7.64	9.90	13.71	16.04
Q(50%)	15.25	25.81	41.54	32.51	13.85	5.61	2.01	1.14	1.88	7.42	9.33	10.32	13.89
Q(75%)	12.00	16.24	25.61	19.97	10.26	3.48	1.45	0.79	1.23	4.54	5.39	6.23	8.93
Q(90%)	6.07	8.84	11.48	14.28	8.09	2.58	1.05	0.61	0.80	3.60	3.25	3.74	5.37

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) - AFLUENTE- RIO YANAHUANGA													
CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	2.97	5.01	8.33	6.46	2.22	0.52	0.20	0.13	0.22	0.97	0.77	1.32	2.42
Q(50%)	2.33	4.00	8.13	5.38	2.02	0.42	0.15	0.11	0.13	0.75	0.61	0.84	2.07
Q(75%)	1.37	2.56	3.92	3.58	1.26	0.24	0.12	0.09	0.09	0.32	0.32	0.44	1.19
Q(90%)	0.87	1.66	2.42	2.58	0.89	0.15	0.10	0.07	0.06	0.23	0.13	0.24	0.78

7.2. PLANOS