# Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

## ESCUELA DE POSTGRADO

**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

**PLAN DE APROVECHAMIENTO HÍDRICO PARA EL USO MULTISECTORIAL DEL AGUA - VALLE DEL RÍO NEPEÑA**

# TESIS

**PRESENTADA PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN: GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

**PRESENTADA POR:**
ALEXANDER JESÚS TUÑOQUE FLORES.

**LAMBAYEQUE - PERÚ-2018**

**PLAN DE APROVECHAMIENTO HÍDRICO PARA EL USO ULTISECTORIAL DEL AGUA - VALLE DEL RÍO NEPEÑA**


_____

**Alexander Jesús Tuñoque Flores**
**Autor**


Presentada a la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Para optar el Grado de **MAESTRO EN GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.**

**APROBADO POR:**

_____

**Dr. Víctor Cornetero Ayudante**
**PRESIDENTE DEL JURADO**

_____

**Dr. Juan Manuel Saavedra Tineo**
**SECRETARIO DEL JURADO**

_____

**M.Sc. Carlos Alberto Díaz Pérez**
**VOCAL DEL JURADO**

_____

**DR. WALTER CAMPOS UGAZ**
**Asesor**

## DEDICATORIA

A mis queridos padres **Asunción** y **Eva**, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mis queridas hermanitas **Yvi** y **Eva**, por compartir momentos significativos conmigo, por su valioso tiempo para escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Bienaventurado todo aquel que teme a Jehová, que anda en sus caminos. Cuando comieres el trabajo de tus manos, bienaventurado serás y te irá bien.

Salmos 128: 1-2 "David Rey de Israel (1040-966 AC)"

## AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento lo dedico a mi Dios todopoderoso, por la vida, protección y bendiciones dadas, por ser mi fortaleza y refugio.

Agradezco a mis padres ASUNCIÓN y EVA, por los sabios consejos y apoyo brindado para lograr esta meta; agradezco su comprensión y paciencia. Les dedico este logro con todo mi corazón porque ellos son mis grandes motivos en la vida para seguir adelante. GRACIAS PADRES QUERIDOS, LOS AMO.

Agradezco a mis hermanas: YVI y EVA, por comprenderme y amablemente brindarme su tiempo para escucharme y ayudarme. GRACIAS HERMANAS LAS AMO.

Agradezco a mi asesor Walter Campos y a mi amigo Christian Dios Castillo, por su tiempo brindado en el momento que lo solicité.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Alexander Jesús Tuñoque Flores

**TABLA DE CONTENIDOS (ÍNDICE)**

DEDICATORIA ..... 3
AGRADECIMIENTO ..... 4
TABLA DE CONTENIDOS (ÍNDICE) ..... 5
RESUMEN ..... 7
ABSTRACT ..... 8
INTRODUCCIÓN ..... 9
CAP. I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO ..... 10
1.1. Ubicación. ..... 10
1.2. Cómo surge el problema. ..... 11
1.3. Cómo se manifiesta y que características tiene. ..... 15
1.4. Descripción detallada la metodología empleada. ..... 15
1.4.1. Formulación del problema. ..... 16
1.4.2. Objetivos ..... 16
1.4.3. Hipótesis. ..... 16
1.4.4. Variables ..... 16
1.4.5. Tipo de Estudio. ..... 18
1.4.6. Diseño. ..... 18
1.4.7. Población y Muestra. ..... 19
1.4.8. Materiales, técnicas e instrumentos de recolección de datos. ..... 19
1.4.9. Métodos y procedimientos para la recolección de datos. ..... 20
1.4.10. Análisis estadísticos de los datos. ..... 21
CAP. II. MARCO TEÓRICO ..... 21
2.1. Antecedentes del Problema ..... 21
2.2. Bases Teóricas ..... 22
2.2.1. Teorías relacionadas con la gestión de recursos hídricos. ..... 22
2.2.2. Elaboración de un Plan de aprovechamiento Hídrico. ..... 26
2.2.3. Visión ..... 26
2.2.4. Información disponible empleada. ..... 27
CAP. III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 88
3.1. Análisis e interpretación de los datos. ..... 88
3.2. Propuesta Teórica: ..... 91
CONCLUSIONES ..... 95

RECOMENDACIONES..... 96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 97
ANEXOS ..... 99

**RESUMEN**

La disponibilidad de agua en la cuenca del río Nepeña presenta limitaciones de abastecimiento, debido a que la demanda hídrica es cada vez mayor, principalmente en el sector agrario. Dentro de sus usos están también la industria y suministro municipal. Por lo tanto, se requiere de un manejo integrado del recurso hídrico. Es en ese sentido que el objetivo de la investigación es proponer un plan de aprovechamiento hídrico para mejorar la planificación del uso del agua en el valle del río Nepeña. A través de métodos descriptivos de análisis documentario, se evidencia que existe un déficit hídrico estacional durante los meses de octubre a diciembre. Por lo tanto, esta situación se agravaría si la oferta de agua del rio Santa tiene un comportamiento como la del año 1992, año hidrológico más seco de toda la serie histórica registrada, por lo tanto, se optaría por priorizar las necesidades hídricas de los usuarios y dejar el caudal natural del río Nepeña como caudal ecológico. Finalmente, la implantación del plan de aprovechamiento hídrico generará que el agua de trasvase del río Santa durante el período de estiaje, sea destinado exclusivamente, de acuerdo al orden de prioridad establecido en la Ley de Recursos Hídricos, en los ámbitos territoriales donde actualmente se están ejerciendo los derechos otorgados.

Palabras clave: demanda hídrica, aprovechamiento hídrico, estiaje, caudal ecológico.

**ABSTRACT**

The availability of water in the Nepeña river basin has supply limitations, due to the growing demand for water, mainly in the agricultural sector. Within its uses are also the industry and municipal supply. Therefore, an integrated management of the water resource is required. It is in this sense that the objective of the research is to propose a water use plan to improve water use planning in the Nepeña river valley. Through descriptive methods of documentary analysis, it is evident that there is a seasonal water deficit during the months of October to December. Therefore, this situation would be aggravated if the supply of water from the Santa River has a behavior similar to that of 1992, the driest hydrological year of the entire historical series recorded, therefore, it would be preferred to prioritize the water needs of users and leave the natural flow of the Nepeña River as an ecological flow. Finally, the implementation of the water utilization plan will generate the transfer water from the Santa River during the dry season, to be exclusively destined, according to the order of priority established in the Law of Water Resources, in the territorial areas where they are currently operating. exercising the rights granted.

Keywords: water demand, water use, low water, ecological flow.

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua en la cuenca del río Nepeña, no es diferente a la mayoría de situaciones vividas en la costa peruana, incluyendo una demanda hídrica es cada vez mayor, principalmente en el sector agrario. Para la Administración Local de Agua Santa-Lacramarca-Nepeña, la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Nepeña corresponde a un régimen natural. Por lo tanto, en esta investigación sólo se trata la disponibilidad hídrica superficial.

La información está ordenada según la estructura oficial de la Universidad. Así tenemos que en el Capítulo I se muestra la realidad problemática que aborda la investigación, desde una perspectiva internacional, nacional y local. También se especifica la metodología de desarrollo de la investigación.

En el Capítulo II, se muestra el Marco Teórico que fundamenta la propuesta planteada, a través del análisis de otras investigaciones y bases teóricas especializadas.

En el Capítulo III, se muestra un análisis de resultados y la propuesta teórica, que resolverá el problema en estudio.

Finalmente, se muestran las conclusiones a las que se ha llegado y las recomendaciones finales.

# CAP. I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

## 1.1. Ubicación.

### 1.1.1. Ubicación geográfica

El valle del río Nepeña, se ubica en la parte baja de la cuenca del río Nepeña, abarca una superficie de 313.67 Km², y representa el 16.61% de la cuenca del río Nepeña (1,888.41 Km²). El valle es de forma Trapezoidal irregular con características geomorfológicos definidas, no presenta un caudal constante durante el año, es un tramo del río Nepeña, presenta una altitud media de 291 m.s.n.m., una pendiente de 0.77%, una longitud de cauce principal de 30.12 Km y un perímetro de 95.98 Km.

En el cuadro Nº 01, se indica los vértices principales que corresponden a la ubicación geográfica de la cuenca del río Nepeña, sus coordenadas geográficas están comprendidas entre los paralelos 8°49' y 9°19' de Latitud Sur y los Meridianos 77°50' y 78°41' de Longitud Oeste

**Cuadro Nº 01**
**Ubicación geográfica de la cuenca Nepeña**

| Sistema | Datum | Componentes | Valor mínimo | Valor máximo |
|---|---|---|---|---|
| Coordenadas Geográficas | Horizontal WGS 1984 | Longitud oeste | 77°50'00.0" | 78°41'00.0" |
| | | Latitud sur | 8°49'00.0" | 9°19'00.0" |

**Fuente**: Elaboración propia.

### 1.1.2. Demarcación Hidrográfica

La cuenca del río Nepeña pertenece a la vertiente del Pacífico, forma parte de la cordillera Negra y tiene sus límites con las siguientes cuencas:

Por el Norte : Cuenca Lacramarca.
Por el Este : Cuenca Santa.
Por el Sur : Cuenca Casma.
Por el Oeste : El Océano Pacífico.

### 1.1.3. Demarcación Política

Desde el punto de visita de la división política, la cuenca del río Nepeña comprende a 2 provincias del Departamento de Ancash; las provincias a su vez comprenden los siguientes distritos distribuidos de la siguiente manera:

Provincia de Santa: con los distritos de Samanco, Nepeña, Moro, Cáceres del Perú.

Provincia de Huaylas: con el distrito de Pamparomas.

## 1.2. Cómo surge el problema.

Según Gonzales, G.; Zevallos, A.; Gonzales-Castañeda, C.; Nuñez, D.; Gastañaga, C.; Cabezas, C.; Steenland, K. (2014). “El agua es un constituyente de suma necesidad para la vida, pero también puede ser un agente que daña la salud de las poblaciones, cuando está contaminada con agentes infecciosos o químicos”. (P. 548).

### 1.2.1. A nivel Mundial

Colombia ya no cuenta con el potencial hídrico de décadas pasadas, ya no es una de las potencias hídricas del mundo, pero de no adoptar medidas para la conservación de la disponibilidad hídrica, cada colombiano dispondría de menos volumen de agua, según Jiménez & Galizia (2012).

Colombia no cuenta con un sistema de información continua y sectorial de uso del agua ni ha contabilizado históricamente el agua consumida proveniente de fuentes superficiales, subterráneas y de los procesos de desalinización. Dichas mediciones permitirían evaluar la verdadera presión sobre el recurso que ejerce cada sector, haciendo énfasis en los volúmenes consumidos más que en los volúmenes captados. (p. 207).

Otro punto importante a tomar en cuenta es la distribución pluvial (espacial y temporal), así como la distribución poblacional, en méxico existen tres características que limitan el aprovechamiento del uso de agua, según Jiménez & Galizia (2012).

a. La distribución temporal, pues la lluvia ocurre casi siempre durante el verano (de junio a septiembre), mientras que el resto del año es relativamente seco.
b. La distribución espacial de la precipitación, ya que en el estado de Tabasco, por ejemplo, cae una cantidad trece veces mayor que la que ocurre en Baja California Sur (2,095 mmm Vs. 160 mm).
c. La distribución de la población sobre el territorio nacional, pues mientras en las zonas norte, centro y noroeste del país se concentra 77% de la población y se genera 87% del producto interno bruto, apenas se tiene 31% de la disponibilidad natural de agua del país (P. 310)

Considerando los puntos anteriores podriamos decir que para hacer un buen uso del agua bastaria contar con información de la demanda de agua y la cantidad disponible de esta, sin embargo esto no es así, ya que existen otros factores que influyen en el uso del agua, siendo estos la oportunidad y la calidad del agua disponible.

Nicaragua, cuenta con abundantes fuentes de agua superficial y subterránea de tal modo que la cantidad de este recurso es la suficiente para satisfacer la demanda actual, sin embargo según Jiménez & Galizia, (2012) “A pesar del gran volumen de agua superficial disponible en el país, la principal fuente de suministro es de origen subterráneo debido a que las aguas superficiales presentan más problemas de contaminación” (p. 364).
Finalmente, parte de la crisis del agua se debe a la falta de capacidades institucionales a cargo de la gestión, los servicios de agua y saneamiento y la coordinación entre las instituciones.

### 1.2.2. A nivel Nacional.

En el Perú el acceso al agua potable y saneamiento es aún muy bajo en el ámbito rural a diferencia del espacio urbano; existe una proporción de la población sin acceso a dichos servicios y se sabe que las tasas de cobertura en Perú son menores que en América Latina en general,

especialmente en el área rural (Tabla 1). Con el crecimiento poblacional de Lima, la demanda superará largamente la oferta.

Tabla 1. *Proporción de la Población del Perú y otras áreas del mundo con fuente de agua y saneamiento mejorado en el 2011.*

| | Total | Área urbana | Área rural |
|---|---|---|---|
| **Fuente de agua mejorada 2011** | | | |
| Perú | 85% | 91% | 66% |
| América Latina y el Caribe | 94% | 97% | 82% |
| Países en desarrollo | 87% | 97% | 82% |
| Mundo | 89% | 96% | 81% |
| **Saneamiento mejorado 2011** | | | |
| Perú | 72% | 81% | n/a |
| América Latina y el Caribe | 82% | 87% | 63% |
| Países en desarrollo | 57% | 74% | 43% |
| Mundo | 64% | 80% | 47% |

Fuente: Naciones Unidas, Millenium Development Goals Indicators

Según, Manco Silva, D.; Guerrero Erazo, J.; Ocampo Cruz, A. (2012), el desarrollo urbano, el cambio climático, el crecimiento demográfico, la contaminación del agua y los cambios en los patrones de consumo han contribuido al desbalance entre la disponibilidad de fuentes hídricas de calidad y la demanda de agua. Se reconoce que los cambios a impulsar en la gestión de la demanda de agua se deben enfocar tanto en la capacidad científica y tecnológica como en los sistemas sociales; para concretar estos cambios son claves: el conocimiento, la innovación, las redes sociales y las asociaciones.

El uso eficiente de agua trae consigo beneficios, tanto a las empresas prestadoras del servicio de agua potable y alcantarillado en ahorro, en desarrollo y construcción de nueva infraestructura, disminución en pérdidas comerciales, disminución de costos operativos, manejo de sequías y corte de suministro, como a los usuarios, quienes obtienen un ahorro de dinero en el pago por el consumo y por el servicio de alcantarillado. Entre los beneficios ambientales, se encuentra la disminución de la presión en la demanda del recurso y la disminución en las descargas generadas a las fuentes hídricas receptoras. (p. 25).

### 1.2.3. A nivel Local.

En la localidad del Valle Nepeña, Subsector hidráulico Nepeña, ámbito de la Comisión de Usuarios Nepeña (distritos de Nepeña y Samanco), se puede apreciar en el cuadro Nº 41, que la demanda hídrica bruta de uso agrícola según PCR, campaña 2014/2015, es de 140.229 hm3 para un total de 9,670.10 ha de cultivo.

Asimismo, como puede verse en el cuadro N° 02, la población proyectada total en los distritos de Nepeña y Samanco, para el año 2015 fue de 20,179 habitantes, Subsector hidráulico Nepeña, de acuerdo a la OMS, una persona debería consumir al día 100 litros de agua para atender todas sus necesidades, en ese sentido la demanda de agua poblacional proyectada anual es de 1.1 MMC.

La demanda para uso agroindustrial se centra en la Empresa Agroindustrial San Jacinto, en un total de 113,000 $m^3$, con un caudal de 3.68 l/s y teniendo como fuente el agua subterránea.

La evolución histórica tendencial del objeto de estudio, desde el punto de vista pedagógico, epistemológico, surge a través de la investigación documental.

**Cuadro N° 02**
**Demanda hídrica poblacional**

| DISTRITO | USO POBLACIONAL | | |
|---|---|---|---|
| | HABITANTES (N°) | | VOLUMEN (MMC) |
| | Año 2007 | Proy Año - 2015 | |
| Nepeña | 13,860 | 15,589 | 0.85 |
| Samanco | 4,218 | 4,590 | 0.25 |
| **TOTAL** | **18,078** | **20,179** | **1.10** |

**Fuente:** INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda

## 1.3. Cómo se manifiesta y que características tiene.

La disponibilidad de agua en el valle de la cuenca del río Nepeña, no es diferente a la mayoría de situaciones vividas en la costa peruana, aunado a que la demanda hídrica es cada vez mayor, principalmente en el sector agrario.

Los usos múltiples de este recurso en la agricultura, la industria o suministro municipal son complejos y demandan un manejo integrado del mismo, el cual es difícil de implementar.

Según, la Administración Local de Agua Santa-Lacramarca-Nepeña; (2009), la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Nepeña corresponde a un régimen natural, es decir son propios, debido a que no se encuentran regulados, ni afectados por transvase; en la sub-cuenca Alto Nepeña existen lagunas de importancia que aportan en época de estiaje, pero en nuestro caso particular, solo trataremos la disponibilidad hídrica superficial. (p.63).

Concerniente a la demanda es esencialmente agrícola, aunque deben realizarse siempre previsiones respecto a la demanda de uso poblacional en los poblados de Nepeña y Samanco, entre otros.

La industria en el valle Nepeña hace uso de agua subterránea, lo efectúan a través de pozos tubulares y complementan para sus fines productivos con explotación de agua superficial como es el caso de la empresa azucarera Agroindustrias San Jacinto, ubicada en San Jacinto. (p.98).

## 1.4. Descripción detallada la metodología empleada.

Para el presente estudio puedo decir que la metodología empleada ha sido el conjunto de procedimientos lógicos a través de los cuales se planteó el problema y se pone a prueba la hipótesis y los instrumentos de trabajo.

A continuación se detalla la secuencia lógica y racional empleada, siendo científica, descriptiva, deductiva, no experimental, de técnicas de recolección de análisis documentario.

### 1.4.1. Formulación del problema.

En base a la descripción de la problemática, el problema en estudio se formula de la siguiente manera:

¿De qué manera un plan de aprovechamiento hídrico influye en la planificación del uso del agua en el valle del río Nepeña?

### 1.4.2. Objetivos

**General:**

Proponer un plan de aprovechamiento hídrico para mejorar la planificación del uso del agua en el valle del río Nepeña.

**Específicos:**

1. Diagnosticar el estado actual del uso del agua en el valle del río Nepeña
2. Elaborar un Plan de Aprovechamiento Hídrico orientado hacia la planificación del uso del agua en el valle del río Nepeña.
3. Estimar los resultados que generará la implantación del plan de aprovechamiento hídrico para el uso del agua en el valle del río Nepeña.

### 1.4.3. Hipótesis

La implantación del plan de aprovechamiento hídrico permitirá mejorar la planificación del uso multisectorial del agua en el valle del río Nepeña.

### 1.4.4. Variables

Variable independiente.-

Plan de aprovechamiento hídrico.

Variable dependiente.-.

El uso del agua en el valle del río Nepeña.

**Operatividad de variables.**

Variable independiente.- Plan de aprovechamiento hídrico.

| VARIABLE | DIMENSIÓN | INDICADOR |
|---|---|---|
| Independiente: Plan de aprovechamiento hídrico | Oferta hídrica | Escurrimiento superficial<br>Volumen de agua subterránea |
| | Demanda Hídrica | Uso consultivo<br>Uso no consultivo<br>Caudal ecológico<br>Reuso de aguas residuales tratadas<br>Vertimiento de aguas residuales |

Variable dependiente.- El uso multisectorial del agua en el valle del río Nepeña.

| VARIABLE | DIMENSIÓN | INDICADOR | PREGUNTAS | ÍNDICES | TÉCNICAS |
|---|---|---|---|---|---|
| Dependiente: Uso multisectorial del agua en el valle del río Nepeña | Eficiencia | Infraestructura hidráulica | ¿La infraestructura hidráulica instalada asegura el aprovechamiento hídrico? | < 1<br>> 1<br>= 1 | 1 |
| | | Tecnología | ¿La tecnología empleada resuelve los problemas sociales, económicos de los usuarios de agua? | < 1<br>> 1<br>= 1 | 2 |
| | | Programas de distribución de agua | ¿Los programas de distribución de agua aseguran el equilibrio ambiental, económico y equidad entre los usuarios de agua? | < 1<br>> 1<br>= 1 | 3 |
| | Legalidad | Usos de agua con derecho | ¿Los derechos de uso de agua favorecen el aprovechamiento | < 1<br>> 1<br>= 1 | 4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | hídrico? | | |
| | Legislación vigente | ¿La aplicación de normas vigentes favorece el aprovechamiento hídrico? | < 1<br>> 1<br>= 1 | 5 |
| | Tarifa de uso de agua | ¿El valor-precio de la tarifa de uso de agua asegura la sostenibilidad? | < 1<br>> 1<br>= 1 | 6 |
| Valor económico | Retribución económica | ¿El valor de la retribución económica por el uso de agua asegura la gestión e institucionalidad del agua? | < 1<br>> 1<br>= 1 | 7 |

### 1.4.5. Tipo de Estudio.

El desarrollo del presente proyecto de tesis apunta a una investigación de tipo aplicada y explicativa.

- Aplicada**.-** Debido a que aplicará teorías desarrolladas en investigaciones básicas a la presente investigación. No desarrollará nuevas teorías por su condición de grado de maestro.
- Explicativa**.-** Debido a que explica la forma en que la variable independiente “Plan de Aprovechamiento Hídrico” influye en la variable dependiente “Uso multisectorial del agua en el valle del río Nepeña”. Esta explicación es el eje fundamental sobre el cual se basa la investigación.

### 1.4.6. Diseño.

No experimental**.-** Debido que en la investigación no se pretende variar intencionalmente variables independientes por lo que se observarán los fenómenos tal y como se dan en su contexto. Esto se debe a las limitaciones explicadas sobre el costo de implantación y el tiempo prolongado de obtención de resultados.

$$M_1 \quad \overset{T_1}{O} \quad P \quad \overset{T_2}{ER}$$

Donde:

$M_1$ : Es la muestra que se observará: (El uso multisectorial del agua en el valle del río Nepeña)

O : Es la observación a desarrollar en la muestra.

P : Es la propuesta de un plan de aprovechamiento hídrico.

$T_1$ : Es el tiempo de medición de la observación.

$T_2$ : Es el tiempo de proyección del escenario hipotético.

ER : Son los resultados estimados.

### 1.4.7. Población y Muestra

La población objeto de investigación son los habitantes del valle del río Nepeña, abarca los distritos de Samanco y Nepeña de la provincia del Santa.

**Población (N).-** 20,179 habitantes de los distritos de Samanco y Nepeña, comprendidos en el valle del río Nepeña.

**Muestra (n).-**. La muestra se consideró en forma aleatoria del total de la población objeto de estudio, siendo esta de 200 habitantes.

$$n = \frac{N*Z_a^2*p*q}{d^2*(N-1)+ Z_a^2*p*q}$$

Donde:

N = Total de la población.
$Z_a$ = 1.96 al cuadrado (Si la seguridad es del 95%)
p = proporción esperada (En este caso 5% = 0.05)
q = 1 - p (En este caso 1 - 0.05 = 0.95)
d = Precisión (5%).

### 1.4.8. Materiales, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el estudio se hará necesario la aplicación de las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de información:

**Técnicas de gabinete:**

La aplicación de dicha técnica permitirá recopilar información proveniente de diversas fuentes y son:

**Fichas de resumen.** Tienen como finalidad organizar en forma concisa los conceptos más importantes que aparecen en una o más páginas. Se utilizará esta ficha para sintetizar los contenidos teóricos de las fuentes primarias que servirán como contexto cultural de la presente investigación (Marco teórico).

**Fichas textuales**. Servirá para transcribir literalmente contenidos de la versión original. Lo usaremos para consignar aspectos puntuales de la investigación como marco conceptual, principios de la investigación, etc.

**Fichas de comentario.** Representa el aporte del lector. Es la idea personal que emite el lector de una lectura o experiencia previa. Se empleará para comentar los cuadros estadísticos, antecedentes, etc.

**Fichas de registro**. Permitirá anotar los datos generales de los textos consultados. Se Usará para consignar la bibliografía especializada que da sustento a la investigación.

**Técnicas de trabajo de campo:**

Las técnicas de trabajo de campo que se utilizarán en la presente investigación son la técnica de:

**Análisis documentario**. Utilizada para la evaluación de la documentación de diversa índole y relacionada con la investigación.

### 1.4.9. Métodos y procedimientos para la recolección de datos.

Los métodos teóricos que se emplearán en la presente investigación son:

**El método histórico (tendencial).** Este método permitirá adquirir mayor conocimiento respecto al problema relacionado con la efectividad de los sistemas de información, el mismo que nos ayudará caracterizar la situación problemática desde diversos contextos.

**Método de análisis.** Este método permitirá analizar la información relevante respecto al marco teórico, así mismo servirá para procesar la información recogida luego de aplicar los instrumentos de trabajo de

campo que permitirán diagnosticar el problema y su posterior formulación de conclusiones finales de la investigación.

**Método de modelación.** Consiste en la propuesta de implementación del “Plan de aprovechamiento hídrico para el uso multisectorial del agua del valle del río Nepeña”.

### 1.4.10. Análisis estadísticos de los datos.

Para el análisis de la información obtenida, la técnica de análisis estadísticos que se utilizará para procesar los datos son el programa de Office Excel y el programa SPSS - 2.0 (Programa Estadístico).

De acuerdo a la necesidad de análisis de información, los indicadores usados son la media aritmética, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, el valor porcentual, y máximos y mínimos.

En la evaluación oferta hídrica se utilizó en gran medida la mayoría de estos indicadores estadísticos.

# CAP. II. MARCO TEÓRICO

## 2.1. Antecedentes del Problema

Desde el año 2001, la Intendencia de Recursos Hídricos (ex Dirección General de Aguas y Suelos) del Instituto Nacional de Recursos Naturales, desarrollo estudios hidrológicos en diversas cuencas del Perú, a través del Proyecto Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos como es el caso de las cuencas de los ríos Cañete, Chancay-Huaral, Chili, Caplina, Ramis, entre otros.

Para la cuenca del río Nepeña en el año 2010 se realizó el estudio hidrológico de la cuenca del río Nepeña por parte de la Autoridad Nacional del Agua, el mencionado estudio también evaluó las demandas hídricas en la cuenca del río Nepeña, encontrándose que la oferta hidrológica del río Nepeña no cubre la totalidad de las demandas

existentes en la cuenca del río Nepeña, principalmente la zona del valle, en donde se ubica la mayor cantidad de población y áreas agrícolas productivas de exportación, para cubrir el déficit hídrico del río Nepeña, el sector agroindustrial ha tenido que explotar las aguas subterráneas del valle.

En la cuenca del río Nepeña, debido a la escasez de precipitaciones la agricultura en el valle se desarrolla mayoritariamente por riego superficial, agrupados en la Junta de Usuarios Nepeña se encuentran las comisiones de regantes: Jimbe, Nepeña, Salitre, Larea, Macash, Cushipampa, Pocos y Monte Comun-Mishan.

La principal característica de las áreas cultivadas en la cuenca Nepeña es que se encuentran ubicadas en zonas climáticas en donde la precipitación es de ocurrencia irregular y poco significativa, mínima en los sectores cercanos a la costa y algo más significativa en la parte media de la cuenca, de lo cual se desprende la necesidad del riego superficial para sostener la agricultura a lo largo del año.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Teorías relacionadas con la gestión de recursos hídricos.

El proceso de concientización sobre el valor estratégico de los recursos hídricos a nivel mundial tuvo su primer hito en la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (Mar del Plata, Argentina, 1977) y continuó en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (Dublín, Irlanda, 1992) y en la Conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo ECO 92 (Río de Janeiro, Brasil, 1992). Luego de ello, una sucesión de importantes encuentros internacionales han remarcado la transcendencia de una evolución en la gestión del agua en el mundo, dando así origen a la realización hasta el presente de cuatro Foros Mundiales del Agua. En su “Carta de Dublín” la ONU estableció los Principios Básicos para el gerenciamiento de los recursos hídricos en el mundo.

| | |
|---|---|
| 1. El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para la vida, para el desarrollo y para el medio ambiente: | • Deriva concepto de Integralidad en gestión<br>• Considera necesidades de los sectores<br>• Recurso vulnerable y limitado<br>• Derecho de seres vivos a uso razonable y equitativo del agua. |
| 2. El desarrollo y gestión del agua debe basarse en un enfoque participativo involucrando a los usuarios, planificadores y tomadores de decisión a todos los niveles, tomando las decisiones al nivel más bajo posible que sea el adecuado: | • Introduce proceso participativo.<br>• Distribuye decisiones y responsabilidades. |
| 3. La mujer juega un papel central en la provisión, gestión y salvaguarda del agua; | • Resalta el papel de la mujer, especialmente en el medio rural. |
| 4. El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocida como un bien económico: | • Valoriza costo real y promueve uso eficiente. |

**Fuente**: Carta Dublin.

Según Martínez (2013), para una gestión integral de los recursos hídricos se requiere el análisis del propósito de la gestión, para lo cual a clasificado las principales teorias de la gestión de recursos hídricos en tres apartados, en los cuales se pone de manifiesto las discrepancias y el debate teorico existente entre los defensores de un u otro modelo de gestión:

1. Hacia el Estado.- También llamado tecnocrático. Tomando como base a Barrow (citado por Martínez, 2013), considera que siendo el agua un recurso de interés social, la administración de esta debe hacerse a través de una entidad del Estado, lo cual asegura su adecuada administración sin beneficiar a determinados grupos de interés, y buscando el beneficio común.

2. Hacia el mercado.- En base a las apreciaciones filosóficas y teóricas de Westler (citado por Martínez, 2013), para quien el agua es un recurso que tiene un valor económico y debe ser considerado

como un bien económico. Se sustenta en el cuarto principio de la Declaración de Dublín Sobre Agua y Desarrollo Sostenible (United Nations) del año 1992. Para el Banco Mundial el agua puede y debe tratarse junto con otros recursos naturales como el petróleo, lo cual implica su comercialización. Por lo tanto, este enfoque es neoliberal. El rol del Estado es netamente regulador, más no intervencionista, lo que va en contra de las recomendaciones de la Conferencia de Mar del Plata de 1977, para quienes el acceso al agua es un derecho humano.

3. Orientada a la Comunidad.- Se centra en el principio de que las comunidades locales pueden gestionar recursos naturales, como el agua. Se sustenta en el segundo principio de la Declaración de Dublín que indica que "El desarrollo y la gestión del agua debería bastarse en un enfoque de participación, involucrando usuarios, planificadores y diseñadores de políticas, a todos los niveles" (Dinar et al. 1997 y United Nations 1992). Se basa en el principio social que las Comunidades pueden hacer una administración efectiva, debido a que comparten los mismos principios, costumbres y valores; sin embargo, estas pueden tener grupos de poder con intereses y apreciaciones diferentes. También se cuestiona la capacidad de gestión de las Comunidades, en especial por su capacidad preventiva.

Según sabogal, (2009), uno de los grandes retos que se plantea actualmente al considerar el agua como bien ambiental con valor monetario es definir a quién pertenece el agua. Aquí definitivamente debe quedar claro que el agua no es propiedad de la población que ocupa la cabecera de la cuenca. El agua es un recurso que debe satisfacer no solo las necesidades de todos los habitantes de la cuenca, sino que debe distribuirse de manera que permita el desarrollo sostenible e integrado del país, y permita la regeneración de los acuíferos para un manejo sostenible del agua a largo plazo. En el caso de las cuencas multinacionales, deberá tenerse en cuenta los intereses

de todos los países que la componen, sí como la existencia de acuerdos explícitos sobre su distribución y aprovechamiento. (p. 13).

Tanto en la cuenca media como en la cuenca baja un serio problema es la contaminación provocada por la basura. Sobre todo las ciudades pequeñas del Perú adolecen de una falta de manejo de los desechos urbanos y, utilizan a menudo los ríos como basurero. La basura sólida contiene restos orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos pueden ser descompuestos, pero alteran el funcionamiento natural de los ecosistemas al aumentar el número de los «descomponedores», disminuyen la disponibilidad de oxígeno para los peces y demás organismos acuáticos, y afectan la salud humana. Los restos inorgánicos no se descomponen de manera natural, o al descomponerse producen sustancias tóxicas. (p. 12).

Para Sabogal, (2009), la distribución del agua en el país da cuenta de una realidad política, de una distribución del poder. De ella depende la riqueza de los demás recursos naturales del espacio ya que estos se encuentran estrechamente vinculados a la cantidad y calidad del agua, y de esta dependen los ecosistemas y su funcionamiento. Si bien en la época prehispánica hubo un manejo tecnificado para el aprovechamiento del agua, con un enorme desarrollo de canales en la costa y andenes en la sierra, el poder central nunca ejerció un rol protagónico en el manejo de las cuencas en la costa, la selva o la sierra. Ni durante ni después del incanato se manejó el concepto de cuenca, pues la comunicación entre la costa y la selva fue siempre muy exigua. (p. 13).

Del análisis de las teorías antes mencionadas referidas a la gestión de los recursos hídricos (GIRH), se puede decir que todas son muy útiles para el presente estudio, sin embargo los apartados de Martínez (2013), hacia el Estado, hacia el Mercado y orientada a la Comunidad, sintetizan las principales teorías de la GIRH, aunado al planteamiento de Sagobal (2009), que la gestión del agua se fundamenta en tres ejes: el aprovechamiento sostenible del agua, la calidad del agua y en la

prevención y adaptabilidad al cambio climático, han permitido orientar la propuesta para el aprovechamiento hídrico de uso multisectorial del agua en el valle del río Nepeña.

Ahora bien, en el Perú, la planificación de los recursos hídricos tiene por objeto promover su uso sostenible, equilibrar la oferta con la demanda del agua, la conservación y la protección de la calidad de las fuentes naturales, en armonía con el desarrollo nacional, regional y local; así como, la protección e incremento de la cantidad de la disponibilidad de agua.

### 2.2.2. Elaboración de un Plan de aprovechamiento Hídrico.

Según el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, (2010), establece como función de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca, proponer anualmente a la Autoridad Administrativa del Agua el plan de aprovechamiento de las disponibilidades hídricas para atender las demandas multisectoriales, considerando los derechos de uso de agua otorgados y usos de agua de las comunidades campesinas y comunidades nativas cuando se encuentren dentro del ámbito del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca, así como velar por el cumplimiento del Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca (Art. 31, p.11).

La Autoridad Nacional del Agua - ANA (2014), a través del Reglamento del Plan de Aprovechamiento de las Disposiciones Hídricas, establece una metodología y lineamientos que permita lograr el uso adecuado de los recursos hídricos.

### 2.2.3. Visión

Los operadores hidráulicos del valle del río Nepeña, planifican concertadamente el uso eficiente de los recursos hídricos disponibles del río Nepeña, equilibrando y armonizando la oferta y demanda de agua, priorizando el uso poblacional y la conservación del caudal ecológico.

### 2.2.4. Información disponible empleada.

#### 2.2.4.1. Información cartográfica.

Se ha utilizado diverso material cartográfico: Carta Nacional descargada del portal del MINEDU, http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/.
Así como shape, de estudios elaborados por la Autoridad Nacional del Agua, disponibles en la Autoridad Administrativa del Agua Huarmey-Chicama.

#### 2.2.4.2. Información climatológica e hidrológica.

La información climatológica e hidrológica empleada se obtuvo de los archivos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI. También se obtuvo información de los archivos de la Autoridad Nacional del Agua, a través de la Autoridad Administrativa del Agua Huarmey-Chicama y de algunos estudios y proyectos realizados en la zona.

##### 2.2.4.2.1. Climatología

La cuenca del río Nepeña debido a sus características orográficas y gradiente altitudinal, presenta dos sectores claramente diferenciados; una parte baja y una parte alta. La cuenca alta es el sector donde ocurren la mayor parte de las precipitaciones que elevan notoriamente el caudal del río Nepeña, debido a la altura su cobertura vegetal es limitada a la poca vegetación altoandina, se distingue con precipitaciones anuales entre 110 y 440 mm, que en general ocurre en el periodo húmedo entre Diciembre a Abril y un periodo seco, de Junio a Octubre, con escasas lluvias. La cuenca baja es árida, sin vegetación, salvo aquellas zonas bajo riego ubicadas en el valle, las precipitaciones, en general son escasas (menos de 60 mm anuales).

En la cuenca Nepeña se identificaron pocas estaciones meteorológicas sin embargo existen estaciones cercanas, localizadas en cuencas vecinas que pueden servir como apoyo, en total se distribuyen 12 de estaciones con baja densidad espacial, de las cuales solo 9 presentan registros pluviométricos.

Los parámetros climatológicos con registros históricos como son: la temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento, horas de sol y evaporación; serán sistematizados para caracterizar el clima de la cuenca.

En el cuadro N° 03, se muestra la relación de estaciones meteorológicas, administradas por el SENAMHI.

**Cuadro N° 03**
**Ubicación de estaciones meteorológicas**

| Nombre | Parámetros | Período |
|---|---|---|
| **Buena Vista** | Precipitación total | 1964-2015 |
| | Temperatura media | 1964-2015 |
| *Lat. -09°26'01"* | Temperatura máxima | 1964-2015 |
| *Long. -78°12'01"* | Temperatura mínima | 1964-2015 |
| *Alt. 220 m.s.n.m* | Evaporación | 1964-2014 |
| | Humedad relativa | 1966-2000 |
| | Velocidad del viento | 1968-1974, 1998-2014 |
| **Cajamarquilla** | Precipitación total | 1963-2015 |
| *Lat. -09°37'55"* | Temperatura media | 2004-2015 |
| *Long. -77°44'28"* | Temperatura máxima | 2004-2015 |
| *Alt. 3320 m.s.n.m* | Temperatura mínima | 2004-2015 |
| **Caraz** | Precipitación total | 1964-1973 |
| | Temperatura máxima | 1964-1973 |
| *Lat. -09°03'01"* | Temperatura mínima | 1964-1973 |
| *Long. -77°49'01"* | Evaporación | 1964-1973 |
| *Alt. 2247 m.s.n.m* | Humedad relativa | 1966-1973 |
| | Velocidad del viento | 1965-1973 |
| **Quisque Goteo*** | Temperatura máxima | 2011-2015 |
| *Lat. -09°12'00"* | Temperatura mínima | 2011-2015 |
| *Long. -78°12'00"* | Humedad relativa | 2011-2015 |
| *Alt. 367 m.s.n.m* | Velocidad del viento | 2011-2015 |
| **San Jacinto De Nepeña** | Temperatura media | 1956-1968 |
| | Temperatura máxima | 1956-1968 |
| *Lat. -09°09'01"* | Temperatura mínima | 1956-1968 |
| *Long. -78°17'01"* | Humedad relativa | 1956-1968 |
| *Alt. 255 m.s.n.m* | Velocidad del viento | 1956-1968 |
| | Horas de sol | 1956-1968 |
| **Santiago Antunez de Mayolo** | Precipitación total | 1998-2015 |
| | Temperatura media | 1998-2015 |
| *Lat. -09°04'00"* | Temperatura máxima | 1998-2015 |
| *Long. -77°47'00"* | Temperatura mínima | 1998-2015 |
| *Alt. 3079 m.s.n.m* | Horas de sol | 1998-2015 |
| **Yungay** | Precipitación total | 1995-2015 |
| | Temperatura media | 1995-2015 |
| *Lat. -09°09'00"* | Temperatura máxima | 1995-2015 |
| *Long. -77°45'04"* | Temperatura mínima | 1995-2015 |
| *Alt. 2537 m.s.n.m* | Evaporación | 1997-2014 |
| | Humedad relativa | 1995-2000 |
| | Horas de sol | 1995-2014 |

(*) Estaciones de Agroindustrias San Jacinto

## Temperatura

### a) Régimen de Temperatura Media

Para caracterizar el régimen de temperaturas se ha hecho uso de información proveniente de estaciones ubicadas en cuencas vecinas (cuencas Santa y Casma).

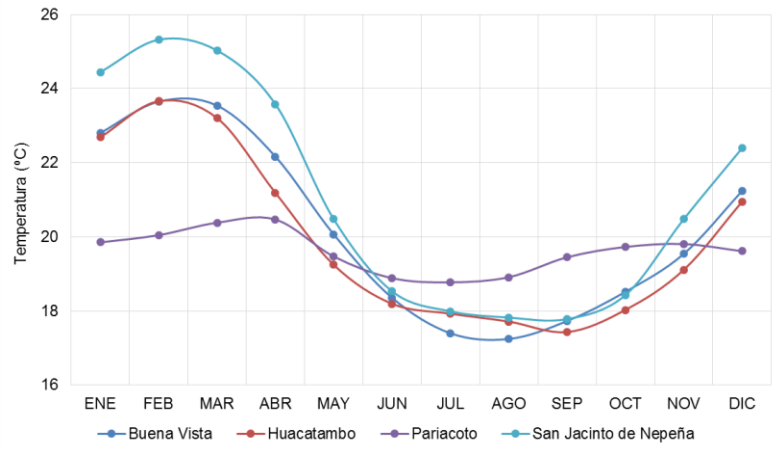
En el cuadro N° 04 se presenta los datos de temperatura media mensual en la cuenca baja, mientras que en la figura N° 01 la variación de la temperatura media mensual en la cuenca baja.
En función de los datos de temperatura media, se elaboró el mapa de isolíneas de temperatura media anual presentada en la figura N° 02.

**Cuadro N° 04**
**Temperatura media (bulbo seco) (ºC) - Cuenca baja**

| Estación | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Prom. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buena Vista | 22.8 | 23.6 | 23.5 | 22.2 | 20.1 | 18.4 | 17.4 | 17.2 | 17.7 | 18.5 | 19.5 | 21.2 | 20.2 |
| Huacatambo | 22.7 | 23.7 | 23.2 | 21.2 | 19.2 | 18.2 | 17.9 | 17.7 | 17.4 | 18.0 | 19.1 | 21.0 | 19.9 |
| Pariacoto | 19.9 | 20.0 | 20.4 | 20.5 | 19.5 | 18.9 | 18.8 | 18.9 | 19.4 | 19.7 | 19.8 | 19.6 | 19.6 |
| San Jacinto de Nepeña | 24.4 | 25.3 | 25.0 | 23.6 | 20.5 | 18.5 | 18.0 | 17.8 | 17.8 | 18.4 | 20.5 | 22.4 | 21.0 |

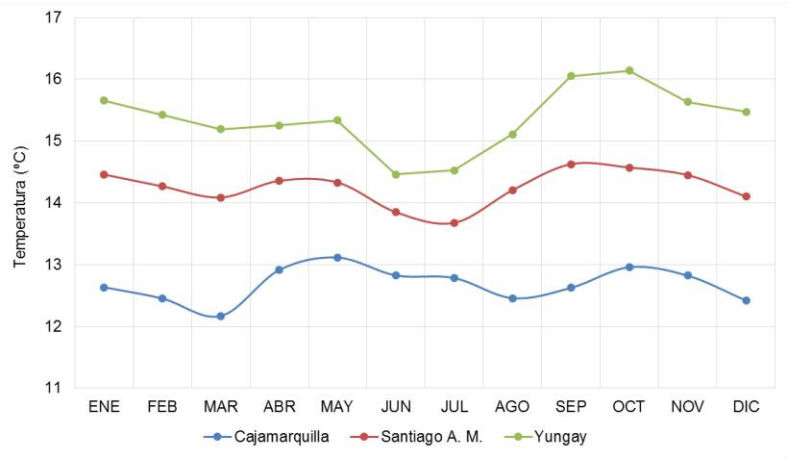
**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 01**
**Temperatura media - Cuenca Baja**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 02**
**Mapa de isolíneas de temperatura media anual.**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

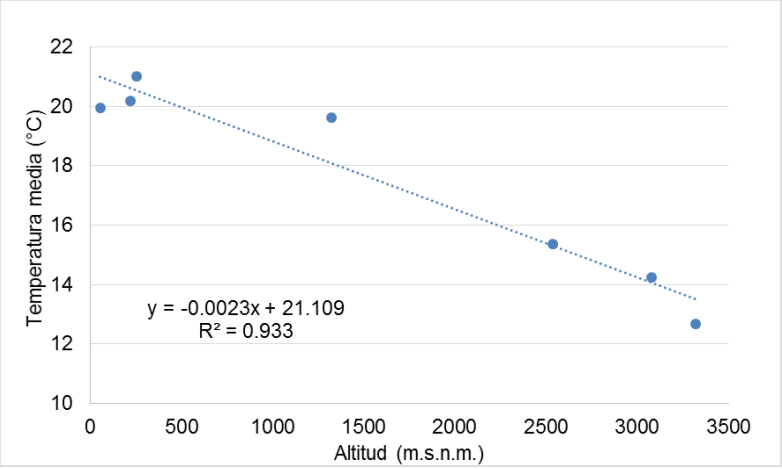
Para caracterizar adecuadamente el comportamiento de la temperatura en la cuenca, en la figura N° 03 se presenta la variación de la temperatura en función de la altitud cuyo resultado nos muestra un gradiente de -0.0023 °C/m, obteniendo así un promedio anual 17.6 °C.

**Cuadro N° 05**
**Gradiente de temperatura media - altitud**

| Estación | Longitud | Latitud | Altitud (m.s.n.m.) | T. media (°C) |
|---|---|---|---|---|
| Buena Vista | -78°12'01" | -09°26'01" | 220 | 20.2 |
| Cajamarquilla | -77°44'28" | -09°37'55" | 3320 | 12.7 |
| Huacatambo | -78°25'13" | -09°14'06" | 54 | 19.9 |
| Pariacoto | -77°53'15" | -09°33'08" | 1324 | 19.6 |
| San Jacinto de Nepeña | -78°17'01" | -09°09'01" | 255 | 21.0 |
| Santiago A. M. | -77°47'00" | -09°04'00" | 3079 | 14.2 |
| Yungay | -77°45'04" | -09°09'00" | 2537 | 15.4 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 03**
**Gradiente de temperatura media - altitud**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## b) Régimen de Temperatura Máxima

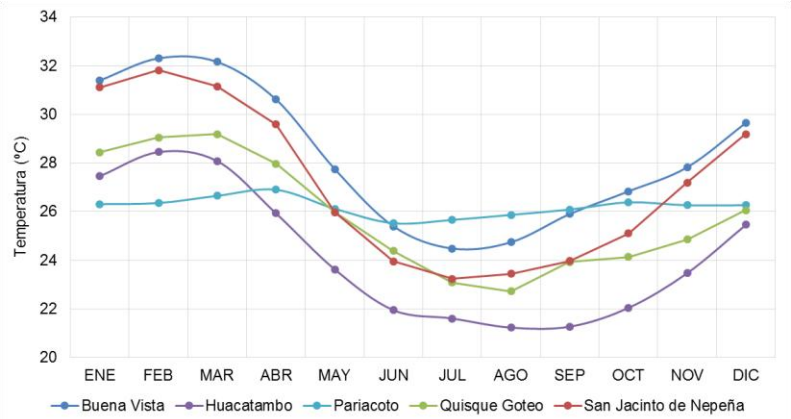
En el siguiente cuadro se muestra la variación de la temperatura máxima mensual en la cuenca baja, mientras que en la figura N° 04 se presenta la temperatura máxima en la cuenca baja.

**Cuadro N° 06**
**Temperatura máxima media mensual (ºC) - Cuenca baja**

| Estación | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Prom. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buena Vista | 31.4 | 32.3 | 32.2 | 30.6 | 27.8 | 25.4 | 24.5 | 24.7 | 25.9 | 26.8 | 27.8 | 29.7 | 28.3 |
| Huacatambo | 27.5 | 28.4 | 28.1 | 25.9 | 23.6 | 21.9 | 21.6 | 21.2 | 21.3 | 22.0 | 23.5 | 25.5 | 24.2 |
| Pariacoto | 26.3 | 26.4 | 26.6 | 26.9 | 26.1 | 25.5 | 25.7 | 25.9 | 26.1 | 26.4 | 26.3 | 26.3 | 26.2 |
| Quisque Goteo | 28.4 | 29.0 | 29.2 | 28.0 | 26.0 | 24.4 | 23.1 | 22.7 | 23.9 | 24.1 | 24.9 | 26.1 | 25.8 |
| San Jacinto de Nepeña | 31.1 | 31.8 | 31.1 | 29.6 | 26.0 | 23.9 | 23.2 | 23.4 | 24.0 | 25.1 | 27.2 | 29.2 | 27.1 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 04**
**Temperatura máxima - Cuenca baja**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## c) Régimen de Temperatura Mínima

El periodo más frio se presenta entre los meses de junio y agosto, en los demás meses aumentan ligeramente, de manera similar, las estaciones ubicadas en la cuenca alta presentan temperaturas mínimas en los meses de junio y agosto.

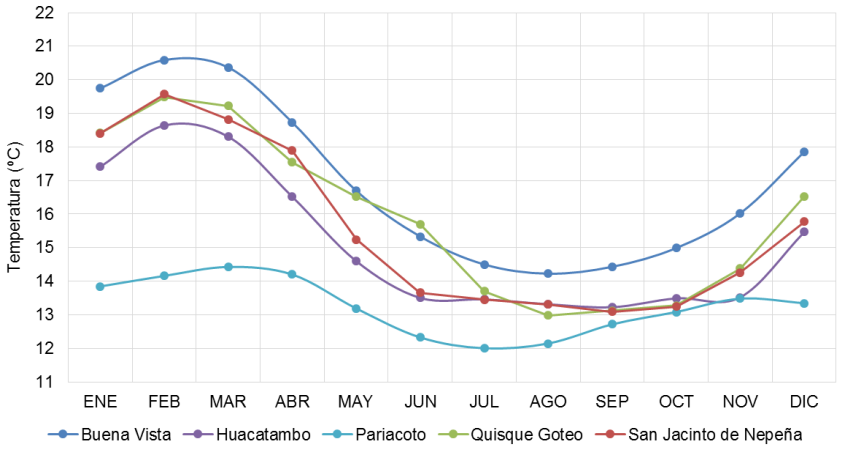
En el siguiente cuadro se presenta la variación de la temperatura mínima mensual en la cuenca baja, mientras que en la figura N° 05 se muestra la temperatura mínima en la cuenca baja.

**Cuadro N° 07**
**Temperatura mínima media mensual (ºC) - Cuenca baja**

| Estación | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Prom. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buena Vista | 19.7 | 20.6 | 20.4 | 18.7 | 16.7 | 15.3 | 14.5 | 14.2 | 14.4 | 15.0 | 16.0 | 17.9 | 17.0 |
| Huacatambo | 17.4 | 18.6 | 18.3 | 16.5 | 14.6 | 13.5 | 13.5 | 13.3 | 13.2 | 13.5 | 13.5 | 15.5 | 15.1 |
| Pariacoto | 13.8 | 14.2 | 14.4 | 14.2 | 13.2 | 12.3 | 12.0 | 12.1 | 12.7 | 13.1 | 13.5 | 13.3 | 13.2 |
| Quisque Goteo | 18.4 | 19.5 | 19.2 | 17.5 | 16.5 | 15.7 | 13.7 | 13.0 | 13.1 | 13.3 | 14.4 | 16.5 | 15.9 |
| San Jacinto de Nepeña | 18.4 | 19.6 | 18.8 | 17.9 | 15.2 | 13.7 | 13.5 | 13.3 | 13.1 | 13.2 | 14.3 | 15.8 | 15.6 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 05**
**Temperatura mínima - Cuenca baja**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Humedad relativa

Este parámetro ha sido registrado en pocas estaciones meteorológicas, la cuenca baja presenta un régimen homogéneo durante todo el año.

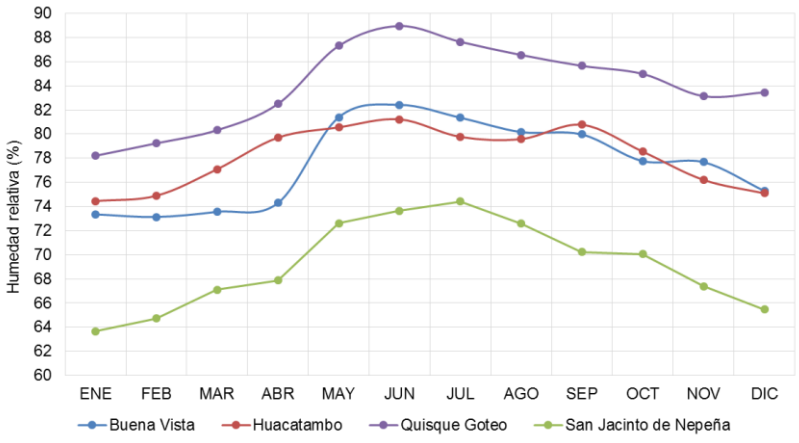
En el siguiente cuadro se presenta la variación de la humedad relativa mensual en la cuenca baja, mientras que en la figura N° 06 se muestra la humedad relativa mensual en la cuenca baja.

**Cuadro N° 08**
**Humedad relativa media mensual (%) - Cuenca baja**

| Estación | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Prom. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buena Vista | 73.3 | 73.1 | 73.6 | 74.3 | 81.4 | 82.4 | 81.4 | 80.2 | 80.0 | 77.8 | 77.7 | 75.3 | 77.5 |
| Huacatambo | 74.5 | 74.9 | 77.1 | 79.7 | 80.6 | 81.2 | 79.8 | 79.6 | 80.8 | 78.5 | 76.2 | 75.1 | 78.2 |
| Quisque Goteo | 78.2 | 79.2 | 80.3 | 82.5 | 87.3 | 89.0 | 87.6 | 86.6 | 85.6 | 85.0 | 83.1 | 83.5 | 84.0 |
| San Jacinto de Nepeña | 63.7 | 64.7 | 67.1 | 67.9 | 72.6 | 73.6 | 74.4 | 72.6 | 70.2 | 70.1 | 67.4 | 65.5 | 69.1 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 06**
**Humedad relativa - Cuenca baja**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Velocidad del viento

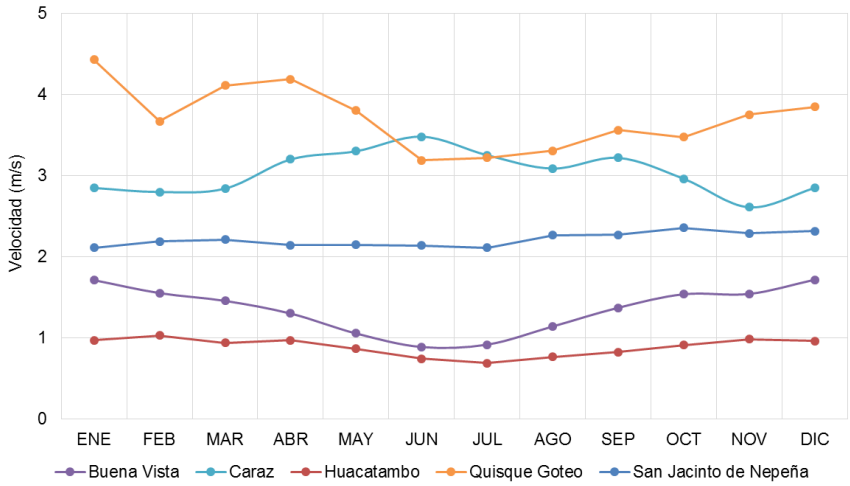
Para la caracterización del viento, se ha utilizado información del SENAMHI. En el cuadro N° 09, se presentan los datos de velocidad de viento promedio mensual en todas las estaciones, mientras que en las figuras N° 07 y N° 08 la variación del viento en la cuenca y la roseta de vientos.

**Cuadro N° 09**
**Velocidad media anual del viento (m/s)**

| Estación | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Prom. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buena Vista | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 1.1 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.7 | 1.4 |
| Caraz | 2.9 | 2.8 | 2.8 | 3.2 | 3.3 | 3.5 | 3.3 | 3.1 | 3.2 | 3.0 | 2.6 | 2.9 | 3.0 |
| Huacatambo | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 0.9 |
| Quisque Goteo | 4.4 | 3.7 | 4.1 | 4.2 | 3.8 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.6 | 3.5 | 3.8 | 3.8 | 3.7 |
| San Jacinto de Nepeña | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.2 |

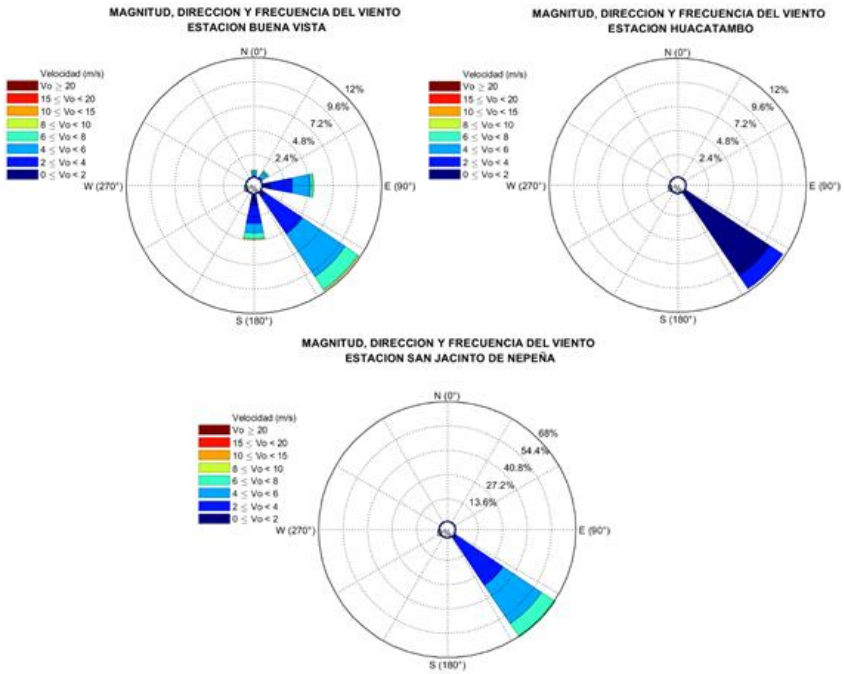
**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Figura N° 07
## Velocidad del viento




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Figura N° 08
## Rosetas de viento




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Horas de sol

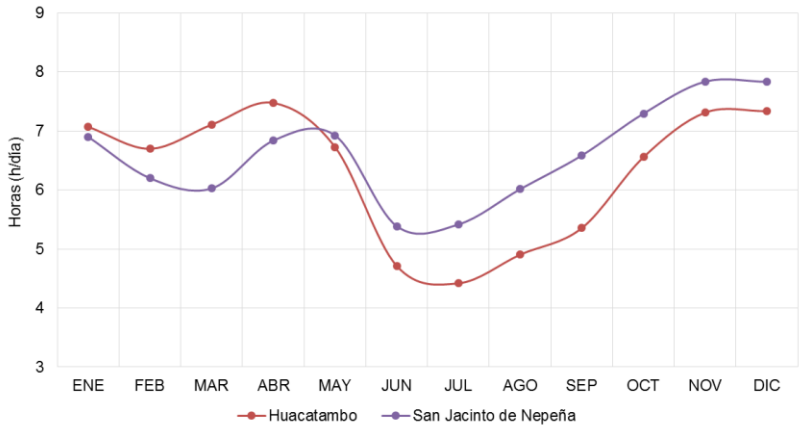
De acuerdo a la información recopilada, las horas de sol registrada en la cuenca baja se muestra en el siguiente cuadro, mientras que en la figura N° 09 se muestra la variación estacional.

**Cuadro N° 10**
**Horas de sol promedio mensual (hora/día) - Cuenca baja**

| Estación | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Prom. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Huacatambo | 7.1 | 6.7 | 7.1 | 7.5 | 6.7 | 4.7 | 4.4 | 4.9 | 5.4 | 6.6 | 7.3 | 7.3 | 6.3 |
| San Jacinto de Nepeña | 6.9 | 6.2 | 6.0 | 6.8 | 6.9 | 5.4 | 5.4 | 6.0 | 6.6 | 7.3 | 7.8 | 7.8 | 6.6 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 09**
**Horas de sol - Cuenca baja**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Evaporación

La información de evaporación se registra en estaciones meteorológicas ubicadas en cuencas vecinas: para la parte baja se utilizaron registros de la estación Buena Vista.

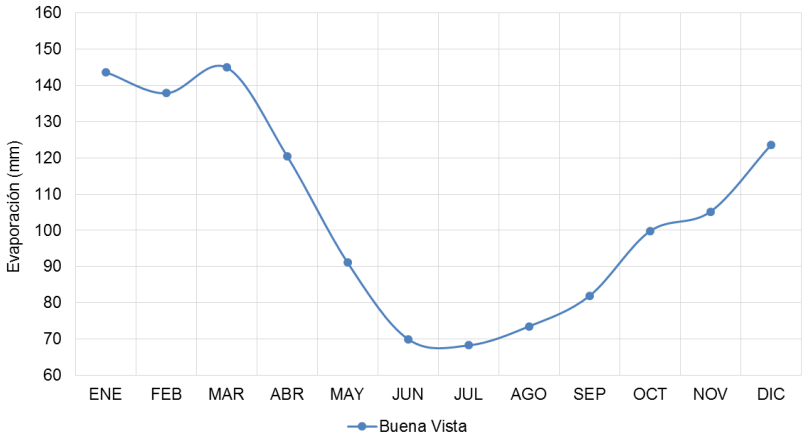
En el cuadro N° 11, se muestra el resumen de la Evaporación mensual de la estación y en la figura N° 10 se muestra la variación.

**Cuadro N° 11**
**Evaporación total (mm/mes)- Cuenca baja**

| Estación | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buena Vista | 143.7 | 137.8 | 144.9 | 120.5 | 91.1 | 70.0 | 68.3 | 73.5 | 81.9 | 99.8 | 105.1 | 123.5 | 1260.1 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 10**
**Evaporación Total (mm/mes)- Cuenca baja**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Evapotranspiración

La evapotranspiración es la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y otra parte mediante transpiración, ambos procesos ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos.

La FAO, en su publicación N° 56, recomienda el método de FAO Penman-Monteith para la determinación de la evapotranspiración de referencia o potencial, en caso sea utilizado para la determinación de los requerimientos hídricos de cultivos, así mismo, también puede ser utilizado para el cálculo de la evapotranspiración real de la cuenca, luego de haber efectuado el ajuste correspondiente en un balance hídrico, a través de un modelo hidrológico precipitación-escorrentía.

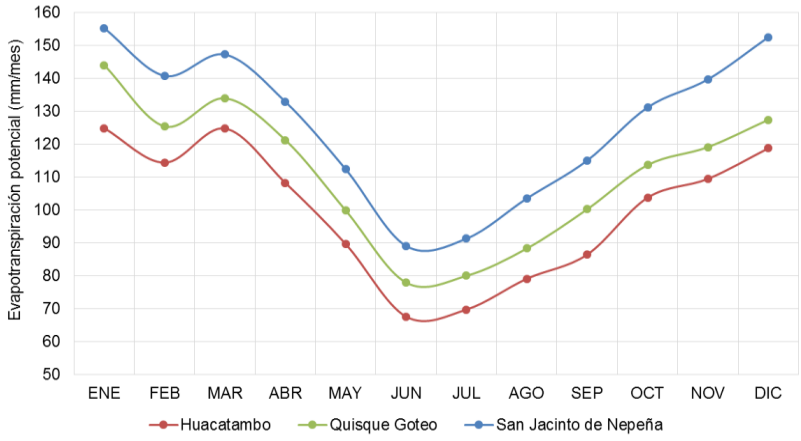
Los registros utilizados pertenecen a las estaciones meteorológicas ubicadas en la parte baja (Huacatambo, Quisque Goteo y San Jacinto) de la cuenca Nepeña.

**Cuadro N° 12**
**Evapotranspiración potencial (mm/mes) - Cuenca baja**

| Estación | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Huacatambo | 124.9 | 114.4 | 124.8 | 108.3 | 89.7 | 67.6 | 69.8 | 79.1 | 86.5 | 103.8 | 109.5 | 118.8 | 1197.0 |
| Quisque Goteo | 144.03 | 125.43 | 133.95 | 121.28 | 99.87 | 77.97 | 80.01 | 88.32 | 100.24 | 113.67 | 119.14 | 127.44 | 1331.4 |
| San Jacinto de Nepeña | 155.3 | 140.8 | 147.3 | 132.9 | 112.4 | 89.1 | 91.3 | 103.5 | 115.1 | 131.2 | 139.7 | 152.5 | 1511.1 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 11**
**Evapotranspiración potencial - Cuenca baja**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

### 2.2.4.2.2. Hidrológica

#### a) Pluviométrica.

La cuenca del río Nepeña cuenta con solo dos estaciones que miden lluvia, San Jacinto y Huacatambo. Las dos son climatológicas ordinarias, estando la primera suspendida y la segunda clausurada.
El período de registros de la estación Huacatambo es de 8 años (1956-1963), mientras que San Jacinto registra unos 15 años (1956-1970).

**Cuadro N° 13**
**Características de las estaciones pluviométricas en el valle del río Nepeña**

| Nombre | Latitud | Longitud | Altitud (msnm) | Tipo | Estado Actual | Año de inicio | Año final |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Huacatambo | 9°14´ | 78°25´ | 56 | CO | C | 1956 | 1963 |
| San Jacinto | 9°09´ | 78°17´ | 255 | CO | F | 1956 | 1970 |

**Fuente:** Informe final estudios climatológicos e hidrológicos del valle Nepeña - MINAG, 1982
Co: Climatológica ordinaria
C: Clausurada
F: Funcionando

**Consistencia de la información pluviométrica.**

Dado que a precipitación esperada y registrada en la cuenca seca es insignificante y no tiene efectos en la producción de escorrentía, no se realizó mayores análisis sobre las estaciones de precipitación antes mencionadas.

#### b) Hidrométrica superficial

#### b.1) Estaciones hidrométricas

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

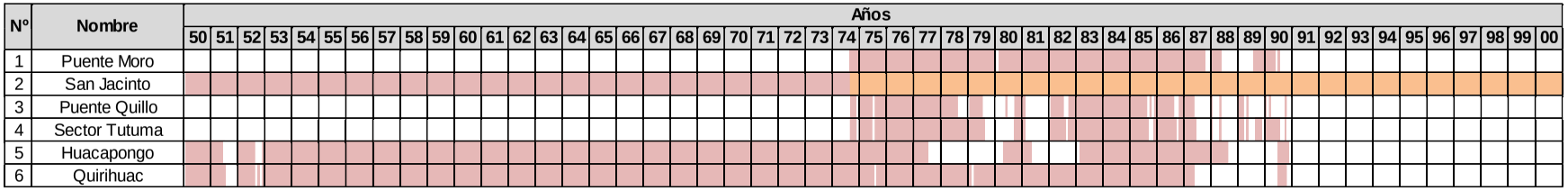
sedimentos en suspensión o de sustancias químicas de los ríos, incluidos también los contaminantes.

En la cuenca del río Nepeña fueron identificadas dos estaciones de aforo de caudales con registro histórico; Puente Moro y San Jacinto sin embargo las estaciones se han encontrado inoperativas durante largos periodos, solo la estación Puente Moro fue reactivada recientemente con la implementación de una estación automática, no obstante su registro no se encuentra disponible.

Con el fin de realizar los análisis de consistencia se han considerado también registros históricos de las estaciones ubicadas en las cuencas de los ríos Casma (Puente Quillo y Sector Tutuma), Virú (Huacapongo) y Moche (Quirihuac) que tienen un régimen hidrológico similar al río Nepeña.

En el cuadro N° 14, se presentan los periodos de registros hidrométricos de las estaciones. En el cuadro Nº 16 se muestra la ubicación política y geográfica de las estaciones y la entidad responsable del monitoreo (según registros históricos recopilados).

## Cuadro N° 14
## Estaciones hidrométricas – Información histórica




Fuente:

SENAMHI

ATDR Nepeña-Casma-Huarmey

**Cuadro N° 15**
**Estaciones hidrométricas**

| Nº | Nombre | Tipo | Departamento | Provincia | Distrito | Latitud (°S) | Longitud (°W) | Altitud (msnm) | Fuente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Puente Moro | HLM | Ancash | Santa | Moro | 09°08'28" | 78°12'07" | 419 | SENAMHI-ATDR |
| 2 | San Jacinto | HLM | Ancash | Santa | Moro | 09°09'60" | 78°15'00" | 294 | SENAMHI |
| 3 | Puente Quillo | HLM | Ancash | Yungay | Quillo | 09°19'39" | 78°02'49" | 1187 | SENAMHI |
| 4 | Sector Tutuma | HLM | Ancash | Huaraz | Pampas | 09°31'51" | 77°33'39" | 878 | SENAMHI |
| 5 | Huacapongo | HLM | La Libertad | Virú | Virú | 08°23'01" | 78°40'01" | 350 | SENAMHI |
| 6 | Quirihuac | HLM | La Libertad | Trujillo | Laredo | 08°05'01" | 78°52'01" | 196 | SENAMHI |

Nota: HLM: Hidrométrica Limnimétrica
**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

Según los cuadros N° 14 y 15 la información hidrométrica disponible proviene de dos fuentes: SENAMHI y la ex Administración Técnica del Distrito de Riego Santa-Lacramarca-Nepeña (ATDR), SENAMHI monitoreo las estaciones San Jacinto y Puente Moro en los periodos 1950-1974 y 1974-1990, respectivamente. Posteriormente la estación San Jacinto estuvo bajo responsabilidad de la ATDR conjuntamente con la Empresa Agroindustrial San Jacinto.

## b.2) Diagnóstico de Estaciones Hidrométricas

En el diagnóstico y recorrido en campo, se verificó las ubicaciones de las estaciones utilizadas en el análisis hidrológico. Las estaciones evaluadas fueron: Puente Moro y San Jacinto.

- **Estación Puente Moro**

La estación fue de tipo hidrométrica limnimétrica en el periodo 1974 -1990, actualmente se ha modernizado y es automática, cuenta con una sección definida en el centro del cauce, un sensor de nivel de agua, además de una regla de 4.90 metros de altura.

**Figura N° 12**
**Estación Puente Moro (sección)**

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

- **Estación San Jacinto**

  Se encuentra ubicada en la cabecera de valle y actualmente está inoperativa.

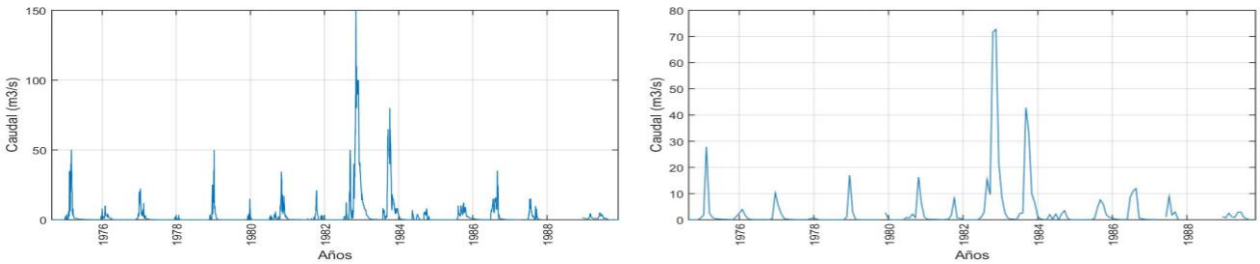
**Figura N° 13**
**Estación San Jacinto (regla)**

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

### b.3) Registros de caudales históricos

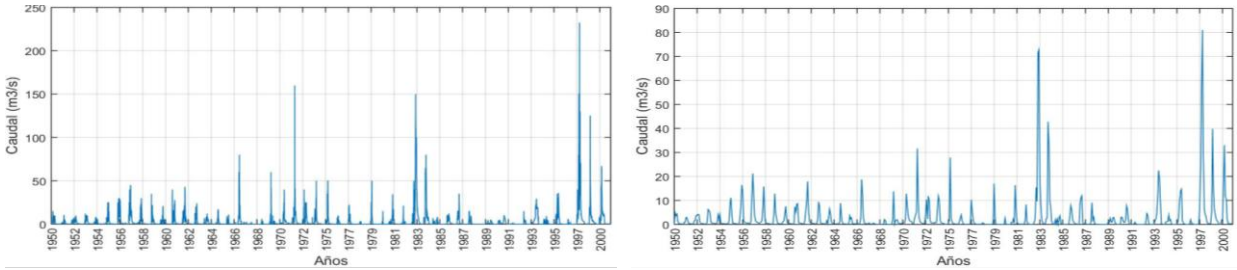
Se ha evaluado los registros de caudales históricos de las estaciones seleccionadas y se han realizado los hidrogramas diarios y mensuales con el fin observar el comportamiento de los datos. En las Figuras siguientes se muestra los hidrogramas de caudales mensuales de cada estación, mientras que en los cuadros N° 16 y N° 17 se presentan los registros históricos.

**Figura N° 14**
**Hidrograma de caudales diarios (izquierda) y mensuales (derecha**
**Estación Puente Moro**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 15**
**Hidrograma de caudales diarios (izquierda) y mensuales (derecha**
**Estación San Jacinto**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Cuadro Nº 16
## Caudal promedio mensual - histórico
## Estación Puente Moro (m3/s)

| AÑO | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SEP. | OCT. | NOV. | DIC. | MEDIA A. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1974 | | | | | | | | | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 1975 | 0.6 | 1.8 | 27.9 | 2.6 | 0.9 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 2.9 |
| 1976 | 1.3 | 2.5 | 4.0 | 1.6 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.9 |
| 1977 | 0.4 | 10.3 | 5.7 | 2.4 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.7 |
| 1978 | 0.1 | 0.5 | 0.7 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 |
| 1979 | 0.0 | 1.1 | 17.0 | 3.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.8 |
| 1980 | 0.0 | | 2.7 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.7 | 2.2 | |
| 1981 | 0.8 | 16.3 | 6.5 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 2.2 |
| 1982 | 1.7 | 8.3 | 0.7 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 2.8 | 1.3 |
| 1983 | 15.4 | 9.6 | 71.6 | 72.8 | 21.3 | 8.7 | 2.8 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 2.4 | 17.2 |
| 1984 | 2.6 | 42.8 | 33.5 | 10.0 | 6.5 | 1.2 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 2.0 | 0.2 | 2.2 | 8.5 |
| 1985 | 0.1 | 2.4 | 3.5 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.6 |
| 1986 | 0.5 | 4.7 | 7.6 | 5.9 | 1.9 | 0.9 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 1.9 |
| 1987 | 8.8 | 11.1 | 11.9 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | | | |
| 1988 | 1.2 | 9.0 | 1.8 | 3.0 | 0.3 | | | | | | | | |
| 1989 | | | | | | | | 1.2 | 0.7 | 2.5 | 1.1 | 0.9 | 1.3 |
| 1990 | 2.8 | 3.0 | 1.0 | 0.4 | 0.0 | | 0.0 | | | | | | |
| **MEDIA** | **2.4** | **8.8** | **13.1** | **7.0** | **2.2** | **0.9** | **0.3** | **0.2** | **0.1** | **0.4** | **0.3** | **0.8** | **3.1** |
| **D. EST.** | **4.2** | **10.8** | **19.0** | **18.4** | **5.5** | **2.4** | **0.7** | **0.3** | **0.2** | **0.8** | **0.4** | **1.1** | |

Fuente: SENAMHI

# Cuadro Nº 17
# Caudal promedio mensual - Histórico
# Estación San Jacinto (m3/s)

| AÑO | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SEP. | OCT. | NOV. | DIC. | MEDIA A. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1950 | 0.15 | 4.67 | 3.62 | 4.34 | 1.24 | 0.33 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.15 | 0.15 | 0.91 | 1.36 |
| 1951 | 0.85 | 3.05 | 2.77 | 1.31 | 0.26 | 0.33 | 0.28 | 0.20 | 0.18 | 0.19 | 1.52 | 1.93 | 1.07 |
| 1952 | 3.84 | 3.62 | 4.31 | 4.10 | 0.92 | 0.57 | 0.40 | 0.35 | 0.24 | 0.19 | 0.16 | 0.18 | 1.57 |
| 1953 | 1.16 | 6.25 | 5.79 | 5.18 | 1.22 | 0.53 | 0.54 | 0.43 | 0.38 | 0.32 | 0.42 | 0.69 | 1.91 |
| 1954 | 4.05 | 2.16 | 4.09 | 0.60 | 0.29 | 0.32 | 0.33 | 0.30 | 0.26 | 0.22 | 0.31 | 0.22 | 1.10 |
| 1955 | 1.39 | 8.55 | 11.10 | 4.81 | 0.40 | 0.55 | 0.42 | 0.37 | 0.22 | 0.21 | 0.18 | 0.18 | 2.36 |
| 1956 | 3.44 | 8.94 | 16.42 | 13.17 | 1.52 | 0.74 | 0.71 | 0.65 | 0.37 | 0.75 | 0.28 | 0.25 | 3.94 |
| 1957 | 1.49 | 13.34 | 21.19 | 11.80 | 3.43 | 1.57 | 1.10 | 0.76 | 0.53 | 0.43 | 0.68 | 1.03 | 4.78 |
| 1958 | 1.67 | 7.59 | 15.80 | 3.11 | 0.59 | 0.59 | 0.45 | 0.42 | 0.28 | 0.22 | 0.17 | 0.13 | 2.59 |
| 1959 | 0.11 | 4.14 | 12.85 | 4.79 | 2.56 | 0.52 | 0.46 | 0.31 | 0.25 | 0.22 | 0.26 | 1.23 | 2.31 |
| 1960 | 1.50 | 4.26 | 7.57 | 2.33 | 0.58 | 0.47 | 0.41 | 0.35 | 0.24 | 0.20 | 0.16 | 0.13 | 1.52 |
| 1961 | 7.34 | 5.28 | 8.30 | 8.70 | 0.71 | 0.62 | 0.54 | 0.43 | 0.32 | 0.24 | 0.19 | 1.89 | 2.88 |
| 1962 | 6.08 | 10.82 | 17.87 | 5.67 | 1.09 | 0.75 | 0.64 | 0.52 | 0.43 | 0.34 | 0.25 | 0.22 | 3.72 |
| 1963 | 0.32 | 2.44 | 9.41 | 7.38 | 0.80 | 0.39 | 0.35 | 0.34 | 0.21 | 0.20 | 0.18 | 1.61 | 1.97 |
| 1964 | 0.30 | 3.25 | 6.42 | 4.32 | 0.90 | 0.50 | 0.43 | 0.35 | 0.27 | 0.19 | 0.27 | 0.19 | 1.45 |
| 1965 | 0.29 | 1.02 | 8.86 | 3.07 | 0.67 | 0.23 | 0.24 | 0.20 | 0.18 | 0.15 | 0.14 | 0.16 | 1.27 |
| 1966 | 3.61 | 2.24 | 2.72 | 0.33 | 0.32 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.14 | 0.37 | 0.10 | 0.07 | 0.89 |
| 1967 | 2.59 | 18.73 | 12.85 | 2.62 | 0.64 | 0.24 | 0.37 | 0.24 | 0.14 | 0.63 | 0.19 | 0.16 | 3.28 |
| 1968 | 0.18 | 0.13 | 0.63 | 0.34 | 0.10 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.14 |
| 1969 | 0.04 | 0.10 | 2.06 | 1.58 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 2.23 | 0.53 |
| 1970 | 13.77 | 0.15 | 1.44 | 1.74 | 2.10 | 0.60 | 0.59 | 0.39 | 0.27 | 0.32 | 0.79 | 0.67 | 1.90 |
| 1971 | 0.52 | 2.41 | 12.84 | 7.98 | 3.82 | 1.98 | 1.40 | 1.35 | 0.81 | 0.19 | 0.26 | 2.65 | 3.02 |
| 1972 | 3.85 | 5.22 | 31.68 | 9.37 | 2.53 | 1.14 | 0.75 | 0.60 | 0.36 | 0.30 | 0.37 | 3.84 | 5.00 |
| 1973 | 10.27 | 2.25 | 11.81 | 9.90 | 1.84 | 0.61 | 0.65 | 0.61 | 0.45 | 0.88 | 0.61 | 0.84 | 3.39 |
| 1974 | 6.84 | 11.79 | 10.00 | 1.79 | 0.71 | 0.53 | 0.50 | 0.44 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 2.73 |
| 1975 | 0.59 | 1.82 | 27.87 | 2.55 | 0.93 | 0.42 | 0.30 | 0.21 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.10 | 2.94 |
| 1976 | 1.26 | 2.54 | 3.97 | 1.57 | 0.36 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.05 | 0.86 |
| 1977 | 0.44 | 10.28 | 5.68 | 2.40 | 0.53 | 0.21 | 0.15 | 0.12 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 1.68 |
| 1978 | 0.08 | 0.55 | 0.68 | 0.23 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.15 |
| 1979 | 0.03 | 1.12 | 17.03 | 3.33 | 0.10 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 1.83 |
| 1980 | 0.03 | 0.03 | 2.65 | 0.19 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.89 | 0.68 | 2.19 | 0.56 |
| 1981 | 0.79 | 16.33 | 6.54 | 1.05 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.11 | 0.06 | 0.13 | 0.17 | 2.16 |
| 1982 | 1.90 | 8.27 | 0.72 | 0.56 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.99 | 2.79 | 1.29 |
| 1983 | 15.41 | 9.57 | 71.65 | 72.77 | 21.30 | 8.73 | 2.77 | 0.64 | 0.28 | 0.24 | 0.14 | 2.42 | 17.16 |
| 1984 | 2.63 | 42.81 | 33.48 | 9.97 | 6.55 | 1.18 | 0.28 | 0.12 | 0.05 | 2.00 | 0.22 | 2.23 | 8.46 |
| 1985 | 0.05 | 2.60 | 3.61 | 0.58 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.60 |
| 1986 | 0.54 | 4.71 | 7.89 | 5.87 | 1.90 | 0.93 | 0.59 | 0.29 | 0.17 | 0.10 | 0.10 | 0.13 | 1.94 |
| 1987 | 8.77 | 11.07 | 11.93 | 0.66 | 0.37 | 0.18 | 0.14 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 2.79 |
| 1988 | 1.20 | 9.01 | 1.81 | 3.00 | 0.34 | 0.14 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 1.31 |
| 1989 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.15 | 0.75 | 2.55 | 1.14 | 0.85 | 0.54 |
| 1990 | 2.82 | 3.01 | 1.04 | 0.40 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 3.15 | 2.92 | 1.54 | 1.25 |
| 1991 | 0.78 | 0.78 | 2.10 | 7.79 | 6.08 | 1.60 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 1.62 |
| 1992 | 0.94 | 0.08 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 |
| 1993 | 0.87 | 4.57 | 3.89 | 0.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 2.19 | 1.17 |
| 1994 | 4.52 | 11.71 | 22.48 | 19.10 | 9.58 | 0.32 | 0.22 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 1.10 | 1.10 | 5.85 |
| 1995 | 1.09 | 3.93 | 1.58 | 2.05 | 0.43 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.26 | 0.74 | 0.84 |
| 1996 | 3.94 | 10.47 | 13.81 | 14.67 | 1.63 | 0.47 | 0.23 | 0.14 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.78 |
| 1997 | 0.26 | 1.93 | 0.50 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 8.73 | 1.00 |
| 1998 | 23.45 | 57.48 | 81.02 | 29.13 | 6.53 | 3.97 | 3.24 | 0.89 | 0.47 | 0.25 | 0.31 | 0.35 | 17.26 |
| 1999 | 4.77 | 39.82 | 14.73 | 6.50 | 4.02 | 2.26 | 1.47 | 0.95 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 1.90 | 6.38 |
| 2000 | 2.24 | 18.22 | 33.00 | 11.85 | 10.66 | 2.22 | 0.50 | 0.20 | 0.31 | 0.28 | 0.32 | 0.40 | 6.68 |
| **MEDIA** | **3.34** | **8.36** | **12.54** | **6.46** | **2.16** | **0.77** | **0.43** | **0.28** | **0.17** | **0.35** | **0.34** | **1.05** | **3.02** |
| **D. EST.** | **4.92** | **12.22** | **17.33** | **12.14** | **4.02** | **1.51** | **0.68** | **0.33** | **0.19** | **0.68** | **0.54** | **1.60** | |

Fuente: SENAMHI - ALA Santa-Lacramarca-Nepeña

### b.4) Análisis de Consistencia

Se evaluó la consistencia de los registros de caudales medios diarios y mensuales, para establecer si existen posibles fenómenos de no homogeneidad e inconsistencia de los datos, que puede reflejarse como “saltos” y/o tendencias en las series de tiempo históricas, el procedimiento a seguir comprendió: análisis de hidrogramas anuales y mensuales y análisis de doble masa.

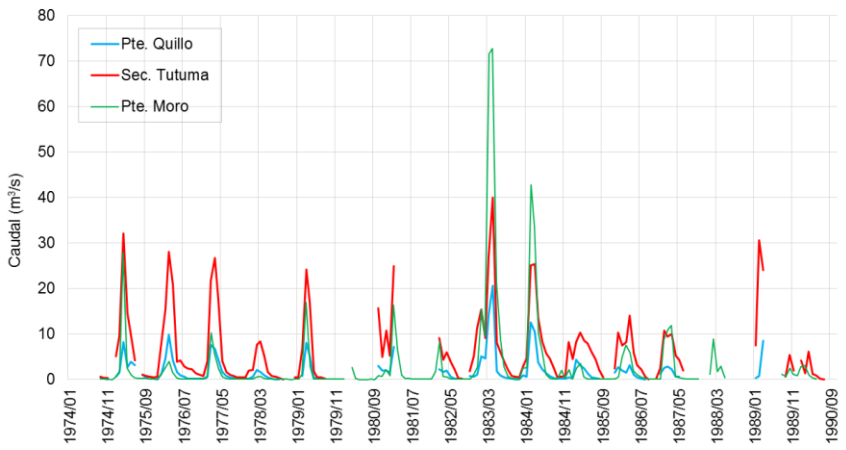
Las estaciones fueron agrupadas teniendo en consideración periodos de registros concurrentes. Así, el Grupo 1 está conformado por las estaciones Puente Moro, Puente Quillo y Sector Tutuma con un periodo de análisis de 1974 a 1990; mientras que el Grupo 2 corresponde a las estaciones San Jacinto, Quirihuac y Huacapongo, siendo el periodo comprendido entre 1950 a 1974.

- **Análisis gráfico**

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

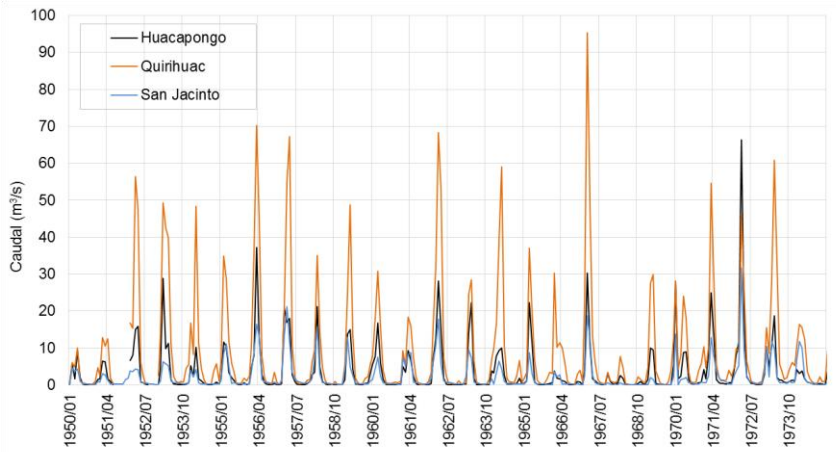
  En las figuras N° 16, 17, 18 y 19 se presenta el hidrograma de caudales mensuales de las estaciones agrupadas y correspondientes a los periodos de registros concurrentes: 1974-1990, 1950-1974, 1974-1990 y 1950-1974 respectivamente. Se observa que los ríos tienen un comportamiento similar de acuerdo a su régimen hidrológico, sin embargo se presentan valores extremos en los años 1967 (Quirihuac), 1983 (Puente Moro y San Jacinto) y 1998 (San Jacinto), periodos que coinciden con la ocurrencia del Fenómeno de El Niño.

**Figura N° 16**
**Hidrograma de caudales mensuales - Grupo 1**
**Periodo 1974-1990**



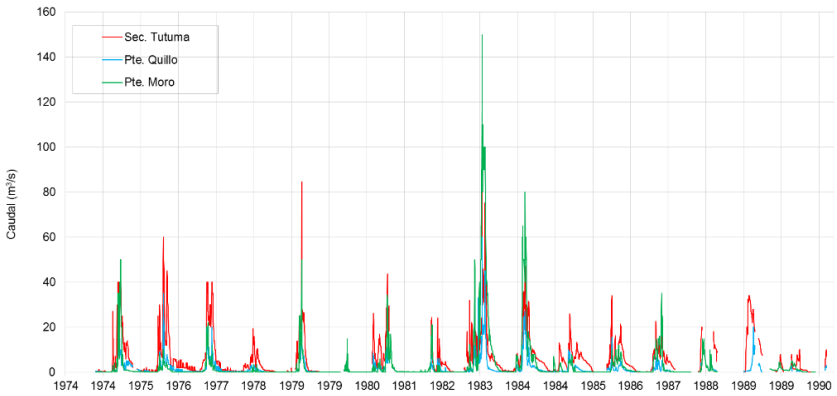

**Fuente**: Elaboración propia.

**Figura N° 17**
**Hidrograma de caudales mensuales - Grupo 2**
**Periodo 1950-1974**



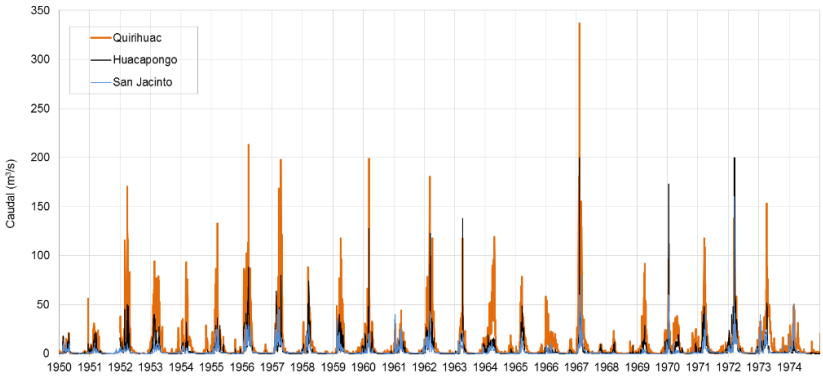

**Fuente**: Elaboración propia

**Figura N° 18**
**Hidrograma de caudales diarios - Grupo 1**
**Periodo 1974-1990**




**Fuente**: Elaboración propia.

**Figura N° 19**
**Hidrograma caudales diarios - Grupo 2**
**Periodo 1950-1974**




**Fuente**: Elaboración propia.

- **Análisis de Doble Masa**

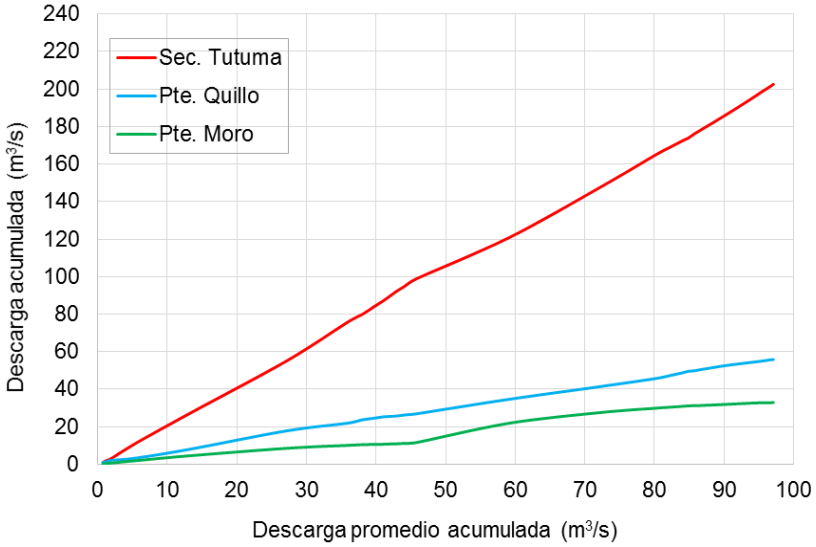
Para el Análisis Doble Masa se tomaron los registros continuos y concurrentes de datos mensuales y anuales; para el caso del Grupo 1, este comprende los periodos 1975/08 - 1978/08 y 1982/10 - 1985/08; para el Grupo 2, solo el periodo 1953-1974.

# Cuadro N° 18
# Análisis Doble Masa - Grupo 1 (m3/s)
# Periodo 1975/08 - 1978/08

| Año/Mes | Estación | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pte. Moro | | Pte. Quillo | | Sec. Tutuma | | Estación acumulada | |
| | Mensual | Acumulada | Mensual | Acumulada | Mensual | Acumulada | Promedio | Acumulada |
| 1975/08 | 0.2 | 0.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.8 | 0.8 |
| 1975/09 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 1.3 | 0.8 | 1.9 | 0.4 | 1.2 |
| 1975/10 | 0.2 | 0.6 | 0.6 | 1.9 | 0.6 | 2.5 | 0.4 | 1.6 |
| 1975/11 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 2.1 | 0.5 | 2.9 | 0.3 | 1.9 |
| 1975/12 | 0.1 | 0.8 | 0.1 | 2.2 | 0.6 | 3.5 | 0.3 | 2.2 |
| 1976/01 | 1.3 | 2.0 | 1.2 | 3.4 | 8.1 | 11.7 | 3.5 | 5.7 |
| 1976/02 | 2.5 | 4.6 | 4.6 | 8.0 | 15.4 | 27.1 | 7.5 | 13.2 |
| 1976/03 | 4.0 | 8.5 | 9.8 | 17.8 | 28.1 | 55.2 | 14.0 | 27.2 |
| 1976/04 | 1.6 | 10.1 | 4.1 | 22.0 | 20.9 | 76.0 | 8.9 | 36.0 |
| 1976/05 | 0.4 | 10.5 | 1.7 | 23.7 | 3.8 | 79.9 | 2.0 | 38.0 |
| 1976/06 | 0.1 | 10.6 | 0.9 | 24.6 | 4.2 | 84.1 | 1.8 | 39.8 |
| 1976/07 | 0.1 | 10.7 | 0.7 | 25.3 | 2.9 | 87.1 | 1.2 | 41.0 |
| 1976/08 | 0.1 | 10.8 | 0.2 | 25.5 | 2.4 | 89.4 | 0.9 | 41.9 |
| 1976/09 | 0.1 | 10.9 | 0.2 | 25.7 | 2.2 | 91.6 | 0.8 | 42.7 |
| 1976/10 | 0.1 | 11.0 | 0.2 | 25.9 | 1.3 | 93.0 | 0.5 | 43.3 |
| 1976/11 | 0.1 | 11.1 | 0.2 | 26.1 | 1.0 | 94.0 | 0.4 | 43.7 |
| 1976/12 | 0.1 | 11.1 | 0.2 | 26.3 | 0.8 | 94.8 | 0.4 | 44.1 |
| 1977/01 | 0.4 | 11.6 | 0.6 | 26.9 | 4.0 | 98.8 | 1.7 | 45.7 |
| 1977/02 | 10.3 | 21.9 | 7.7 | 34.6 | 21.9 | 120.7 | 13.3 | 59.0 |
| 1977/03 | 5.7 | 27.5 | 6.8 | 41.4 | 26.7 | 147.4 | 13.0 | 72.1 |
| 1977/04 | 2.4 | 29.9 | 4.4 | 45.7 | 17.7 | 165.0 | 8.2 | 80.2 |
| 1977/05 | 0.5 | 30.5 | 1.6 | 47.4 | 4.1 | 169.1 | 2.1 | 82.3 |
| 1977/06 | 0.2 | 30.7 | 0.7 | 48.1 | 1.6 | 170.7 | 0.8 | 83.2 |
| 1977/07 | 0.2 | 30.8 | 0.4 | 48.5 | 1.1 | 171.8 | 0.5 | 83.7 |
| 1977/08 | 0.1 | 30.9 | 0.3 | 48.8 | 0.8 | 172.6 | 0.4 | 84.1 |
| 1977/09 | 0.1 | 31.0 | 0.3 | 49.2 | 0.4 | 173.1 | 0.3 | 84.4 |
| 1977/10 | 0.1 | 31.1 | 0.2 | 49.4 | 0.4 | 173.5 | 0.2 | 84.7 |
| 1977/11 | 0.1 | 31.2 | 0.2 | 49.6 | 0.5 | 174.0 | 0.3 | 84.9 |
| 1977/12 | 0.1 | 31.3 | 0.2 | 49.8 | 2.0 | 176.0 | 0.8 | 85.7 |
| 1978/01 | 0.1 | 31.3 | 0.6 | 50.5 | 2.2 | 178.1 | 1.0 | 86.6 |
| 1978/02 | 0.5 | 31.9 | 2.1 | 52.5 | 7.6 | 185.8 | 3.4 | 90.1 |
| 1978/03 | 0.7 | 32.6 | 1.7 | 54.2 | 8.3 | 194.1 | 3.6 | 93.6 |
| 1978/04 | 0.2 | 32.8 | 0.9 | 55.1 | 5.1 | 199.2 | 2.1 | 95.7 |
| 1978/05 | 0.0 | 32.8 | 0.4 | 55.6 | 1.7 | 200.9 | 0.7 | 96.4 |
| 1978/06 | 0.0 | 32.8 | 0.1 | 55.7 | 0.7 | 201.6 | 0.3 | 96.7 |
| 1978/07 | 0.0 | 32.9 | 0.1 | 55.8 | 0.6 | 202.2 | 0.2 | 97.0 |
| 1978/08 | 0.0 | 32.9 | 0.0 | 55.8 | 0.3 | 202.5 | 0.1 | 97.1 |

**Fuente**: Elaboración propia.

## Figura N° 20
## Análisis Doble Masa - Grupo 1
## Periodo 1975/08 - 1978/08



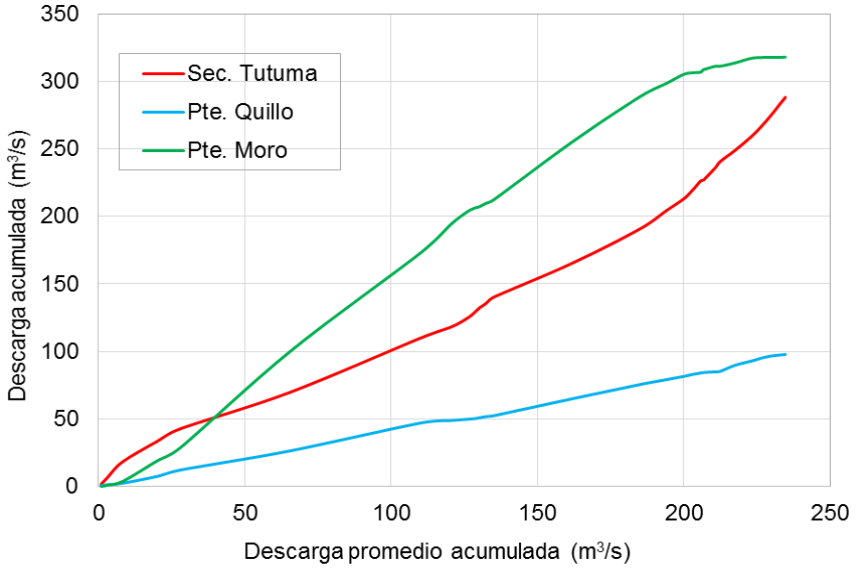

**Fuente**: Elaboración propia.

## Cuadro N° 19
## Análisis Doble Masa - Grupo 1 (m3/s)
## Periodo 1982/10 - 1985/08

| Año/Mes | Estación | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pte. Moro | | Pte. Quillo | | Sec. Tutuma | | Estación acumulada | |
| | Mensual | Acumulada | Mensual | Acumulada | Mensual | Acumulada | Promedio | Acumulada |
| 1982/10 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.8 | 1.8 | 1.8 | 0.9 | 0.9 |
| 1982/11 | 1.0 | 1.0 | 0.6 | 1.4 | 5.1 | 6.9 | 2.2 | 3.1 |
| 1982/12 | 2.8 | 3.8 | 1.1 | 2.5 | 11.4 | 18.3 | 5.1 | 8.2 |
| 1983/01 | 15.4 | 19.2 | 5.1 | 7.6 | 15.4 | 33.7 | 12.0 | 20.2 |
| 1983/02 | 9.6 | 28.8 | 4.6 | 12.2 | 9.1 | 42.8 | 7.8 | 27.9 |
| 1983/03 | 71.6 | 100.4 | 14.3 | 26.6 | 27.2 | 70.0 | 37.7 | 65.7 |
| 1983/04 | 72.8 | 173.2 | 20.6 | 47.1 | 40.1 | 110.1 | 44.5 | 110.1 |
| 1983/05 | 21.3 | 194.5 | 1.8 | 48.9 | 8.2 | 118.2 | 10.4 | 120.5 |
| 1983/06 | 8.7 | 203.2 | 0.9 | 49.8 | 6.2 | 124.4 | 5.3 | 125.8 |
| 1983/07 | 2.8 | 206.0 | 0.4 | 50.2 | 3.9 | 128.3 | 2.4 | 128.2 |
| 1983/08 | 0.6 | 206.6 | 0.3 | 50.6 | 2.3 | 130.6 | 1.1 | 129.3 |
| 1983/09 | 0.3 | 206.9 | 0.2 | 50.8 | 0.7 | 131.4 | 0.4 | 129.7 |
| 1983/10 | 0.2 | 207.1 | 0.1 | 50.9 | 0.6 | 131.9 | 0.3 | 130.0 |
| 1983/11 | 0.1 | 207.3 | 0.1 | 50.9 | 0.5 | 132.4 | 0.2 | 130.2 |
| 1983/12 | 2.4 | 209.7 | 0.9 | 51.8 | 3.1 | 135.5 | 2.1 | 132.4 |
| 1984/01 | 2.6 | 212.3 | 0.6 | 52.5 | 4.7 | 140.2 | 2.7 | 135.0 |
| 1984/02 | 42.8 | 255.1 | 12.5 | 65.0 | 25.1 | 165.3 | 26.8 | 161.8 |
| 1984/03 | 33.5 | 288.6 | 10.5 | 75.5 | 25.4 | 190.8 | 23.1 | 185.0 |
| 1984/04 | 10.0 | 298.6 | 3.7 | 79.2 | 13.7 | 204.4 | 9.1 | 194.1 |
| 1984/05 | 6.5 | 305.1 | 2.3 | 81.5 | 8.4 | 212.8 | 5.8 | 199.8 |
| 1984/06 | 1.2 | 306.3 | 1.3 | 82.9 | 5.7 | 218.5 | 2.7 | 202.6 |
| 1984/07 | 0.3 | 306.6 | 0.8 | 83.6 | 4.6 | 223.1 | 1.9 | 204.4 |
| 1984/08 | 0.1 | 306.7 | 0.4 | 84.0 | 2.6 | 225.7 | 1.0 | 205.5 |
| 1984/09 | 0.1 | 306.8 | 0.2 | 84.2 | 0.7 | 226.4 | 0.3 | 205.8 |
| 1984/10 | 2.0 | 308.8 | 0.2 | 84.4 | 0.6 | 227.0 | 1.0 | 206.7 |
| 1984/11 | 0.2 | 309.0 | 0.1 | 84.6 | 0.8 | 227.8 | 0.4 | 207.1 |
| 1984/12 | 2.2 | 311.2 | 0.4 | 85.0 | 8.2 | 236.0 | 3.6 | 210.7 |
| 1985/01 | 0.1 | 311.3 | 0.4 | 85.4 | 4.6 | 240.6 | 1.7 | 212.4 |
| 1985/02 | 2.4 | 313.7 | 4.4 | 89.8 | 8.3 | 248.9 | 5.0 | 217.5 |
| 1985/03 | 3.5 | 317.1 | 3.2 | 93.0 | 10.4 | 259.3 | 5.7 | 223.1 |
| 1985/04 | 0.6 | 317.7 | 2.5 | 95.4 | 8.6 | 267.8 | 3.9 | 227.0 |
| 1985/05 | 0.1 | 317.8 | 1.4 | 96.8 | 8.0 | 275.8 | 3.1 | 230.1 |
| 1985/06 | 0.1 | 317.8 | 0.5 | 97.3 | 6.0 | 281.8 | 2.2 | 232.3 |
| 1985/07 | 0.1 | 317.9 | 0.3 | 97.6 | 4.3 | 286.1 | 1.6 | 233.9 |
| 1985/08 | 0.1 | 317.9 | 0.2 | 97.9 | 2.1 | 288.2 | 0.8 | 234.7 |

**Fuente**: Elaboración propia.

**Figura N° 21**
**Análisis Doble Masa - Grupo 1**
**Periodo 1982/10 - 1985/08**



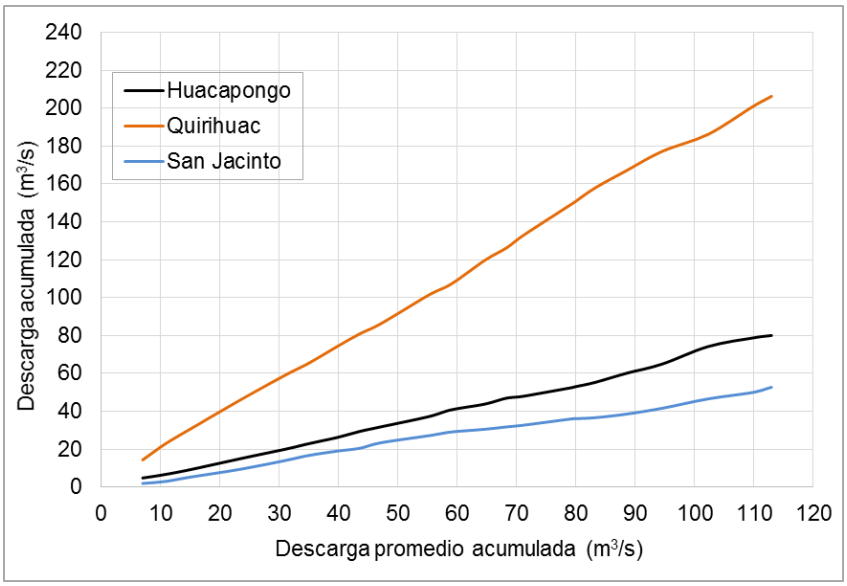

**Fuente**: Elaboración propia.

**Cuadro N° 20**
**Análisis Doble Masa - Grupo 2 (m3/s)**
**Periodo 1953-1974**

| Año | Estación | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | San Jacinto | | Quirihuac | | Huacapongo | | Estación acumulada | |
| | Anual | Acumulada | Anual | Acumulada | Anual | Acumulada | Promedio | Acumulada |
| 1953 | 1.91 | 1.9 | 14.3 | 14.3 | 4.8 | 4.8 | 7.0 | 7.0 |
| 1954 | 1.10 | 3.0 | 8.6 | 22.9 | 1.9 | 6.7 | 3.8 | 10.9 |
| 1955 | 2.36 | 5.4 | 8.1 | 31.0 | 2.7 | 9.3 | 4.4 | 15.2 |
| 1956 | 3.94 | 9.3 | 14.7 | 45.7 | 5.5 | 14.9 | 8.1 | 23.3 |
| 1957 | 4.78 | 14.1 | 13.5 | 59.2 | 5.2 | 20.1 | 7.8 | 31.1 |
| 1958 | 2.59 | 16.7 | 6.1 | 65.3 | 2.8 | 22.9 | 3.8 | 35.0 |
| 1959 | 2.31 | 19.0 | 8.9 | 74.2 | 3.3 | 26.2 | 4.8 | 39.8 |
| 1960 | 1.52 | 20.5 | 6.7 | 80.9 | 3.2 | 29.4 | 3.8 | 43.6 |
| 1961 | 2.88 | 23.4 | 5.3 | 86.2 | 2.4 | 31.8 | 3.5 | 47.1 |
| 1962 | 3.72 | 27.1 | 15.1 | 101.3 | 5.4 | 37.2 | 8.1 | 55.2 |
| 1963 | 1.97 | 29.1 | 5.9 | 107.2 | 3.6 | 40.8 | 3.8 | 59.0 |
| 1964 | 1.45 | 30.5 | 12.5 | 119.7 | 3.0 | 43.8 | 5.7 | 64.7 |
| 1965 | 1.27 | 31.8 | 6.7 | 126.4 | 3.2 | 47.0 | 3.7 | 68.4 |
| 1966 | 0.89 | 32.7 | 6.4 | 132.8 | 1.0 | 48.0 | 2.8 | 71.2 |
| 1967 | 3.28 | 36.0 | 16.3 | 149.1 | 4.4 | 52.4 | 8.0 | 79.2 |
| 1968 | 0.14 | 36.1 | 1.7 | 150.8 | 0.6 | 53.0 | 0.8 | 80.0 |
| 1969 | 0.53 | 36.6 | 7.2 | 158.0 | 2.3 | 55.3 | 3.3 | 83.3 |
| 1970 | 1.90 | 38.5 | 9.1 | 167.1 | 4.8 | 60.1 | 5.3 | 88.6 |
| 1971 | 3.02 | 41.6 | 10.0 | 177.1 | 4.7 | 64.9 | 5.9 | 94.5 |
| 1972 | 5.00 | 46.6 | 9.1 | 186.2 | 9.3 | 74.2 | 7.8 | 102.3 |
| 1973 | 3.39 | 49.9 | 14.6 | 200.7 | 4.5 | 78.7 | 7.5 | 109.8 |
| 1974 | 2.73 | 52.7 | 5.5 | 206.2 | 1.3 | 80.0 | 3.2 | 113.0 |

**Fuente**: Elaboración propia.

**Figura N° 22**
**Análisis Doble Masa - Grupo 2**
**Periodo 1953-1974**




**Fuente**: Elaboración propia.

## b.5) Completación y extensión de la información hidrométrica

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

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

Por las razones explicadas la completación, de la serie de caudales en las estaciones se realizara empleando un modelo precipitación-escorrentía en la plataforma WEAP, que se desarrollara en el ítem b.6 (Modelamiento hidrológico).

## b.6) Modelamiento Hidrológico

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

Los objetivos del modelamiento se resumen en:

- **Simulación histórica y futura:** Incrementar la información de la zona de estudio
  En el espacio (puntos no aforados).
  En el tiempo (completado de datos).
  Simulación-predicción de caudales.

- **Diseño hidrológico-hidráulico.**

  El modelo hidrológico semi-distribuido utilizado en el presente Estudio, ha sido implementado en la plataforma WEAP (Water Evaluation And Planning System). WEAP es un software que apoya la planificación de recursos hídricos balanceando la oferta de agua (generada a través de módulos físicos de tipo hidrológico

a escala de subcuenca) con la demanda de agua (caracterizada por un sistema de distribución de variabilidad espacial y temporal con diferencias en las prioridades de demanda y oferta). WEAP emplea un conjunto de herramientas y procedimientos accesibles a través de una interfaz gráfica que puede ser usada para analizar un amplio rango de temas e incertidumbres a las que se ven enfrentados los planificadores de recursos hídricos, incluyendo aquellos relacionados con el clima, condiciones de la cuenca, proyecciones de demanda, condiciones regulatorias, objetivos de operación e infraestructura disponible.

Para la implementación del modelo en WEAP se ha considerado un esquema hidrológico-hidráulico simplificado de la situación actual de la cuenca Nepeña, para ello se subdividió en diferentes subcuencas que representan los procesos hidrológicos propios generando caudales a partir de los flujos totales (infiltración, flujo base y escorrentía) en cada una de ellas. Finalmente, los caudales de escorrentía superficial que se propagaron aguas abajo fueron calibrados y validados con los registros hidrométricos de la estación ubicada en la salida de la cuenca (San Jacinto).

El objetivo del modelamiento hidrológico es la completación y extensión de la serie de descarga en el río Nepeña (estación San Jacinto).

### b.6.1) Descripción del Modelo Precipitación-Escorrentía

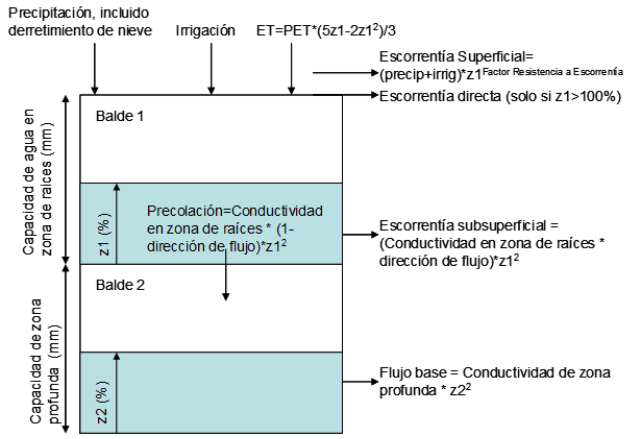
El método seleccionado para simular los procesos hidrológicos en WEAP ha sido Rainfall Runoff Method (Soil Moisture Method), este método representa la captación, con dos capas de suelo, así como el potencial de acumulación de nieve.

En la capa superior del suelo se calcula la evapotranspiración considerando que simula la lluvia y el riego en tierras agrícolas y no agrícolas, escorrentía superficial y subsuperficial, y los

cambios en la humedad del suelo. Este método permite la caracterización de los usos del suelo y/o el tipo de suelo a los efectos de estos procesos. El caudal base para el río y los cambios de humedad del suelo son simulados en la capa de suelo más bajo.

La percolación profunda dentro de las captaciones también puede transmitirse directamente a un nodo de agua subterránea mediante la creación de un enlace directo de infiltración. El método se convierte esencialmente en un esquema de humedad del suelo de 1 capa si se hace esto. El diagrama conceptual y las ecuaciones básicas del modelo precipitación-escorrentía que utiliza el WEAP se presenta a continuación.

**Figura N° 23**
**Diagrama conceptual del modelo Soil Moisture Method**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

Una unidad de la cuenca puede ser dividida en N áreas fraccionales representando distintos usos y tipos de suelo. Un balance de agua se calcula para cada área, j de los N considerados. El clima se asume uniforme sobre cada área discretizada y el balance de agua viene dado por la siguiente expresión:

$$Rd_j \cdot \frac{dz_{1,j}}{dt} = P_e(t) - PET(t) \cdot k_{c,j}(t) \cdot \left( \frac{5z_{1,j} - 2z_{1,j}^2}{3} \right) - P_e(t) \cdot z_{1,j}^{RRF} - f_j \cdot k_{s,j} \cdot z_{1,j}^2 - (1 - f_i) \cdot k_{s,j} \cdot z_{1,j}^2$$

(Ec.1)

Donde z1,j es el almacenamiento relativo dado como una fracción del almacenamiento total efectivo en la zona de raíces, Rdj (mm) es la capacidad de almacenamiento efectivo en la zona de raíces para la fracción j de cobertura de uso de suelo, Pe es la precipitación efectiva incluyendo el derretimiento de nieve en la subcuenca, calculada como:

$$P_e = P_i \cdot m_c + m_r \qquad m_r = Ac_i \cdot m_c$$

Siendo mc el coeficiente de derretimiento definido en función de las temperaturas de derretimiento y congelación, mr la tasa de derretimiento, Aci es la acumulación de nieve calculada con la siguiente expresión:

$$Ac_i = Ac_{i-1} + (1 - m_c) \cdot P_i$$

PET es la evapotranspiración potencial calculada según Penman-Monteith, kc,j es el coeficiente de cultivo para cada fracción de cobertura de suelo, Pe(t).z1,jRRFi es el término que representa la escorrentía superficial, donde RRFj es el Factor de Resistencia a la Escorrentía de la cobertura del suelo, valores elevados de este parámetro implican menor escorrentía superficial.

fj.ks,j.z1,j2 representa el flujo interno, (1-fj).ks,j.z1,j2 representa la percolación, ks,j la conductividad en zona de raíces (mm/tiempo), fj es la dirección de flujo preferente, coeficiente de reparto relacionado con el tipo de suelo, la cobertura y la topografía que divide el agua horizontal y verticalmente.

De esta manera la escorrentía superficial y el flujo interno es (RT) para cada subcuenca y en el tiempo t viene dado por la siguiente expresión:

$$RT(t) = \sum_{j=1}^{N} A_j \cdot \left( P_e(t) \cdot z_{1,j}^{RRF_j} + f_j \cdot k_{s,j} \cdot z_{1,j}^2 \right) \quad \text{(Ec.2)}$$

El flujo base procedente de la segunda capa, en los casos en los que no exista un nodo de agua subterránea, se calcula con la siguiente expresión:

$$S_{\max} \cdot \frac{dz_2}{dt} = \left( \sum_{j=1}^{N} (1 - f_j) \cdot k_{s,j} \cdot z_{1,j}^2 \right) - k_{s,2} \cdot z_2^2 \qquad \text{(Ec.3)}$$

Donde Smax es la percolación profunda procedente del almacenamiento superior dado en la Ec.1, ks,2 es la conductividad en la zona profunda (mm/tiempo), que es dada como un único valor para la subcuenca.

Las ecuaciones 1 y 3 se resuelven usando un algoritmo de predicción - corrección.

Cuando se introduce un acuífero en el modelo y se establece una relación entre la unidad de la cuenca y el nodo de agua subterránea, el término de almacenamiento definido en la ecuación 3 se ignora y se define la recarga del acuífero R (volumen/tiempo) con la siguiente expresión:

$$R = \sum_{j=1}^{N} A_j \cdot (1 - f_j) \cdot k_{s,j} \cdot z_{1,j}^2 \qquad \text{(Ec.4)}$$

Donde A, es el área de contribución en la unidad de cuenca.

### b.6.2) Formulación del modelo

El modelo hidrológico describe el comportamiento de la cuenca de manera semi-distribuida, tomando como unidades de análisis hidrológico el espacio definido por las subcuencas denominadas “catchments”. Los catchments tienen que ser definidos a través de procedimientos de delimitación de subcuencas. Bajo este procedimiento se obtiene la caracterización de la cobertura vegetal necesaria, incluyendo el estimado de las áreas y la distribución de cobertura vegetal dentro de cada zona de captación. Los datos climáticos requeridos para realizar la modelación incluyen precipitación, temperatura, humedad, viento,

latitud y cantidad inicial de nieve (en caso de que esta variable sea relevante).

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

#### b.6.2.1) Información básica

Las entidades fuente de la información son: ANA (Autoridad Nacional del Agua), Autoridad Local del Agua Santa - Lacramarca - Nepeña, SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), MINAM (Ministerio del Ambiente), Junta de Usuarios Nepeña y Agroindustrias San Jacinto.

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

# Cuadro N° 21
# Requerimiento de datos para WEAP

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

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

#### b.6.2.2) Definición y caracterización de las subcuencas

En esta etapa se procesaron los datos del modelo de elevación digital (ASTER GDEM) y el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal del MINAM. El primer paso fue la identificación de puntos de interés donde generar descargas y a partir de los cuales delimitar las subcuencas, para ello debió considerarse las estructuras de captación de los subsectores hidráulicos de manera que las subcuencas puedan representar la oferta disponible para dichos subsectores, otro aspecto considerado fue identificar las subcuencas con áreas importantes de recepción de lluvia en períodos de avenida (cuencas húmedas). Estas coordenadas se sobrepusieron sobre el modelo de elevación digital y se utilizaron las herramientas de delimitación de cuencas de los softwares de Sistema de Información Geográfica.

Se ha considerado la estación hidrométrica San Jacinto como punto principal de control del modelo al tener mayor período de registro de caudales. El sector de la cuenca alta de Nepeña, aguas arriba de las estación San Jacinto, es un sistema no regulado, es decir la oferta hídrica superficial son los caudales naturales que únicamente se generan por procesos hidrológicos.

El área de cada subcuenca aguas arriba de los puntos de manejo se intercepto con las capas de cobertura vegetal. Cada subcuenca fue representada en el WEAP como un objeto hidrológico denominado catchments con áreas distribuidas en porcentajes de cobertura vegetal y con condiciones climáticas homogéneas dentro de su extensión, las cuales son impuestos sobre el modelo en cada paso de tiempo.

Las capas de cobertura vegetal más representativas de las subcuencas fueron identificadas como: Matorral arbustivo-zona húmeda, Pajonal andino, Cardonal y Agricultura costera y

andina. La agrupación de los tipos de cobertura vegetal permite simplificar el modelo lo cual se refleja posteriormente en menores tiempo de corrida.

#### b.6.2.3) Esquema del modelo

El esquema del modelo consiste en un esquema hidrológico hidráulico simplificado, en el cual se consideran las fuentes hídricas superficiales principales provenientes de ríos, filtraciones y puquios, así como también la infraestructura hidráulica de captación y de derivación para abastecer las demandas hídricas.

La información de infraestructura hidráulica (bocatomas, canales de derivación, obras de almacenamiento, drenaje, etc.) es recopilada de la Junta de Usuarios, específicamente del documento “Inventario de la Infraestructura Hidráulica del Sector Hidráulico Menor Nepeña”.

#### b.6.2.4) Estimación de demandas

La información de demandas de agua de uso agrícola es recopilada de la Junta de Usuarios, específicamente del documento “Plan de Cultivo y Riego Campaña Agrícola 2014/15”.

Por su relevancia, para el modelo hidrológico, principalmente se han considerado las demandas agrícolas, las cuales se encuentran disponibles a nivel de bocatomas y canales de derivación.

Según el “Estudio de Recursos Hídricos en la Cuenca Nepeña aguas superficiales, 2016”, para el ingreso al modelo WEAP de las demandas agrícolas, ha sido adecuado agregarlas a nivel de Subsectores Hidráulicos (Comisión de Regantes) y fuentes principales de aprovechamiento. Las demandas agrícolas en el

subsector hidráulico Nepeña ascienden a 140.23 $hm^3$, ver cuadro N° 39

### b.6.2.5) Ofertas hídricas consideradas

Según el “Estudio de Recursos Hídricos en la Cuenca Nepeña aguas superficiales, 2016”, en la parte baja de la cuenca Nepeña, Subsectores (Nepeña, Montecomún-Mishan-Virahuanca, Salitre y Macash-Pocos) utilizan básicamente los aportes del río Nepeña y Loco, así como los aportes de filtraciones y puquíos, estos dos últimos son de especial importancia en el período de estiaje por esta razón son incluidos en el esquema. Es preciso indicar; además, que el Subsector Hidráulico Nepeña también utiliza el aporte de aguas trasvasadas del Proyecto CHINECAS y pozos.

La Junta de Usuarios Nepeña, a través de sus operadores hidráulicos, se encarga del manejo, monitoreo y medición de los volúmenes brutos otorgados a los subsectores hidráulicos (Comisiones de Regantes) provenientes de las fuentes de mayor relevancia (ríos, filtraciones, puquios), consolidando mes a mes y año a año los registros correspondientes.

Se cuenta con los registros de volúmenes brutos entregados al Subsector Hidráulico Nepeña proveniente del Proyecto Especial CHINECAS (período 2005-2015) el cual también ha sido normalizado para cuantificar los volúmenes promedios mensuales disponibles, ver cuadro N° 22.

**Cuadro N° 22**
**Entrega de agua del Proyecto Especial CHINECAS - Volumen Bruto (hm3)**
**Comisión de Regantes Nepeña**

| AÑO | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SEP. | OCT. | NOV. | DIC. | TOTAL A. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2005 | 3.680 | 4.519 | 6.383 | 3.597 | 4.526 | 4.760 | 5.180 | 3.770 | 3.486 | 3.502 | 2.934 | 4.459 | 50.796 |
| 2006 | 4.449 | 1.692 | 0.975 | 0.000 | 1.510 | 2.407 | 1.655 | 1.721 | 2.642 | 2.399 | 3.912 | 3.741 | 27.103 |
| 2007 | 3.242 | 2.567 | 1.017 | 0.000 | 0.049 | 0.589 | 1.240 | 1.080 | 1.133 | 3.594 | 2.504 | 2.495 | 19.510 |
| 2008 | 3.379 | 1.417 | 0.040 | 0.021 | 0.009 | 0.075 | 0.087 | 0.090 | 0.576 | 2.535 | 1.105 | 1.977 | 11.310 |
| 2009 | 0.859 | 0.099 | 0.054 | 0.052 | 0.046 | 0.054 | 0.051 | 0.038 | 0.200 | 0.942 | 1.480 | 1.201 | 5.075 |
| 2010 | 0.735 | 0.401 | 0.576 | 1.570 | 2.831 | 2.536 | 1.483 | 0.707 | 1.181 | 2.076 | 0.764 | 1.893 | 16.754 |
| 2011 | 2.855 | 2.019 | 2.288 | 3.313 | 1.929 | 2.772 | 4.718 | 3.812 | 1.760 | 1.435 | 0.853 | 1.918 | 29.674 |
| 2012 | 1.047 | 2.593 | 1.841 | 0.614 | 1.080 | 2.704 | 2.399 | 1.156 | 0.886 | 1.919 | 1.808 | 1.909 | 19.957 |
| 2013 | 1.687 | 2.491 | 4.078 | 0.454 | 1.222 | 3.005 | 1.517 | 2.976 | 1.257 | 2.096 | 1.430 | 2.217 | 24.430 |
| 2014 | 2.695 | 3.492 | 6.336 | 5.450 | 4.959 | 4.989 | 5.059 | 2.843 | 2.732 | 3.317 | 2.891 | 4.648 | 49.410 |
| 2015 | 3.095 | 3.468 | 3.159 | 2.727 | 1.432 | | | | | | | | |
| **MÁX.** | **4.449** | **4.519** | **6.383** | **5.450** | **4.959** | **4.989** | **5.180** | **3.812** | **3.486** | **3.594** | **3.912** | **4.648** | |
| **MÍN.** | **0.735** | **0.099** | **0.040** | **0.000** | **0.009** | **0.054** | **0.051** | **0.038** | **0.200** | **0.942** | **0.764** | **1.201** | |
| **PROM.** | **2.520** | **2.251** | **2.432** | **1.618** | **1.781** | **2.389** | **2.339** | **1.819** | **1.585** | **2.381** | **1.968** | **2.646** | **25.730** |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña

### b.6.3) Calibración y Validación del Modelo

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

**Validación:** Es la etapa, posterior a la calibración, que consiste en evaluar la calidad del modelo sobre un conjunto de datos que no ha sido utilizado en la fase de calibración.

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

- Coeficiente vegetativo, Kc
- Capacidad de almacenamiento de agua en la zona de raíces, Sw
- Capacidad de almacenamiento de agua en la zona profunda, Dw
- Factor de resistencia a la escorrentía, RRF

- Conductividad de zona de raíces, Ks
- Conductividad de zona profunda, Kd
- Dirección preferencial de flujo, f

Para calibrar y validar el modelo hidrológico únicamente se utilizó la serie de descarga de la estación San Jacinto. La eficiencia del modelo fue evaluada con hidrogramas y los estadísticos Nash y Nash-ln, básicamente.

**Nash (NASH)**. Mide cuánto de la variabilidad de las observaciones es explicada por la simulación.

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

Los valores de referencia empleados para la toma de decisiones se resumen a continuación:

- < 0.2 Insuficiente
- 0.2 - 0.4 Satisfactorio
- 0.4 - 0.6 Bueno
- 0.6 -0.8 Muy bueno
- 0.8 Excelente

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

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

***Estación San Jacinto (1981-2000)***

Los datos de caudales mensuales registrados en la estación San Jacinto abarcan desde 1981 hasta el año 2000, que contabilizan n = 240 meses para el período de calibración (1981-1990) y validación (1991-2000). Los resultados se presentan en los

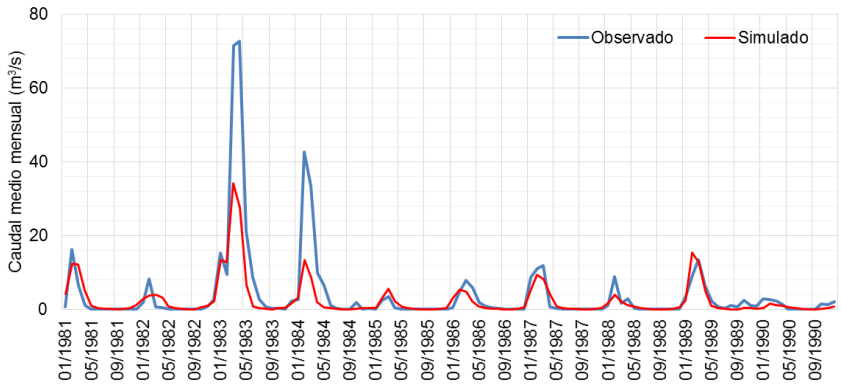
cuadros N° 23, 24 y figuras N° 24, 25. La eficiencia de NASH obtenida en la calibración y validación indican una correspondencia aceptable entre los caudales observados y simulados, también se observa que el LN NASH indica una buena estimación de los caudales simulados en el período de estiaje según la calibración y validación, además los parámetros como el coeficiente de correlación de Pearson y el coeficiente de determinación r2 se encuentran dentro de los rangos normales para modelos hidrológicos de paso de tiempo mensual.

**Cuadro N° 23**
**Calibración (WEAP) - Estación San Jacinto**
**Periodo 1981-1990**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Caudal med obs. | Qom | 4.03 | $m^3/s$ |
| Caudal med sim. | Qsm | 2.54 | $m^3/s$ |
| Nash | NASH | 59.33 | % |
| Relative Volume Bias | RVB | -37.08 | % |
| Nash-ln | LN NASH | 79.02 | % |
| Pearson Correlation Coefficient | PEARSON | 0.89 | - |
| Coefficient of determination | r2 | 79.00 | % |
| Relative Root Mean Square Error | RRMSE | 1.70 | - |
| Data | n° | 120 | - |

**Fuente**: Elaboración propia.

**Figura N° 24**
**Hidrograma de calibración (WEAP)- Estación San Jacinto**
**Periodo 1981 – 1990**



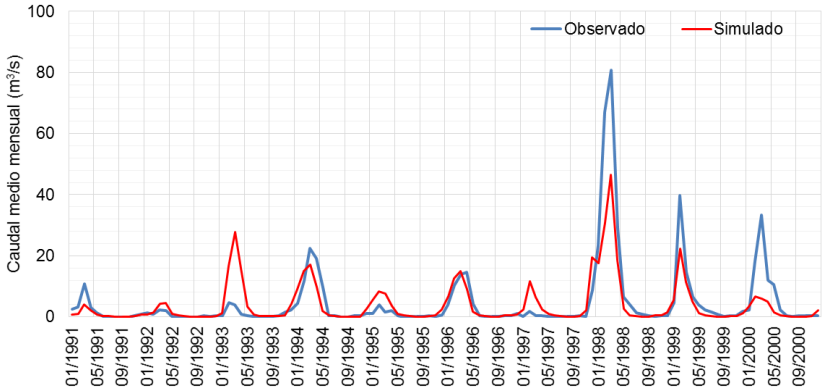

**Fuente**: Elaboración propia.

**Cuadro N° 24**
**Validación (WEAP) - Estación San Jacinto**
**Periodo 1991-2000**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Caudal med obs. | Qom | 4.68 | m3/s |
| Caudal med sim. | Qsm | 3.93 | m3/s |
| Nash | NASH | 63.32 | % |
| Relative Volume Bias | RVB | -15.93 | % |
| Nash-ln | LN NASH | 77.67 | % |
| Pearson Correlation Coefficient | PEARSON | 0.82 | - |
| Coefficient of determination | r2 | 67.44 | % |
| Relative Root Mean Square Error | RRMSE | 1.47 | - |
| Data | n° | 120 | - |

**Fuente**: Elaboración propia.

**Figura N° 25**
**Hidrograma de validación (WEAP) - Estación San Jacinto**
**Periodo 1991 - 2000**




**Fuente**: Elaboración propia.

Se concluye que los resultados son aceptables, sobre todo en el periodo de estiaje, y hay una ligera subestimación de la escorrentía en los períodos de avenidas, sin embargo en términos generales podemos concluir que las descargas generadas por el modelo hidrológico del WEAP describen adecuadamente los regímenes de caudales mensuales en el río Nepeña.

**Descargas del río Nepeña**

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

En el cuadro Nº 25, podemos apreciar la serie de descargas completadas y extendidas registrados en la estación San Jacinto, no está demás indicar que estas descargas son caudales netos, en donde se considera que una parte de la oferta hídrica natural ha sido utilizada para fines de riego agrícola principalmente.

# Cuadro N° 25
# Caudal promedio mensual - Completado y extendido (m3/s)
# Estación San Jacinto

| AÑO | ENE. | FEB. | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MEDIA A. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1950 | 0.15 | 4.67 | 3.62 | 4.34 | 1.24 | 0.33 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.15 | 0.15 | 0.91 | 1.36 |
| 1951 | 0.85 | 3.05 | 2.77 | 1.31 | 0.26 | 0.33 | 0.28 | 0.20 | 0.18 | 0.19 | 1.52 | 1.93 | 1.07 |
| 1952 | 3.84 | 3.62 | 4.31 | 4.10 | 0.92 | 0.57 | 0.40 | 0.35 | 0.24 | 0.19 | 0.16 | 0.18 | 1.57 |
| 1953 | 1.16 | 6.25 | 5.79 | 5.18 | 1.22 | 0.53 | 0.54 | 0.43 | 0.38 | 0.32 | 0.42 | 0.69 | 1.91 |
| 1954 | 4.05 | 2.16 | 4.09 | 0.60 | 0.29 | 0.32 | 0.33 | 0.30 | 0.26 | 0.22 | 0.31 | 0.22 | 1.10 |
| 1955 | 1.39 | 8.55 | 11.10 | 4.81 | 0.40 | 0.55 | 0.42 | 0.37 | 0.22 | 0.21 | 0.18 | 0.18 | 2.36 |
| 1956 | 3.44 | 8.94 | 16.42 | 13.17 | 1.52 | 0.74 | 0.71 | 0.65 | 0.37 | 0.75 | 0.28 | 0.25 | 3.94 |
| 1957 | 1.49 | 13.34 | 21.19 | 11.80 | 3.43 | 1.57 | 1.10 | 0.76 | 0.53 | 0.43 | 0.68 | 1.03 | 4.78 |
| 1958 | 1.67 | 7.59 | 15.80 | 3.11 | 0.59 | 0.59 | 0.45 | 0.42 | 0.28 | 0.22 | 0.17 | 0.13 | 2.59 |
| 1959 | 0.11 | 4.14 | 12.85 | 4.79 | 2.56 | 0.52 | 0.46 | 0.31 | 0.25 | 0.22 | 0.26 | 1.23 | 2.31 |
| 1960 | 1.50 | 4.26 | 7.57 | 2.33 | 0.58 | 0.47 | 0.41 | 0.35 | 0.24 | 0.20 | 0.16 | 0.13 | 1.52 |
| 1961 | 7.34 | 5.28 | 8.30 | 8.70 | 0.71 | 0.62 | 0.54 | 0.43 | 0.32 | 0.24 | 0.19 | 1.89 | 2.88 |
| 1962 | 6.08 | 10.82 | 17.87 | 5.67 | 1.09 | 0.75 | 0.64 | 0.52 | 0.43 | 0.34 | 0.25 | 0.22 | 3.72 |
| 1963 | 0.32 | 2.44 | 9.41 | 7.38 | 0.80 | 0.39 | 0.35 | 0.34 | 0.21 | 0.20 | 0.18 | 1.61 | 1.97 |
| 1964 | 0.30 | 3.25 | 6.42 | 4.32 | 0.90 | 0.50 | 0.43 | 0.35 | 0.27 | 0.19 | 0.27 | 0.19 | 1.45 |
| 1965 | 0.29 | 1.02 | 8.86 | 3.07 | 0.67 | 0.23 | 0.24 | 0.20 | 0.18 | 0.15 | 0.14 | 0.16 | 1.27 |
| 1966 | 3.61 | 2.24 | 2.72 | 0.33 | 0.32 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.14 | 0.37 | 0.10 | 0.07 | 0.89 |
| 1967 | 2.59 | 18.73 | 12.85 | 2.62 | 0.64 | 0.24 | 0.37 | 0.24 | 0.14 | 0.63 | 0.19 | 0.16 | 3.28 |
| 1968 | 0.18 | 0.13 | 0.63 | 0.34 | 0.10 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.14 |
| 1969 | 0.04 | 0.10 | 2.06 | 1.58 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 2.23 | 0.53 |
| 1970 | 13.77 | 0.15 | 1.44 | 1.74 | 2.10 | 0.60 | 0.59 | 0.39 | 0.27 | 0.32 | 0.79 | 0.67 | 1.90 |
| 1971 | 0.52 | 2.41 | 12.84 | 7.98 | 3.82 | 1.98 | 1.40 | 1.35 | 0.81 | 0.19 | 0.26 | 2.65 | 3.02 |
| 1972 | 3.85 | 5.22 | 31.68 | 9.37 | 2.53 | 1.14 | 0.75 | 0.60 | 0.36 | 0.30 | 0.37 | 3.84 | 5.00 |
| 1973 | 10.27 | 2.25 | 11.81 | 9.90 | 1.84 | 0.61 | 0.65 | 0.61 | 0.45 | 0.88 | 0.61 | 0.84 | 3.39 |
| 1974 | 6.84 | 11.79 | 10.00 | 1.79 | 0.71 | 0.53 | 0.50 | 0.44 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 2.73 |
| 1975 | 0.59 | 1.82 | 27.87 | 2.55 | 0.93 | 0.42 | 0.30 | 0.21 | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.10 | 2.94 |
| 1976 | 1.26 | 2.54 | 3.97 | 1.57 | 0.36 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.05 | 0.86 |
| 1977 | 0.44 | 10.28 | 5.68 | 2.40 | 0.53 | 0.21 | 0.15 | 0.12 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 1.68 |
| 1978 | 0.08 | 0.55 | 0.68 | 0.23 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.15 |
| 1979 | 0.03 | 1.12 | 17.03 | 3.33 | 0.10 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 1.83 |
| 1980 | 0.03 | 0.03 | 2.65 | 0.19 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.89 | 0.68 | 2.19 | 0.56 |
| 1981 | 0.79 | 16.33 | 6.54 | 1.05 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.15 | 0.11 | 0.06 | 0.13 | 0.17 | 2.16 |
| 1982 | 1.90 | 8.27 | 0.72 | 0.56 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.99 | 2.79 | 1.29 |
| 1983 | 15.41 | 9.57 | 71.65 | 72.77 | 21.30 | 8.73 | 2.77 | 0.64 | 0.28 | 0.24 | 0.14 | 2.42 | 17.16 |
| 1984 | 2.63 | 42.81 | 33.48 | 9.97 | 6.55 | 1.18 | 0.28 | 0.12 | 0.05 | 2.00 | 0.22 | 2.23 | 8.46 |
| 1985 | 0.05 | 2.60 | 3.61 | 0.58 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.60 |
| 1986 | 0.54 | 4.71 | 7.89 | 5.87 | 1.90 | 0.93 | 0.59 | 0.29 | 0.17 | 0.10 | 0.10 | 0.13 | 1.94 |
| 1987 | 8.77 | 11.07 | 11.93 | 0.66 | 0.37 | 0.18 | 0.14 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 2.79 |
| 1988 | 1.20 | 9.01 | 1.81 | 3.00 | 0.34 | 0.14 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 1.31 |
| 1989 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.15 | 0.75 | 2.55 | 1.14 | 0.85 | 0.54 |
| 1990 | 2.82 | 3.01 | 1.04 | 0.40 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 3.15 | 2.92 | 1.54 | 1.25 |
| 1991 | 0.78 | 0.78 | 2.10 | 7.79 | 6.08 | 1.60 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 1.62 |
| 1992 | 0.94 | 0.08 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 |
| 1993 | 0.87 | 4.57 | 3.89 | 0.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 2.19 | 1.17 |
| 1994 | 4.52 | 11.71 | 22.48 | 19.10 | 9.58 | 0.32 | 0.22 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 1.10 | 1.10 | 5.85 |
| 1995 | 1.09 | 3.93 | 1.58 | 2.05 | 0.43 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.26 | 0.74 | 0.84 |
| 1996 | 3.94 | 10.47 | 13.81 | 14.67 | 1.63 | 0.47 | 0.23 | 0.14 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.78 |
| 1997 | 0.26 | 1.93 | 0.50 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 8.73 | 1.00 |
| 1998 | 23.45 | 57.48 | 81.02 | 29.13 | 6.53 | 3.97 | 3.24 | 0.89 | 0.47 | 0.25 | 0.31 | 0.35 | 17.26 |
| 1999 | 4.77 | 39.82 | 14.73 | 6.50 | 4.02 | 2.26 | 1.47 | 0.95 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 1.90 | 6.38 |
| 2000 | 2.24 | 18.22 | 33.00 | 11.85 | 10.66 | 2.22 | 0.50 | 0.20 | 0.31 | 0.28 | 0.32 | 0.40 | 6.68 |
| 2001 | 8.40 | 6.93 | 14.65 | 8.55 | 1.16 | 0.49 | 0.21 | 0.10 | 0.09 | 0.20 | 0.48 | 1.99 | 3.60 |
| 2002 | 3.44 | 10.75 | 24.97 | 14.14 | 2.22 | 0.53 | 0.23 | 0.11 | 0.07 | 5.77 | 10.76 | 8.56 | 6.80 |
| 2003 | 8.84 | 10.11 | 11.48 | 5.06 | 0.86 | 0.39 | 0.18 | 0.10 | 0.08 | 0.15 | 0.22 | 5.91 | 3.61 |
| 2004 | 5.58 | 8.46 | 9.43 | 6.76 | 1.17 | 0.47 | 0.22 | 0.12 | 0.11 | 0.73 | 1.16 | 3.52 | 3.14 |
| 2005 | 3.63 | 4.51 | 14.09 | 8.25 | 1.09 | 0.43 | 0.19 | 0.10 | 0.10 | 0.22 | 0.24 | 1.60 | 2.87 |
| 2006 | 4.70 | 12.39 | 26.92 | 18.94 | 4.00 | 0.66 | 0.28 | 0.15 | 0.12 | 0.27 | 0.51 | 10.97 | 6.66 |
| 2007 | 10.93 | 3.95 | 27.05 | 22.67 | 5.82 | 0.81 | 0.30 | 0.18 | 0.14 | 0.42 | 0.67 | 1.92 | 6.24 |
| 2008 | 8.74 | 11.49 | 20.71 | 13.55 | 2.82 | 0.67 | 0.29 | 0.15 | 0.12 | 0.69 | 2.08 | 1.11 | 5.20 |
| 2009 | 27.87 | 24.79 | 23.81 | 15.94 | 3.95 | 0.70 | 0.29 | 0.17 | 0.13 | 2.38 | 3.44 | 5.53 | 9.08 |
| 2010 | 5.87 | 10.11 | 16.29 | 10.31 | 2.65 | 0.70 | 0.28 | 0.13 | 0.09 | 0.24 | 0.71 | 11.43 | 4.90 |
| 2011 | 15.96 | 7.21 | 10.01 | 13.97 | 3.66 | 0.59 | 0.25 | 0.13 | 0.13 | 0.18 | 0.29 | 10.53 | 5.24 |
| 2012 | 12.25 | 11.95 | 17.69 | 13.65 | 3.62 | 0.69 | 0.27 | 0.12 | 0.12 | 0.48 | 0.69 | 5.43 | 5.58 |
| 2013 | 3.60 | 18.35 | 46.41 | 15.62 | 2.24 | 0.71 | 0.29 | 0.22 | 0.20 | 0.71 | 0.68 | 2.23 | 7.61 |
| 2014 | 5.29 | 10.13 | 17.81 | 9.31 | 2.09 | 0.71 | 0.29 | 0.14 | 0.17 | 0.40 | 0.55 | 4.85 | 4.31 |
| 2015 | 15.03 | 13.06 | 20.36 | 11.11 | 3.10 | 0.79 | 0.31 | 0.14 | 0.09 | 0.35 | 0.67 | 2.98 | 5.67 |
| **MEDIA** | **4.95** | **9.05** | **14.57** | **8.08** | **2.30** | **0.73** | **0.39** | **0.24** | **0.16** | **0.49** | **0.67** | **2.17** | **3.65** |
| **D. EST.** | **5.97** | **10.81** | **15.87** | **10.96** | **3.51** | **1.29** | **0.59** | **0.29** | **0.17** | **0.97** | **1.53** | **2.94** | |

Fuente: SENAMHI-ATDR Nepeña-Casma-Huarmey

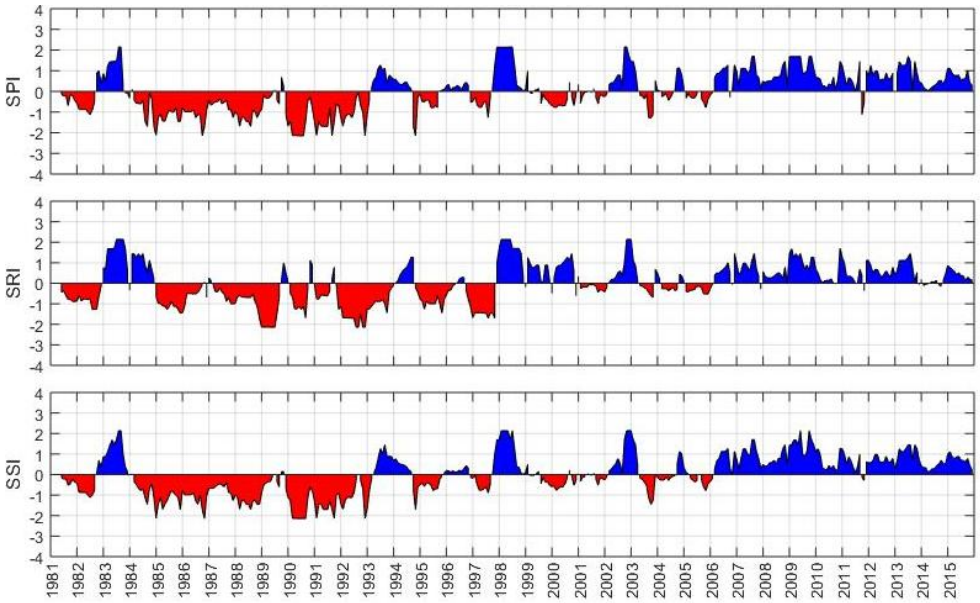
Completado-extendido

#### 2.2.4.3. Análisis de sequias.

Según la Autoridad Nacional del Agua, en el estudio “Evaluación de recursos hídricos en la cuenca del río Nepeña, aguas superficiales, 2016”, señala que los resultados del análisis de sequía en la cuenca Nepeña, considerando la precipitación mensual, caudal y humedad del suelo, muestran que en general los últimos años no han sido afectadas por sequias extremas salvo los episodios registrados en los años 1988/1989 y 1990/1992, donde se registraron sequías de categoría severamente seco y extremadamente seco, sin embargo el porcentaje de ocurrencia es bajo, 2.9% de ocurrencia para 3, 6 y 12 meses, para un periodo de 35 años.

Gráficamente se puede observar que los distintos índices estandarizados indican diferentes grados de severidad de las sequías meteorológica, hidrológica y agrícola, no obstante la distribución de las ocurrencias es similar para todos. Para el caso de los indicadores de 6 y 12 meses, los resultados arrojan un alto porcentaje de años normales, 36.4% y 35.5% de ocurrencia, respectivamente, asimismo se observan periodos moderadamente húmedos y moderadamente secos con 11.6% y 11.7% de ocurrencia en cada caso.

## Figura N° 26
## Índices estandarizados de sequías (6 meses) - Cuenca Nepeña



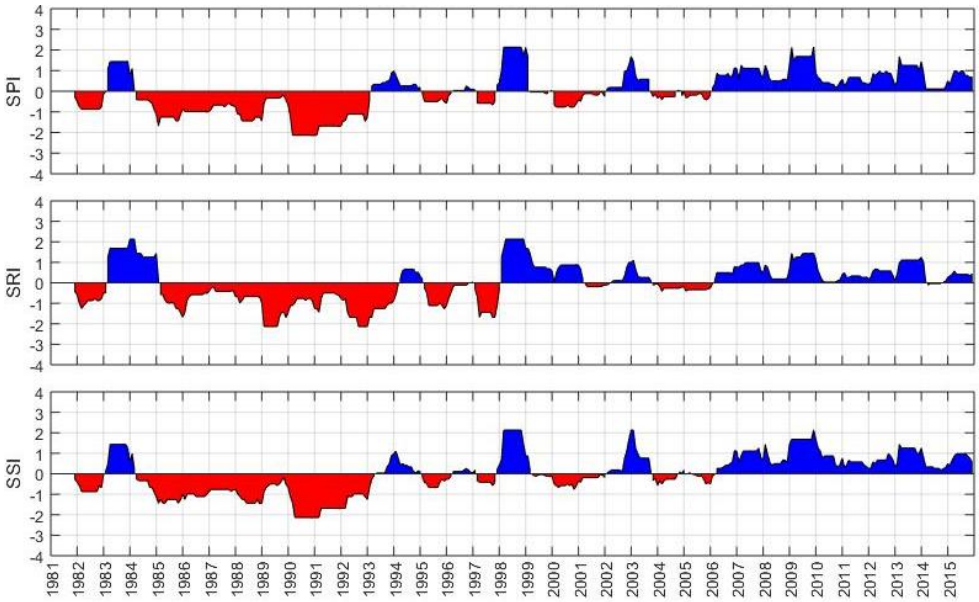

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Cuadro N° 26
## Ocurrencias de sequías (6 meses)

| Valor del índice | Escala W-D | Categoria de sequía | Ocurrecia (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | SPI | SRI | SSI |
| más de 2 | W4 | Excepcionalmete húmedo | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| 1.60 a 1.99 | W3 | Extremadamente húmedo | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| 1.30 a 1.59 | W2 | Severamente húmedo | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| 0.80 a 1.29 | W1 | Moderadamente húmedo | 11.6 | 11.6 | 11.6 |
| 0.50 a 0.79 | W0 | Anormalmente húmedo | 10.4 | 10.4 | 10.4 |
| -0.49 a -0.49 | - | Normal | 36.4 | 36.4 | 36.4 |
| -0.50 a -0.79 | D0 | Anormalmente seco | 10.4 | 10.4 | 10.4 |
| -0.80 a -1.29 | D1 | Moderadamente seco | 11.6 | 11.6 | 11.6 |
| -1.30 a -1.59 | D2 | Severamnete seco | 2.9 | 3.4 | 2.9 |
| -1.60 a -1.99 | D3 | Extremadamente seco | 2.9 | 2.7 | 2.9 |
| menos de -2 | D4 | Excepcionalmente seco | 2.9 | 2.7 | 2.9 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Figura N° 27**
**Índices estandarizados de sequías (12 meses) - Cuenca Nepeña**




**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

**Cuadro N° 27**
**Ocurrencias de sequías (12 meses)**

| Valor del índice | Escala W-D | Categoria de sequía | Ocurrecia (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | SPI | SRI | SSI |
| más de 2 | W4 | Excepcionalmete húmedo | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| 1.60 a 1.99 | W3 | Extremadamente húmedo | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| 1.30 a 1.59 | W2 | Severamente húmedo | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| 0.80 a 1.29 | W1 | Moderadamente húmedo | 11.7 | 11.7 | 11.7 |
| 0.50 a 0.79 | W0 | Anormalmente húmedo | 9.0 | 9.0 | 9.0 |
| -0.49 a -0.49 | - | Normal | 35.5 | 35.5 | 35.5 |
| -0.50 a -0.79 | D0 | Anormalmente seco | 9.0 | 9.0 | 9.0 |
| -0.80 a -1.29 | D1 | Moderadamente seco | 11.7 | 11.7 | 11.7 |
| -1.30 a -1.59 | D2 | Severamnete seco | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| -1.60 a -1.99 | D3 | Extremadamente seco | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| menos de -2 | D4 | Excepcionalmente seco | 2.9 | 2.9 | 2.9 |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

### 2.2.4.4. Infraestructura hidráulica principal del sistema hidráulico menor Nepeña.

Se describe la infraestructura de aprovechamiento hídrico del valle de la cuenca del río Nepeña, tomando como referencia principal la información existente en el "Inventario de la Infraestructura Hidráulica del Sector Hidráulico Menor Nepeña", proveído por la Junta de Usuarios Nepeña.

### a) Obras de almacenamiento

En el ámbito del valle del río Nepeña existen 16 obras de almacenamiento principales de tipo tierra y rústicas. Entre las que destacan se encuentran las presas Cunchen y Motocachy ambas son propiedad de la Empresa Agroindustrial San Jacinto, tienen volumen de almacenamiento de 6 hm3 y 4.5 hm3, respectivamente.

**Cuadro Nº 28**
**Inventario de obras de almacenamiento en el valle del río Nepeña**

| N° | Código | Nombre | Tipo | Ubicación Política | | | Coordenadas UTM WGS 84 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Departamento | Provincia | Distrito | Este | Norte | Zona |
| 1 | SHNREP0001 | Maquina Nueva | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 802312 | 8986504 | 17L |
| 2 | SHNREP0002 | Motocachy | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 806516 | 8988756 | 17L |
| 3 | SHNREP0003 | San Juan | Tierra | Ancash | Santa | Moro | 809318 | 8991890 | 17L |
| 4 | SHNREP0004 | Juan Diaz | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 794817 | 8986475 | 17L |
| 5 | SHNREP0005 | - | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 797008 | 8986450 | 17L |
| 6 | SHNREP0006 | San Isidro | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 797371 | 8986713 | 17L |
| 7 | SHNREP0007 | - | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 786718 | 8979691 | 17L |
| 8 | SHNREP0008 | - | Tierra | Ancash | Santa | Samanco | 778829 | 8974184 | 17L |
| 9 | SHNREP0009 | Campana | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 784009 | 8978817 | 17L |
| 10 | SHNREP0010 | Cunchen | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 781856 | 8977987 | 17L |
| 11 | SHNREP0011 | - | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 792431 | 8984891 | 17L |
| 12 | SHNREP0012 | - | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 791543 | 8984300 | 17L |
| 13 | SHNREP0013 | - | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 791001 | 8978498 | 17L |
| 14 | SHNREP0014 | Cabeza De Leon | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 787087 | 8982630 | 17L |
| 15 | SHNREP0018 | - | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 794792 | 8986464 | 17L |
| 16 | SHNREP0019 | Sutę | Tierra | Ancash | Santa | Nepeña | 793831 | 8983129 | 17L |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña

### b) Bocatomas

La información de bocatomas presentado aquí hace referencia al inventario de infraestructura hidráulica realizado por las Junta de Usuarios. La mayor parte de las bocatomas del Subsector hidráulico Nepeña son del tipo rústica, se cuenta con un total de 25 bocatomas y tomas directas, estas estructuras de captación se encuentran en el cauce del río, en las filtraciones y en los puquios.

## Cuadro Nº 29
## Inventario de bocatomas en el valle del río Nepeña

| Nombre | Subsector Hidráulico | Fuente | Tipo | Estado | Coordenadas UTM WGS 84 punto de captación | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ESTE | NORTE | ZONA |
| San Jacinto - Villafana | Nepeña | Río Nepeña | Permanente | Regular | 805367 | 8986808 | 17L |
| San Jose | Nepeña | Río Nepeña | Permanente | Regular | 800459 | 8986144 | 17L |
| Palenque Alto | Nepeña | Río Nepeña | - | - | 799953 | 8986023 | 17L |
| Palenque Bajo | Nepeña | Río Nepeña | - | - | 799408 | 8985932 | 17L |
| Mortero | Nepeña | Río Nepeña | - | - | 795745 | 8985130 | 17L |
| Sute | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 793574 | 8983271 | 17L |
| Chinecas | Nepeña | Río Santa | - | - | 779412 | 9032936 | 17L |
| Puquio Pipi | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Regular | 791243 | 8986215 | 17L |
| Huarayco Bajo | Nepeña | Río Nepeña | Permanente | Regular | 791864 | 8985970 | 17L |
| Sute Bajo | Nepeña | Río Nepeña | - | - | 793175 | 8983723 | 17L |
| Cerro Blanco | Nepeña | Río Nepeña | Permanente | Regular | 792775 | 8983756 | 17L |
| Caña Castilla | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 791074 | 8982278 | 17L |
| Puente Luis Rosario | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 788008 | 8984265 | 17L |
| Pañamarca | Nepeña | Río Nepeña | Permanente | Regular | 788979 | 8980444 | 17L |
| Taboada | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 787986 | 8979441 | 17L |
| Popo | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 785404 | 8976680 | 17L |
| Ramirez | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 785657 | 8977056 | 17L |
| Arenal Bajo | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 784151 | 8976379 | 17L |
| Huayabo | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 783060 | 8975770 | 17L |
| Limon | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 781810 | 8976711 | 17L |
| Patillos Derecha | Nepeña | Río Nepeña | - | - | 778937 | 8974209 | 17L |
| Patillos | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 780663 | 8974060 | 17L |
| La Capilla | Nepeña | Río Nepeña | - | - | 779131 | 8974360 | 17L |
| Los Chimus | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Malo | 778192 | 8972113 | 17L |
| Sute | Nepeña | Río Nepeña | Rústica | Bueno | 795332 | 8985015 | 17L |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña

### c) Canales de derivación principales

El canal de derivación más importante por su magnitud es CHINECAS, el cual abastece al Subsector hidráulico de Nepeña con agua proveniente del río Santa, tiene un caudal máximo de diseño de 27 m3/s y una longitud 85.58 km. Desde las coordenadas E: 786383.69; N: 8975292.44 hasta E: 774566.06; N: 9012572.35.

## Cuadro N° 30
## Canales de derivación y fuentes principales del subsector hidráulico Nepeña

| Subsector Hidráulico | Grupo de Demanda | | Canales de Derivación | Fuentes Principales |
|---|---|---|---|---|
| | N° | Nombre | | |
| Nepeña | 1 | Los Chimus-Cascajal Nepeña | Arenal Bajo, Beta Colorada, Caña Castilla I, Caña Castilla II, Cascajal Nepeña, Caylan, Cerro Blanco, Huacalarga, Huarayco, Huayabo, La Capilla, Limon, Los Chimus, Nepeña, Pañamarca, Patillos, Pipi, Popo, Puente Luis Rosario, Ramirez, Rosario y Sute Bajo | Río Nepeña, Río Santa (Chinecas), Puquio Cabeza de Leon, Puquio Pipi, Puquio Huarayco, Puquio Rosario, Puquio Vaporcito, Puquio Limon, Filtraciones de Rio, Filtraciones Braulio, Filtraciones Villarán, Filtraciones Chinequitas |
| | 2 | Sute-San Jose de Nepeña | Mortero, Palenque, Palenque Alto, San Jose de Nepeña y Sute | Río Nepeña |
| | 3 | San Jacinto Villafana | San Jacinto Villafana | Río Nepeña |

Fuente: Elaboración propia con información del inventario de infraestructura hidráulica de la Junta.

### d) Sistema de drenaje

Existen cinco drenes principales en el valle de la cuenca del río Nepeña.

**Cuadro N° 31**
**Inventario de canales de drenaje**

| Nombre de canal | Coordenadas UTM WGS 84 del Ini. | | | Coordenadas UTM WGS 84 del Fin. | | | Caudal máximo de diseño ($m^3/s$) | Longitud de canal (km) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Este (m) | Norte (m) | Zona | Este (m) | Norte (m) | Zona | | |
| Victoria | 788447 | 8985026 | 17L | 790635 | 8985583 | 17L | 0.10 | 2.77 |
| Huarayco Bajo | 791491 | 8985839 | 17L | 791806 | 8985745 | 17L | 0.15 | 0.41 |
| Dren 17 Y 18 | 791774 | 8985462 | 17L | 792048 | 8985557 | 17L | 0.20 | 0.29 |
| Dren Represa | 792028 | 8984996 | 17L | 792070 | 8984851 | 17L | 0.15 | 0.33 |
| Mishan | 806768 | 8986100 | 17L | 806143 | 8985897 | 17L | 0.30 | 0.85 |

**:** Informe Técnico que Sustenta la Delimitación del Sector Hidráulico Menor Nepeña y Subsectores Hidráulicos, 2016. ALA Santa Lacramarca Nepeña

## 2.2.4.5. Demanda de agua en el valle de la cuenca del río Nepeña

La demanda hídrica superficial en el valle de la cuenca del río Nepeña, está representada en forma relevante por las demandas hídricas para riego. El consumo agrícola es el de mayor significación no sólo por ser notablemente superior respecto a los otros, sino también por su importancia socio-económica.

Respecto a la estimación de demandas agrícolas, áreas bajo riego, superficies de siembra y en general toda la información que se presenta, se toman como referencia los Planes de Cultivo y Riego de los últimos años (PCRs 2006/15) recopilados de la Junta de Usuarios Nepeña, particularmente el PCR 2014/15 es considerado como la situación actual de las demandas agrícolas.

### Áreas bajo riego

Se define como toda superficie de tierra susceptible a ser regada en un año agrícola. Actualmente se cuenta con un área bajo riego total entre licencias y permisos de 9,670.10 ha (campaña agrícola 2014/15), se observan además que en los últimos años estos no han variado significativamente.

**Cuadro N° 32**
**Áreas bajo riego - Subsector hidráulico Nepeña (ha)**

| Subsector Hidráulico | 2006/07 | 2007/08 | 2008/09 | 2009/10 | 2010/11 | 2011/12 | 2012/13 | 2013/14 | 2014/15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nepeña | 7,454.95 | 9,379.52 | 9,384.54 | 9,599.50 | 9,660.90 | 9,603.07 | 9,631.07 | 9,652.59 | 9,670.10 |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña - PCRs 2006/15

## Superficies de siembra

Es básicamente la superficie programada para la ejecución del Plan de Cultivo y Riego en el año agrícola en cuestión. Se obtiene como producto del procesamiento de la Declaración de Intención de Siembra (DIS) y los ajustes respectivos durante la elaboración del plan en caso sea necesario (déficits hídricos) en función de las fechas más convenientes para la siembra, condiciones hidrológicas, climáticas, etc.

**Cuadro Nº 33**
**Resumen del procesamiento de la DIS 2014/15**

| Comisión de Regantes | N° de Usuarios | | | N° de Predios | | | Area (Has) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Total | con DIS | % con DIS | Total | con DIS | % con DIS | Bajo Riego | con DIS | % con DIS |
| Nepeña | 626 | 467 | 74.60 | 1,097 | 857 | 78.12 | 9,670.10 | 9,009.35 | 93.17 |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña- PCR 2014/15

## Cuadro Nº 34
## Superficie mensual de siembra - Subsector hidráulico Nepeña (ha)

| Cultivo | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ají Escabeche | 2.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.18 |
| Alfalfa Boha | 5.64 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.74 |
| Camote Criollo | 0.61 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.30 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 4.66 |
| Caña de Azúcar H32-8560 | 208.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 208.18 |
| Caña de Azúcar H57-5174 | 18.59 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.59 |
| Caña de Azúcar H68-1158 | 494.08 | 5.87 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 499.95 |
| Caña de Azúcar Mex73-0523 | 4,550.01 | 4.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.31 | 0.00 | 0.00 | 4,564.51 |
| Caña de Azúcar Pcg12-745 | 25.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 25.80 |
| Caña de Azúcar Varias | 1,942.61 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.94 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,943.55 |
| Chía | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.92 | 0.00 | 0.00 | 1.92 |
| Espárrago Verde | 381.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.84 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 384.24 |
| Espárrago Verde (Riego P.) | 200.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 200.00 |
| Frijol Bayo Florida | 1.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.13 |
| Frijol Caballero | 1.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.43 |
| Frijol Canario | 2.89 | 0.00 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.94 |
| Frijol Castilla | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.00 |
| Frijol Chivatillo | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 |
| Frutales Varios | 49.27 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 50.30 |
| Lenteja Criolla | 6.17 | 0.00 | 1.22 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8.89 |
| Maíz Amarillo Duro | 48.95 | 13.07 | 6.42 | 10.46 | 4.32 | 238.69 | 23.31 | 41.67 | 2.35 | 5.91 | 0.00 | 0.00 | 395.15 |
| Maíz Chala | 3.02 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 2.38 | 3.81 | 2.62 | 0.03 | 1.43 | 0.62 | 0.00 | 0.00 | 14.82 |
| Maíz Morado | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 |
| Mango Común | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 |
| Mango Kent | 1.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.90 |
| Maracuyá | 3.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.91 |
| Naranja Huando | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| Palto Fuerte | 110.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 110.43 |
| Palto Hass | 43.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 43.18 |
| Papa Yungay | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| Pastos | 0.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 |
| Pepino | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| Platanos | 13.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13.82 |
| Quinua | 7.37 | 0.00 | 0.00 | 4.31 | 0.00 | 0.00 | 1.08 | 0.00 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.76 |
| Sandía | 13.08 | 3.69 | 2.52 | 0.38 | 0.00 | 4.50 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 30.17 |
| Vid Italia | 6.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.96 |
| Vid Red Globe | 139.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 139.63 |
| Vid Varios | 42.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 42.96 |
| Yuca Blanca | 14.46 | 0.98 | 3.19 | 1.50 | 0.75 | 3.22 | 0.00 | 1.09 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 26.19 |
| Zapallo Macre | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.01 |
| **Total** | **8,344.91** | **28.78** | **13.83** | **17.56** | **7.45** | **254.19** | **39.85** | **45.03** | **10.79** | **20.26** | **1.00** | **0.00** | **8,783.65** |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña - PCR 2014/15

### Módulos y coeficientes de riego

El módulo de riego por cultivo se define como el volumen total de agua que requiere un cultivo por unidad de superficie en la campaña agrícola. El coeficiente de riego es el volumen de agua que requiere un cultivo por unidad de superficie en las diferentes fases de su ciclo vegetativo, teniendo en cuenta las características propias de la planta, las condiciones climáticas, agrológicas y la eficiencia de aplicación.

Los módulos deben responder a las demandas reales de los cultivos para que se haga un uso del agua de riego cercano a las exigencias agronómicas, y se entreguen dotaciones de riego que satisfagan las necesidades de los cultivos a lo largo de sus periodos vegetativos.

**Evapotranspiración potencial (Eto) y precipitación efectiva (Pe)**

La Evapotranspiración Potencial es la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia sin restricciones de agua, la superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas y conocidas de altura del cultivo, albedo y resistencia de la superficie. La evapotranspiración del cultivo de referencia ETo se calcula a través de la ecuación de la FAO Penman-Monteith.

Por otro lado, la precipitación efectiva, desde el punto de vista de producción agrícola, se refiere a la parte de la precipitación que puede ser efectivamente utilizada por las plantas, ya que una parte se pierde a través de la escorrentía superficial y otra por percolación profunda, el método utilizado corresponde al de USDA Soil Conservation Service.

La precipitación efectiva en la cuenca baja es mínima; sin embargo, este factor podría ser importante en temporada de lluvias en la cuenca alta; no obstante, solo se considera la precipitación media en la cuenca baja a fin de uniformizar los cálculos.

En el cuadro Nº 35 se presentan la evapotranspiración potencial y la precipitación efectiva promedio mensual.

**Cuadro N° 35**
**Evapotranspiración potencial y precipitación efectiva**

| Variable | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura máxima (°C) | 27.5 | 28.4 | 28.1 | 25.9 | 23.6 | 21.9 | 21.6 | 21.2 | 21.3 | 22.0 | 23.5 | 25.5 | 24.2 |
| Temperatura mínima (°C) | 17.4 | 18.6 | 18.3 | 16.5 | 14.6 | 13.5 | 13.5 | 13.3 | 13.2 | 13.5 | 13.5 | 15.5 | 15.1 |
| Húmedad relativa (%) | 74.5 | 74.9 | 77.1 | 79.7 | 80.6 | 81.2 | 79.8 | 79.6 | 80.8 | 78.5 | 76.2 | 75.1 | 78.2 |
| Velocidad del viento (m/s) | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 0.9 |
| Horas de sol (hrs/día) | 7.1 | 6.7 | 7.1 | 7.5 | 6.7 | 4.7 | 4.4 | 4.9 | 5.4 | 6.6 | 7.3 | 7.3 | 6.3 |
| **Eto (mm)** | **124.9** | **114.4** | **124.8** | **108.3** | **89.7** | **67.6** | **69.8** | **79.1** | **86.5** | **103.8** | **109.5** | **118.8** | **1197** |
| Precipitación (mm) | 11.5 | 12.8 | 17.0 | 6.5 | 2.9 | 2.6 | 1.9 | 2.5 | 1.8 | 3.0 | 3.4 | 7.0 | 72.9 |
| **Pe (mm)** | **11.3** | **12.6** | **16.5** | **6.5** | **2.8** | **2.6** | **1.9** | **2.5** | **1.8** | **3.0** | **3.4** | **6.9** | **71.8** |

**Fuente**: Estudio "Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016)".

## Coeficiente único del cultivo (Kc)

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, su valor es básicamente el cociente entre la evapotranspiración del cultivo ETc y la evapotranspiración del cultivo de referencia, ETo. Representa el efecto integrado de cuatro características principales que diferencian a un cultivo en particular del pasto de referencia, estas características son las siguientes:

- Altura del cultivo. La altura del cultivo tiene influencia en el valor de la resistencia aerodinámica, ra, de la ecuación de Penman-Monteith, así como en la transferencia turbulenta del vapor del agua desde el cultivo hacia la atmósfera.

- Albedo (reflectancia) de la superficie del cultivo y suelo. El valor del albedo está afectado por la porción del suelo cubierta por la vegetación, así como por la humedad presente en la superficie del suelo. El albedo de las superficies del cultivo y suelo afectan el valor de la radiación neta de la superficie, Rn, la cual constituye la fuente principal de energía para el proceso de evapotranspiración.

- Resistencia del cultivo. La resistencia del cultivo a la transferencia del vapor de agua es afectada por el área foliar (cantidad de estomas), edad y condición de la hoja, así como por el grado de

control estomático. La resistencia de la vegetación tiene influencia en el valor de la resistencia de la superficie, rs.

- Evaporación que ocurre en el suelo, especialmente en la parte expuesta del mismo.

En consecuencia, los factores que determinan el coeficiente del cultivo son: el tipo de cultivo, el clima, la evaporación del suelo y las etapas de crecimiento.

Dada la complejidad para la determinación del coeficiente del cultivo, el manual Nº 56 de la FAO plantea adoptar valores de kc promedio para las cuatro fases o etapas representativas del crecimiento del cultivo bajo condiciones climáticas estándar; es decir, climas sub-húmedos, con una humedad relativa mínima diaria (HRmin ≈ 45 %) y con velocidades del viento bajas a moderadas (2 m/s en promedio).

En el presente estudio los valores de kc son recopilados de distintas fuentes, principalmente provienen de la misma guía Nº 56 de la FAO, de los estudios del Programa de Formalización de los Derechos de Uso del Agua (PROFODUA) realizados en los valles de la costa, de la Dirección de Información Agraria (DIA) del MINAGRI e investigaciones realizadas en el Perú para cultivos andinos.

# Cuadro Nº 36
# Duración de las etapas de crecimiento y coeficientes de cultivos

| N° | Cultivo | Duración de las etapas de crecimiento (días) | | | | | Coeficiente único del cultivo | | | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Inic. | Des. | Med. | Final | Total | Kc inicial | Kc medio | Kc final | |
| 1 | Ají Escabeche | 30 | 35 | 40 | 20 | 125 | 0.50 | 1.20 | 0.90 | Transitorio |
| 2 | Ají Panca | 30 | 35 | 40 | 20 | 125 | 0.50 | 1.20 | 0.90 | Transitorio |
| 3 | Ají Paprika | 70 | 28 | 28 | 84 | 210 | 0.62 | 0.95 | 0.60 | Transitorio |
| 4 | Ají Pimiento | 55 | 30 | 30 | 30 | 145 | 0.50 | 1.05 | 0.80 | Transitorio |
| 5 | Ají Piquillo | 55 | 30 | 30 | 30 | 145 | 0.50 | 1.05 | 0.80 | Transitorio |
| 6 | Ajo Criollo | 25 | 40 | 45 | 15 | 125 | 0.70 | 1.00 | 0.70 | Transitorio |
| 7 | Alcachofa Varios | 20 | 25 | 250 | 30 | 325 | 0.50 | 1.00 | 0.95 | Transitorio |
| 8 | Alfalfa Boha | 95 | 90 | 90 | 90 | 365 | 0.65 | 0.80 | 0.60 | Transitorio |
| 9 | Algodón Tangüis | 90 | 60 | 30 | 60 | 240 | 0.40 | 1.15 | 0.65 | Transitorio |
| 10 | Arveja | 35 | 25 | 30 | 20 | 110 | 0.50 | 1.15 | 1.10 | Transitorio |
| 11 | Caigua | 25 | 35 | 50 | 20 | 130 | 0.60 | 1.00 | 0.75 | Transitorio |
| 12 | Camote Criollo | 15 | 30 | 50 | 30 | 125 | 0.50 | 1.15 | 0.65 | Transitorio |
| 13 | Caña de Azúcar H32-8560 | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 14 | Caña de Azúcar H44-3098 | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 15 | Caña de Azúcar H50-7209 | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 16 | Caña de Azúcar H57-5174 | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 17 | Caña de Azúcar H68-1158 | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 18 | Caña de Azúcar Mex73-0523 | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 19 | Caña de Azúcar Pcg12-745 | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 20 | Caña de Azúcar Rh-234 | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 21 | Caña de Azúcar Varias | 75 | 105 | 330 | 210 | 720 | 0.40 | 1.10 | 0.75 | Permanente |
| 22 | Cebada | 40 | 30 | 40 | 20 | 130 | 0.30 | 1.15 | 0.25 | Transitorio |
| 23 | Cebolla Amarilla | 15 | 25 | 70 | 40 | 150 | 0.70 | 1.05 | 0.75 | Transitorio |
| 24 | Cebolla Roja | 15 | 25 | 70 | 40 | 150 | 0.70 | 1.05 | 0.75 | Transitorio |
| 25 | Chia | 30 | 30 | 60 | 30 | 150 | 0.50 | 0.90 | 0.50 | Transitorio |
| 26 | Chirimoya Cumbe | - | - | - | - | - | - | 0.65 | - | Permanente |
| 27 | Col | 30 | 30 | 60 | 30 | 150 | 0.24 | 0.90 | 0.83 | Transitorio |
| 28 | Colantao | 30 | 30 | 60 | 30 | 150 | 0.35 | 0.92 | 0.85 | Transitorio |
| 29 | Coliflor | 35 | 50 | 40 | 15 | 140 | 0.70 | 1.05 | 0.95 | Transitorio |
| 30 | Durazno | - | - | - | - | - | - | 0.65 | - | Permanente |
| 31 | Espárrago Blanco | - | - | - | - | - | - | 0.80 | - | Permanente |
| 32 | Espárrago Verde | - | - | - | - | - | - | 0.80 | - | Permanente |
| 33 | Espárrago Verde (Riego P.) | - | - | - | - | - | - | 0.80 | - | Permanente |
| 34 | Forestales Varios | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 35 | Frijol Bayo Florida | 15 | 25 | 60 | 20 | 120 | 0.30 | 1.10 | 0.65 | Transitorio |
| 36 | Frijol Caballero | 15 | 25 | 60 | 20 | 120 | 0.30 | 1.10 | 0.65 | Transitorio |
| 37 | Frijol Canario | 15 | 25 | 60 | 20 | 120 | 0.30 | 1.10 | 0.65 | Transitorio |
| 38 | Frijol Castilla | 15 | 25 | 60 | 20 | 120 | 0.30 | 1.10 | 0.65 | Transitorio |
| 39 | Frijol Chivatillo | 15 | 25 | 60 | 20 | 120 | 0.30 | 1.10 | 0.65 | Transitorio |
| 40 | Frijol Panamito | 15 | 25 | 60 | 20 | 120 | 0.30 | 1.10 | 0.65 | Transitorio |
| 41 | Frutales Varios | - | - | - | - | - | - | 0.65 | - | Permanente |
| 42 | Granadilla | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 43 | Habas | 30 | 30 | 60 | 30 | 150 | 0.30 | 0.92 | 0.86 | Transitorio |
| 44 | Hortalizas Varias | 40 | 40 | 40 | 30 | 150 | 0.70 | 1.05 | 0.95 | Transitorio |
| 45 | Lenteja Criolla | 20 | 31 | 30 | 10 | 91 | 0.48 | 0.95 | 0.85 | Transitorio |
| 46 | Lúcumo Comúm | - | - | - | - | - | - | 0.80 | - | Permanente |
| 47 | Lúcumo Seda | - | - | - | - | - | - | 0.80 | - | Permanente |
| 48 | Maíz Amarillo Duro | 25 | 40 | 45 | 30 | 140 | 0.70 | 1.20 | 0.35 | Transitorio |
| 49 | Maíz Chala | 20 | 30 | 30 | 10 | 90 | 0.70 | 1.15 | 0.35 | Transitorio |
| 50 | Maíz Choclo | 20 | 30 | 30 | 10 | 90 | 0.70 | 1.15 | 0.35 | Transitorio |
| 51 | Maíz De Cancha (Serrana) | 30 | 30 | 35 | 30 | 125 | 0.70 | 1.15 | 0.35 | Transitorio |
| 52 | Maíz Morado | 30 | 30 | 35 | 30 | 125 | 0.70 | 1.15 | 0.35 | Transitorio |
| 53 | Mandarina | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 54 | Mango Comúm | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 55 | Mango Keitt | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 56 | Mango Kent | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 57 | Maní Criollo | 25 | 35 | 45 | 25 | 130 | 0.40 | 1.15 | 0.60 | Transitorio |
| 58 | Manzana Israel | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 59 | Manzana Varias | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 60 | Maracuyá | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |

Continúa…

| N° | Cultivo | Duración de las etapas de crecimiento (días) | | | | | Coeficiente único del cultivo | | | Tipo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Inic. | Des. | Med. | Final | Total | Kc inicial | Kc medio | Kc final | |
| 61 | Melocotón | - | - | - | - | - | - | 0.63 | - | Permanente |
| 62 | Naranja Huando | - | - | - | - | - | - | 0.70 | - | Permanente |
| 63 | Oca | 25 | 30 | 45 | 30 | 130 | 0.50 | 1.15 | 0.40 | Transitorio |
| 64 | Olluco | 25 | 30 | 45 | 30 | 130 | 0.50 | 1.15 | 0.40 | Transitorio |
| 65 | Pallar Criollo | 30 | 31 | 31 | 28 | 120 | 0.63 | 1.10 | 0.90 | Transitorio |
| 66 | Palto (Patron) | - | - | - | - | - | - | 0.72 | - | Permanente |
| 67 | Palto Fuerte | - | - | - | - | - | - | 0.72 | - | Permanente |
| 68 | Palto Hass | - | - | - | - | - | - | 0.72 | - | Permanente |
| 69 | Palto Naval | - | - | - | - | - | - | 0.72 | - | Permanente |
| 70 | Papa Amarilla | 30 | 35 | 50 | 30 | 145 | 0.50 | 1.15 | 0.40 | Transitorio |
| 71 | Papa Yungay | 30 | 35 | 50 | 30 | 145 | 0.50 | 1.15 | 0.40 | Transitorio |
| 72 | Pastos | - | - | - | - | - | - | 0.75 | - | Permanente |
| 73 | Pepino | 25 | 35 | 50 | 20 | 130 | 0.60 | 1.00 | 0.75 | Transitorio |
| 74 | Pepino Corazon De Buey | 30 | 45 | 45 | 30 | 150 | 0.46 | 0.90 | 0.50 | Transitorio |
| 75 | Plantas Ormamentales | - | - | - | - | - | - | 0.63 | - | Permanente |
| 76 | Platanos | - | - | - | - | - | - | 0.85 | - | Permanente |
| 77 | Quinua | 30 | 30 | 60 | 30 | 150 | 0.50 | 0.90 | 0.50 | Transitorio |
| 78 | Sandía | 30 | 40 | 40 | 40 | 150 | 0.40 | 1.00 | 0.75 | Transitorio |
| 79 | Sorgo Varios | 20 | 35 | 45 | 30 | 130 | 0.70 | 1.10 | 0.55 | Transitorio |
| 80 | Tara | - | - | - | - | - | - | 0.60 | - | Permanente |
| 81 | Tomate Río Grande | 60 | 30 | 30 | 30 | 150 | 0.85 | 1.05 | 0.85 | Transitorio |
| 82 | Trigo | 15 | 25 | 50 | 30 | 120 | 0.30 | 1.15 | 0.40 | Transitorio |
| 83 | Tuna | - | - | - | - | - | - | 0.60 | - | Permanente |
| 84 | Vid Italia | - | - | - | - | - | - | 0.65 | - | Permanente |
| 85 | Vid Moscatel | - | - | - | - | - | - | 0.65 | - | Permanente |
| 86 | Vid Quebranta | - | - | - | - | - | - | 0.65 | - | Permanente |
| 87 | Vid Red Globe | - | - | - | - | - | - | 0.65 | - | Permanente |
| 88 | Vid Varios | - | - | - | - | - | - | 0.65 | - | Permanente |
| 89 | Yuca Blanca | 20 | 40 | 90 | 60 | 210 | 0.30 | 0.80 | 0.30 | Transitorio |
| 90 | Zapallo Macre | 25 | 40 | 60 | 25 | 150 | 0.40 | 0.90 | 0.70 | Transitorio |

Nota: La mayoría de valores presentados provienen de la Guía Nº 54 de la FAO y los estudios del PROFODUA.
En general, se considera que la duración de las etapas de crecimeinto y el Kc son los mismos para todas las variedas de un cultivo
Para cultivos permanentes (a excepción de la caña) se considera solo un kc global promedio ponderado.

Fuente: FAO- Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, 2006.
PROFODUA
MINAGRI-Dirección de Información Agraria (Web Agro al DÍA)
IGP, INIA- Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos, 2009.

## Módulos y Coeficientes de Riego

Los Coeficientes y Módulos de Riego para cada cultivo se obtienen de las siguientes expresiones:

$$CR_i = \frac{RAC_i}{Ea}.10 \; ; \; MR = \sum_{i=1}^{12} CR_i$$

Donde CR (m3/ha) es el coeficiente de riego en el mes i; Ea es la eficiencia de aplicación (adimensional); y MR (m3/ha) es el módulo de riego. Obsérvese que no se han incluido volúmenes para el machaco o lavado de sales.

La eficiencia de aplicación depende del método del riego y las características del suelo, básicamente. Los valores de las eficiencias, incluyendo la eficiencia de aplicación (Ea), se discuten en el próximo ítem. Para los cálculos se ha considerado Ea=50%.

En los siguientes cuadros y figuras se presentan los módulos utilizados en los PCRs de la Junta de Usuarios Nepeña y los módulos evaluados según la metodología expuesta, los cultivos se encuentran agrupados como permanentes o transitorios. Se considera la fecha de siembra en el mes de agosto para la mayoría de los cultivos.

## Cuadro N° 37
## Módulos y coeficientes de riego de cultivos permanentes según ALA S-L-N y Junta de Usuarios Nepeña (m3/ha)

| Cultivo | Módulo de Riego | Machaco | Coeficiente de Riego | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL |
| Caña de Azúcar H32-8560 | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Caña de Azúcar H44-3098 | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Caña de Azúcar H50-7209 | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Caña de Azúcar H57-5174 | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Caña de Azúcar H68-1158 | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Caña de Azúcar Mex73-0523 | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Caña de Azúcar Pcg12-745 | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Caña de Azúcar Rh-234 | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Caña de Azúcar Varias | 18,000 | 0 | 1,200 | 1,150 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,400 | 1,850 | 1,950 | 1,800 | 1,750 | 1,700 | 1,300 |
| Chirimoya Cumbe | 10,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 750 | 750 | 500 | 500 | 500 | 1,000 | 1,000 |
| Durazno | 9,000 | 0 | 600 | 900 | 1,000 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,000 | 1,000 | 900 | 0 | 0 | 0 |
| Espárrago Blanco | 11,600 | 0 | 800 | 800 | 1,000 | 1,000 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Espárrago Verde | 11,600 | 0 | 800 | 800 | 1,000 | 1,000 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Espárrago Verde (Riego P.) | 8,500 | 0 | 590 | 590 | 730 | 730 | 875 | 875 | 875 | 875 | 590 | 590 | 590 | 590 |
| Forestales Varios | 10,000 | 0 | 750 | 750 | 750 | 750 | 750 | 750 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 750 | 750 |
| Frutales Varios | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Granadilla | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Lúcumo Comúm | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Lúcumo Seda | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Mandarina | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Mango Comúm | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Mango Keitt | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Mango Kent | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Manzana Israel | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Manzana Varias | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Maracuyá | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Melocotón | 9,000 | 0 | 600 | 900 | 1,000 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,000 | 1,000 | 900 | 0 | 0 | 0 |
| Naranja Huando | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Palto (Patron) | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Palto Fuerte | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Palto Hass | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Palto Naval | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Pastos | 8,400 | 0 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 |
| Plantas Ormamentales | 10,000 | 0 | 750 | 750 | 750 | 750 | 750 | 750 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 750 | 750 |
| Platanos | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Tara | 10,000 | 0 | 500 | 500 | 500 | 750 | 750 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Tuna | 6,000 | 0 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Vid Italia | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vid Moscatel | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vid Quebranta | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vid Red Globe | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vid Varios | 12,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña

## Cuadro N° 38
## Módulos y coeficientes de riego de cultivos transitorios según ALA S-L-N y Junta de Usuarios Nepeña (m3/ha)

| Cultivo | Módulo de Riego | Machaco | Coeficiente de Riego | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL |
| Ají Escabeche | 7,000 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 500 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ají Panca | 7,000 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 500 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ají Paprika | 7,000 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 500 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ají Pimiento | 7,000 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 500 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ají Piquillo | 7,000 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 500 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ajo Criollo | 4,500 | 0 | 1,600 | 1,400 | 1,000 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alcachofa Varios | 15,000 | 0 | 1,000 | 1,000 | 1,750 | 1,750 | 2,250 | 2,250 | 2,250 | 1,750 | 1,000 | 0 | 0 | 0 |
| Alfalfa Boha | 10,100 | 0 | 900 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 1,000 | 1,000 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| Algodón Tangüis | 11,500 | 0 | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 2,000 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0 | 0 | 0 |
| Arveja | 4,500 | 0 | 2,000 | 1,200 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Caigua | 5,500 | 0 | 1,500 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Camote Criollo | 4,600 | 0 | 3,000 | 1,000 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cebada | 4,000 | 0 | 2,000 | 1,500 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cebolla Amarilla | 5,500 | 0 | 3,000 | 1,500 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cebolla Roja | 5,500 | 0 | 3,000 | 1,500 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chia | 6,000 | 0 | 1,200 | 1,200 | 1,000 | 1,000 | 800 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Col | 4,800 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Colantao | 5,000 | 1,500 | 1,000 | 1,100 | 900 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coliflor | 4,800 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frijol Bayo Florida | 4,500 | 0 | 2,000 | 1,200 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frijol Caballero | 4,500 | 0 | 2,000 | 1,200 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frijol Canario | 4,500 | 0 | 2,000 | 1,200 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frijol Castilla | 4,500 | 0 | 2,000 | 1,200 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frijol Chivatillo | 4,500 | 0 | 1,200 | 1,000 | 1,000 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frijol Panamito | 4,500 | 0 | 2,000 | 1,200 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Habas | 4,500 | 0 | 2,000 | 1,200 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hortalizas Varias | 4,800 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lenteja Criolla | 4,500 | 0 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maíz Amarillo Duro | 7,000 | 0 | 3,000 | 1,300 | 1,300 | 1,400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maíz Chala | 5,500 | 0 | 3,000 | 1,500 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maíz Choclo | 6,000 | 0 | 3,000 | 1,500 | 1,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maíz de Cancha (Serrana) | 6,000 | 0 | 1,800 | 1,500 | 1,400 | 1,300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maíz Morado | 7,000 | 0 | 3,000 | 1,300 | 1,300 | 1,400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maní Criollo | 7,000 | 0 | 3,000 | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oca | 4,400 | 0 | 0 | 0 | 1,400 | 1,100 | 950 | 950 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Olluco | 4,400 | 0 | 0 | 0 | 1,400 | 1,100 | 950 | 950 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pallar Criollo | 6,000 | 0 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Papa Amarilla | 7,300 | 0 | 2,500 | 500 | 1,000 | 1,500 | 1,800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Papa Yungay | 7,300 | 0 | 2,500 | 500 | 1,000 | 1,500 | 1,800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pepino | 8,000 | 0 | 2,500 | 1,000 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 500 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pepino Corazon De Buey | 8,000 | 0 | 2,500 | 1,000 | 1,000 | 1,500 | 1,000 | 500 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Quinua | 6,000 | 0 | 1,200 | 1,500 | 1,380 | 900 | 800 | 220 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sandía | 7,500 | 0 | 2,500 | 1,000 | 1,500 | 1,500 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sorgo Varios | 8,400 | 0 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 |
| Tomate Río Grande | 8,000 | 0 | 3,500 | 1,500 | 1,000 | 1,200 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Trigo | 4,500 | 0 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yuca Blanca | 10,800 | 0 | 1,800 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0 | 0 |
| Zapallo Macre | 4,800 | 0 | 2,000 | 1,000 | 1,000 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña

### Eficiencia de riego

De acuerdo al PSI, la eficiencia de riego está compuesta por la eficiencia de conducción (Ec) en el canal principal, eficiencia de distribución (Ed) en los canales laterales y la eficiencia de aplicación (Ea) a nivel de parcela, el producto de estas tres eficiencias nos determina la eficiencia de riego de un sistema. También se hace uso del término eficiencia de operación para referirse a la eficiencia de conducción y distribución (Eo = Ec x Ed).

Por otro lado, en el documento “Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos” (2004) preparado por el Ministerio de

Agricultura a través de la Comisión Técnica Multisectorial, menciona que las eficiencias técnicas de riego en el Perú varían entre 35 a 40%.

En un plano más local, el Programa de Formalización de Derecho de uso de Agua (PROFODUA, 2005) menciona que producto de pruebas de campo las eficiencias características en el valle Nepeña son: conducción de 54 a 84%; distribución de 51 a 98%; aplicación de 34 a 87%, por lo que para los cálculos de la demanda bruta en dicho estudio, con fines de planeamiento, se consideró una eficiencia de riego de 49 % para el valle.

**Demanda hídrica neta y bruta según PCR**

Como ya se mencionó el Plan de Cultivo y Riego es un instrumento de planificación que permite ejecutar eficientemente la distribución de agua con fines agrícolas para lograr obtener cosechas rentables de los diversos cultivos que siembran los usuarios.

En general, según los balances de los PCRs revisados (2006/15), las disponibilidades hídricas en el valle Nepeña son inferiores a las demandas hídricas en la mayoría de los meses, por ello se suele plantear ajustes y medidas para su ejecución de acuerdo a las directivas y al consenso de los usuarios de agua, a fin de alcanzar déficits de agua que puedan ser manejados, los ajustes y/o medidas pueden ser: mejoramiento de las eficiencias de uso con la distribución de agua, restricciones de siembras de cultivos transitorios en los meses de estiaje, y promoviendo para que la Campaña Grande se realice en forma intensa en coincidencia con los picos de mayor disponibilidad de agua, etc.

El proceso de determinación de la demanda hídrica en el PCR 2014/15, bajo la metodología empleada por la Junta de Usuarios Nepeña, se resume a continuación:

- Mediante la Declaración de Intención de Siembra (DIS) de la Campaña Agrícola 2014/15 los usuarios reportaron a la Junta los cultivos (permanentes y transitorios) que desearon desarrollar y las correspondientes superficies mensuales de siembra.

- Con el procesamiento de dicha información se determinó la demanda mensual de agua neta a nivel de parcela (usuario) y canales de derivación en función de los módulos y coeficientes riego.

- Para las demandas brutas de la comisión Nepeña parte baja (cuenca baja, incluyendo canal Cascajal Nepeña), se aplicaron eficiencias de operación de 80 %. Así mismo se ajustaron las áreas de siembra de cultivos transitorios en 75% entre los meses de agosto y diciembre y a los módulos de la caña de azúcar en 70 %.

Según el PCR, el requerimiento bruto de los cultivos presentes para la campaña 2014/15 del subsector hidráulico Nepeña asciende a 140.229 hm3.

**Cuadro Nº 39**
**Demanda hídrica bruta de uso agrícola según PCR - Subsector hidráulico Nepeña (hm3)**

| Subsector hidráulico | Comisión de Regantes | Área Bajo Riego (ha) | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nepeña | CR. Nepeña | 9670.10 | 9.366 | 9.078 | 9.525 | 10.219 | 10.949 | 11.671 | 14.487 | 15.160 | 13.893 | 13.187 | 12.737 | 9.957 | 140.229 |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña - PCR 2014/15
1/ Proyectado. Comisón sin PCR 2014/15.
2/ Proyectado. Áreas bajo riego (por subcuencas) sin intervención de la Junta de Usuarios.

## Cuadro Nº 40
## Demanda hídrica neta y bruta de cultivos permanentes según PCR - Subsector Hidráulico Nepeña (m3)

| Cultivo | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ají Escabeche | 3,274 | 2,728 | 2,183 | 2,183 | 2,183 | 1,364 | 5,091 | 2,273 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 1,000 | 28,279 |
| Alfalfa Boha | 4,851 | 4,537 | 4,580 | 4,595 | 4,592 | 4,592 | 5,670 | 5,720 | 4,657 | 4,612 | 4,597 | 4,592 | 57,595 |
| Camote Criollo | 1,519 | 2,475 | 1,523 | 581 | 113 | 2,250 | 1,500 | 1,375 | 2,850 | 4,710 | 1,745 | 750 | 21,391 |
| Caña de Azúcar H32-8560 | 192,400 | 184,384 | 192,400 | 208,436 | 224,468 | 224,468 | 296,618 | 312,650 | 288,602 | 280,584 | 272,568 | 208,436 | 2,886,014 |
| Caña de Azúcar H57-5174 | 15,616 | 14,965 | 15,616 | 16,917 | 18,218 | 18,218 | 24,074 | 25,375 | 23,423 | 22,773 | 22,122 | 16,917 | 234,234 |
| Caña de Azúcar H68-1158 | 419,587 | 407,035 | 424,313 | 459,484 | 494,860 | 495,271 | 652,617 | 689,431 | 637,393 | 619,295 | 601,606 | 461,538 | 6,362,430 |
| Caña de Azúcar Mex73-0523 | 3,978,570 | 3,855,612 | 4,022,618 | 4,355,823 | 4,691,065 | 4,694,885 | 6,187,100 | 6,534,703 | 6,042,081 | 5,873,373 | 5,711,843 | 4,383,562 | 60,331,235 |
| Caña de Azúcar Pcg12-745 | 22,171 | 21,247 | 22,171 | 24,019 | 25,866 | 25,866 | 34,181 | 36,029 | 33,257 | 32,334 | 31,409 | 24,019 | 332,569 |
| Caña de Azúcar Varias | 1,675,243 | 1,605,966 | 1,675,746 | 1,815,372 | 1,955,018 | 1,955,061 | 2,583,280 | 2,723,473 | 2,514,489 | 2,444,624 | 2,374,849 | 1,816,479 | 25,139,600 |
| Chía | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,176 | 2,304 | 2,108 | 5,588 |
| Espárrago Verde | 302,869 | 305,115 | 380,833 | 381,394 | 457,111 | 457,672 | 458,776 | 459,544 | 308,786 | 307,855 | 308,231 | 308,423 | 4,436,609 |
| Espárrago Verde (Riego P.) | 118,000 | 118,000 | 146,000 | 146,000 | 175,000 | 175,000 | 175,000 | 175,000 | 118,000 | 118,000 | 118,000 | 118,000 | 1,700,000 |
| Frijol Bayo Florida | 2,250 | 1,350 | 900 | 563 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,063 |
| Frijol Caballero | 2,850 | 1,710 | 1,140 | 713 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,413 |
| Frijol Canario | 5,775 | 3,465 | 2,873 | 1,969 | 338 | 301 | 353 | 187 | 873 | 764 | 450 | 288 | 17,636 |
| Frijol Castilla | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,000 | 4,800 | 3,000 | 1,950 | 750 | 0 | 13,500 |
| Frijol Chivatillo | 450 | 1,725 | 1,500 | 1,425 | 1,088 | 563 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,751 |
| Frutales Varios | 49,268 | 49,326 | 49,498 | 49,498 | 49,498 | 50,298 | 50,298 | 50,298 | 50,298 | 50,298 | 50,298 | 50,298 | 599,174 |
| Lenteja Criolla | 8,664 | 9,227 | 10,593 | 2,386 | 1,823 | 1,581 | 2,250 | 2,250 | 1,125 | 0 | 0 | 0 | 39,899 |
| Maíz Amarillo Duro | 120,485 | 108,134 | 95,108 | 119,689 | 64,854 | 630,184 | 451,720 | 449,582 | 444,924 | 155,834 | 83,119 | 29,235 | 2,752,868 |
| Maíz Chala | 7,870 | 5,111 | 3,211 | 2,800 | 3,893 | 15,763 | 17,055 | 10,406 | 4,810 | 6,023 | 2,904 | 1,693 | 81,539 |
| Maíz Morado | 1,688 | 1,294 | 975 | 1,031 | 263 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,251 |
| Mango Común | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 1,200 |
| Mango Kent | 1,775 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 1,900 | 22,675 |
| Maracuyá | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 3,910 | 46,920 |
| Naranja Huando | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 12,000 |
| Palto Fuerte | 110,182 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 110,432 | 1,324,934 |
| Palto Hass | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 43,180 | 518,160 |
| Papa Yungay | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 938 | 500 | 438 | 1,876 |
| Pastos | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 | 3,360 |
| Pepino | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 625 | 875 | 500 | 625 | 625 | 375 | 250 | 3,875 |
| Platanos | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 13,820 | 165,840 |
| Quinua | 7,328 | 10,680 | 10,326 | 9,830 | 11,847 | 8,567 | 6,491 | 5,286 | 7,290 | 5,946 | 5,004 | 2,938 | 91,533 |
| Sandía | 23,322 | 26,054 | 27,284 | 28,947 | 24,470 | 17,736 | 23,273 | 14,927 | 15,094 | 14,625 | 9,000 | 1,500 | 226,232 |
| Vid Italia | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 6,960 | 83,520 |
| Vid Red Globe | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 139,630 | 1,675,560 |
| Vid Varios | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 42,960 | 515,520 |
| Yuca Blanca | 18,782 | 18,997 | 19,230 | 21,265 | 21,588 | 24,373 | 25,183 | 25,566 | 25,402 | 25,185 | 16,100 | 11,194 | 252,865 |
| Zapallo Macre | 3,000 | 1,500 | 1,500 | 1,200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,020 | 2,510 | 2,510 | 2,008 | 19,248 |
| **Total neto** | **7,349,625** | **7,124,801** | **7,476,288** | **8,020,283** | **8,592,324** | **9,168,809** | **11,368,574** | **11,893,546** | **10,898,172** | **10,340,201** | **9,986,456** | **7,809,835** | **110,028,914** |
| **Perdidas por conducción y distribución** | **2,016,323** | **1,952,834** | **2,048,300** | **2,199,012** | **2,356,721** | **2,502,521** | **3,118,648** | **3,266,082** | **2,994,902** | **2,847,082** | **2,750,998** | **2,147,031** | **30,200,454** |
| **Total bruto** | **9,365,945** | **9,077,636** | **9,524,584** | **10,219,294** | **10,949,044** | **11,671,331** | **14,487,220** | **15,159,630** | **13,893,072** | **13,187,278** | **12,737,451** | **9,956,860** | **140,229,345** |

Fuente: Junta de Usuarios Nepeña - PCR 2014/15

### Demanda Ecológica

De acuerdo al Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos el caudal ecológico se define de la siguiente manera:

"Se entenderá como caudal ecológico al volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural".

Asimismo, la Metodología Aprobada para Determinar Caudales Ecológicos mostrada en la Resolución Jefatural Nro. 154-2016-ANA, indica como criterio general, calcular el caudal ecológico referencial como el caudal al 95 % de persistencia en el punto de interés. La determinación se realiza utilizando información estadística de los

últimos 20 años y a falta de información, esta debe ser generada utilizando el modelamiento hidrológico y estocástico.

En vista de que la cuenca del río Nepeña, es por lo general deficitaria, solo en los meses de enero, febrero y marzo se observan excedentes, y que existen derechos de uso otorgados con anterioridad a la resolución, tanto aguas a abajo de los afluentes principales como aguas arriba (subcuencas de los ríos Lampanin, Ticlla, Colcap y Cosma), en el presente estudio se propone establecer un caudal de reserva para cubrir la demanda ecológica, ya que aplicando los criterios generales de caudal ecológico se presentaría una afectación de los derechos de uso de agua existentes; es decir conflictos entre la oferta y las demandas agrícolas principalmente, que deben ser atendidas.

## CAP. III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Análisis e interpretación de los datos.

#### a) Oferta de agua superficial del río Nepeña:

Según la data histórica de los reportes del rio Nepeña obtenidos en la estación “San Jacinto”, para el periodo de 65 años desde el año 1950 hasta el año 2015, la disponibilidad hídrica promedio anual en el rio Nepeña al 75 % de Persistencia es de 71.07 hm3, el cual aunado a la oferta hídrica de trasvase del Proyecto Especial CHINECAS y de las filtraciones y puquios existentes suman un total de 184.39 hm3.

**Cuadro Nº 41**
**Oferta hídrica superficial en la cuenca Nepeña (hm3)**

| Fuente Superficial | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oferta hídrica superficial 75% p. | 0.440 | 0.349 | 0.577 | 1.021 | 3.470 | 9.008 | 16.280 | 21.491 | 11.753 | 4.040 | 1.769 | 0.874 | 71.071 |
| Oferta hídrica Proyecto Especial CHINECAS 2/ | 2.520 | 2.251 | 2.432 | 1.618 | 1.781 | 2.389 | 2.339 | 1.819 | 1.585 | 2.381 | 1.968 | 2.646 | 25.730 |
| Oferta hídrica filtraciones | 4.260 | 3.660 | 3.560 | 3.830 | 3.770 | 5.840 | 7.330 | 8.740 | 10.950 | 7.010 | 5.650 | 4.800 | 69.400 |
| Oferta hídrica puquios | 1.190 | 0.860 | 0.980 | 1.040 | 1.120 | 1.430 | 1.850 | 2.190 | 2.810 | 1.880 | 1.510 | 1.330 | 18.190 |
| **Oferta total** | **8.410** | **7.119** | **7.548** | **7.509** | **10.141** | **18.667** | **27.799** | **34.241** | **27.098** | **15.311** | **10.897** | **9.650** | **184.391** |

**Fuente**: Elaboración propia.
1/ Según registro completado y extendido de la estación hidrométrica San Jacinto (1981-2015).
2/ Promedios que provienen de los registros de los volumenes brutos entregados a las C.Rs.
3/ Toman como referncia el PCR 2014/15.

**b) Demanda de agua superficial del valle del río Nepeña:**

Como se mencionó anteriormente, el requerimiento bruto de los cultivos presentes para la campaña 2014/15 del subsector hidráulico Nepeña asciende a 140.229 $hm^3$, ver cuadro N° 39.

**c) Balance hídrico del valle del río Nepeña:**

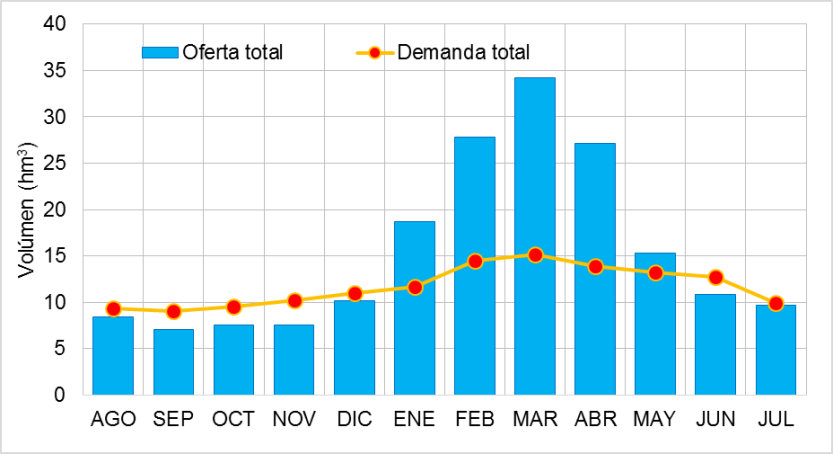
El balance indica que las demandas mensuales en el año agrícola son atendidas en un 91.3 % en promedio. Existe un superávit acumulado de 54.72 hm3 definidos en los meses de enero a mayo, siendo marzo el mes de mayor superávit; y un déficit acumulado de 10.56 hm3 definidos en los meses de junio a diciembre, siendo noviembre el mes más crítico. Se puede apreciar que la disponibilidad de agua depende principalmente de la oferta superficial, el proyecto CHINECAS, las filtraciones y los puquios.

**Cuadro Nº 42**
**Balance hídrico superficial - valle del río Nepeña (hm3)**

| Descripción | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Demanda agrícola bruta 1/ | 9.366 | 9.078 | 9.525 | 10.219 | 10.949 | 11.671 | 14.487 | 15.160 | 13.893 | 13.187 | 12.737 | 9.957 | 140.229 |
| **Demanda total** | **9.366** | **9.078** | **9.525** | **10.219** | **10.949** | **11.671** | **14.487** | **15.160** | **13.893** | **13.187** | **12.737** | **9.957** | **140.229** |
| Oferta hídrica superficial 75% p. | 0.440 | 0.349 | 0.577 | 1.021 | 3.470 | 9.008 | 16.280 | 21.491 | 11.753 | 4.040 | 1.769 | 0.874 | 71.071 |
| Oferta hídrica Proyecto Especial CHINECAS 2/ | 2.520 | 2.251 | 2.432 | 1.618 | 1.781 | 2.389 | 2.339 | 1.819 | 1.585 | 2.381 | 1.968 | 2.646 | 25.730 |
| Oferta hídrica filtraciones | 4.260 | 3.660 | 3.560 | 3.830 | 3.770 | 5.840 | 7.330 | 8.740 | 10.950 | 7.010 | 5.650 | 4.800 | 69.400 |
| Oferta hídrica puquios | 1.190 | 0.860 | 0.980 | 1.040 | 1.120 | 1.430 | 1.850 | 2.190 | 2.810 | 1.880 | 1.510 | 1.330 | 18.190 |
| **Oferta total** | **8.410** | **7.119** | **7.548** | **7.509** | **10.141** | **18.667** | **27.799** | **34.241** | **27.098** | **15.311** | **10.897** | **9.650** | **184.391** |
| **Superávit** | **0.000** | **0.000** | **0.000** | **0.000** | **0.000** | **6.996** | **13.311** | **19.081** | **13.205** | **2.124** | **0.000** | **0.000** | **54.717** |
| **Déficit** | **0.956** | **1.958** | **1.976** | **2.710** | **0.808** | **0.000** | **0.000** | **0.000** | **0.000** | **0.000** | **1.840** | **0.307** | **10.555** |
| **Volumen atendido (%)** | **89.8** | **78.4** | **79.3** | **73.5** | **92.6** | **100.0** | **100.0** | **100.0** | **100.0** | **100.0** | **85.6** | **96.9** | **100.0** |

Nota: La oferta de las filtraciones y puquios toman como referencia el PCR 2014/15.
1/ Plan de Cultivo y Riego 2014/15.
2/ Promedio de volumenes brutos entregados a la C.R. Nepeña periodo 2005-2015.

**Figura Nº 28**
**Balance hídrico superficial - valle del río Nepeña**




**Fuente**: Elaboración propia

## d) Nivel organizacional:

Los operadores hidráulicos están organizados de tal manera que la infraestructura hidráulica mayor (Trasvase) está a cargo su operación del Proyecto Especial CHINECAS y la infraestructura hidráulica menor se encuentra operada por la Junta de Usuarios Nepeña, integrada por las Comisiones de Usuarios, las cuales brindan apoyo y asistencia en la operación del sistema hidráulico, podemos decir que en el valle Nepeña se tiene una eficiencia de uso de agua, para el sector agricultura, menor al 49%. La tecnificación y maquinaria empleada es escasa e obsoleta.

El nivel de morosidad en la recaudación de la tarifa de uso de agua es alto, de acuerdo al informe de supervisión de la Administración Local de Agua Santa Lacramarca Nepeña, 2016.

## 3.2. Propuesta Teórica:

### I. Lineamientos de la propuesta

- Establecer la participación del Estado en coordinación con los actores involucrados del valle del río Nepeña en los procedimientos para formular, aprobar, ejecutar, supervisar y evaluar el "Plan de aprovechamiento hídrico".
  Asimismo, fortalecer la gestión de la organización de usuarios como operador hidráulico.

- El estado en coordinación con la organización de usuarios promoverán el uso eficiente de los recursos hídricos del rio Nepeña, equilibrando y armonizando la oferta y la demanda de agua, priorizando su uso primario y poblacional, protegiendo el caudal ecológico.

### II. Planeamiento Estratégico de la propuesta

| Estrategia | Línea de acción | Programación anual | | Indicador de resultado |
|---|---|---|---|---|
| | | Física (Mes) | Financiera (S/.) | |
| Oferta | Capacitación a los usuarios en oferta superficial y acuíferos | 2 | 10,000.00 | 50% de los usuarios con conocimiento de la oferta superficial y subterránea. |
| | Capacitación a los usuarios en conservación de cabecera de cuenca | 2 | 10,000.00 | 50% de los usuarios con conocimiento de la conservación de cabecera de cuenca. |
| | Preservación y conservación de zonas claves para la oferta | 1 | 40,000.00 | 50% de las zonas claves para las ofertas conservadas y preservadas. |
| Demanda | Estudio para cuantificar la demanda | 1 | 30,000.00 | 100% de la demanda cuantificada. |
| | Estudio de eficiencia de uso de agua | 1 | 40,000.00 | Implementación del estudio de eficiencia de uso de agua al 50% |
| | Informe de actualización de padrón de usuarios | 12 | 20,000.00 | El padrón de usuarios se encuentra actualizado al 50% |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fortalecimiento institucional | Informe de adecuación del estatuto de la organización de usuarios a la Ley de Organización de Usuarios | 12 | 15,000.00 | El 100 % del Estatuto de la organización de usuarios esta adecuado a la Ley N° 30157 |
| | Informe de elaboración del Plan de Operación y Mantenimiento de Infraestructura Hidráulica | 12 | 20,000.00 | El POMIH se encuentra elaborado al 100%. |
| | Informe de implementación del Plan de Operación y Mantenimiento de Infraestructura Hidráulica | 12 | 20,000.00 | El POMIH se encuentra implementado al 50%. |
| Gobernabilidad | Taller para la conformación de Grupos Especializados de Trabajo Multisectorial - GETRAM | 2 | 20,000.00 | Conformación de un (01) Grupo Especializado de Trabajo Multisectorial - GETRAM Nepeña. |
| | Informe de implementación de programa masivo de comunicación e información. | 12 | 24,000.00 | Programa masivo de comunicación e información implementado al 100%. |
| Riesgos | Programa de divulgación de medidas de prevención de riesgos y desastres por ocurrencia del fenómeno “El Niño”. | 1 | 20,000.00 | Programa de divulgación de medidas de prevención de riesgos implementado al 100%. |
| | Programa de Mantenimiento de infraestructura de riego y drenaje | 1 | 100,000.00 | 100% de la infraestructura de riego y drenaje descolmatada |
| Sensibilización para el aprovechamiento de los recursos hídricos | Talleres de sensibilización dirigido a dirigentes | 4 | 8,000.00 | 100% de dirigentes sensibilizados |
| | Talleres de sensibilización dirigido a productores agrarios | 4 | 30,000.00 | 25% de productores agrarios sensibilizados. |

**Fuente**: Elaboración propia.

## III. Ejecución e implementación.

| Línea de acción | Estrategia de ejecución e implementación |
|---|---|
| Oferta | La Autoridad Nacional del Agua conjuntamente con la Junta de Usuarios Nepeña desarrollarán eventos de capacitación dirigidos a los usuarios en temas de la oferta de agua superficial y acuíferos, así como en conservación de la cabecera de cuenca.<br>Asimismo, desarrollarán eventos para promover la preservación y conservación de zonas claves para la oferta de agua.<br>Complementariamente, se establecerán alianzas estratégicas entre las instituciones y autoridades involucradas, a fin de difundir a la población el monitoreo del comportamiento hidrológico del río Nepeña, concientizando las buenas prácticas de uso eficiente del agua. |
| Demanda | La Junta de Usuarios Nepeña informará mensualmente el avance de la actualización del padrón de usuarios.<br>Asimismo elaborará el estudio para cuantificar la demanda y medir su consumo, complementariamente actualizará el estudio de eficiencia de uso de agua, como instrumento de gestión para el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico. |
| Fortalecimiento institucional | La Autoridad Nacional del Agua con los recursos asignados en el programa presupuestal para el fortalecimiento de las organizaciones de usuarios desarrollará talleres de capacitación referidos a la mejora de la gestión institucional de la Junta de Usuarios Nepeña, dotándola de los instrumentos de gestión que le permita mejorar sobre todo en la recaudación de la tarifa de agua.<br>La Junta de Usuarios Nepeña informará mensualmente el avance de la adecuación del estatuto de la organización de usuarios a la Ley N° 30157 y la implementación del Plan de Operación y Mantenimiento de Infraestructura Hidráulica. |
| Gobernabilidad | La Autoridad Nacional del Agua conjuntamente con la Junta de Usuarios Nepeña y el Gobierno Regional de Ancash ejecutarán talleres para la conformación de Grupos Especializados de Trabajo Multisectorial - GETRAM, como espacios de concertación para la gestión sostenible del recurso agua.<br>Asimismo, elaborarán informes de implementación de programas masivos de comunicación e información. |
| Riesgos | Se elaborará un programa de divulgación de las medidas de prevención de riesgos y desastres por ocurrencia del fenómeno “El Niño”.<br>Se elaborará un Programa de Mantenimiento de infraestructura de riego y drenaje.<br>La Junta de Usuarios con el apoyo de la Comisión de Regantes Nepeña implementará los programas antes mencionados. |
| Sensibilización para el aprovechamiento de los recursos hídricos | La Autoridad Nacional del Agua conjuntamente con la Junta de Usuarios Nepeña desarrollarán trimestralmente talleres de sensibilización dirigidos a dirigentes y productores agrarios del ámbito del valle del río Nepeña, a fin de concientizarlos en el aprovechamiento eficiente del recurso agua.<br>La Organización de Usuarios, aplicará las restricciones operativas según el caudal horario reportado, para una eficiente distribución de los caudales asignados. |

**Fuente**: Elaboración propia.

## IV. Financiamiento

La elaboración y ejecución del “Plan de aprovechamiento para el uso multisectorial del agua - valle del río Nepeña”, será financiado por la Junta de Usuarios de Nepeña, conjuntamente con el Proyecto Especial CHINECAS, como operadores hidráulicos menor y mayor respectivamente, siendo su fuente de financiamiento la tarifa de agua que recaudan por el servicio que prestan.

La participación del Estado, será a través de la Autoridad Nacional del Agua y el Ministerio de Agricultura y Riego, para el fortalecimiento, seguimiento y supervisión de las organizaciones de usuarios.

El Gobierno Regional, a través de la Dirección Regional Agraria, supervisará la distribución del agua de riego, elaborando los informes correspondientes.

## CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos se han generado las siguientes conclusiones:

1. El estado situacional del aprovechamiento del agua superficial del valle del río Nepeña, principalmente para el sector agrario es deficiente, siendo la eficiencia del uso de agua para riego del 49%. Podemos decir que la tecnificación y maquinaria empleada es escasa y obsoleta.

   Adicionalmente, en la zona de estudio existe un déficit hídrico estacional durante los meses de octubre a diciembre, en dicho periodo la organización de usuarios debe priorizar las necesidades hídricas de los usuarios con derechos, aplicando las restricciones que sean necesarias.

2. El Plan de Aprovechamiento Hídrico propuesto, es un instrumento de gestión para la correcta planificación del uso de agua en el valle del río Nepeña, en dicho Plan se propone la participación conjunta del Estado a través de la Autoridad Nacional del Agua y sus órganos desconcentrados (Autoridad Administrativa del Agua Huarmey Chicama y Administración Local de Agua Santa Lacramarca Nepeña) y los Operadores Hidráulicos, detallando las actividades a ser ejecutadas por parte de la Organización de Usuarios, el Estado (Autoridad Nacional del Agua) y el Gobierno Regional (Proyecto Especial CHINECAS).

3. Los resultados estimados en la implantación del plan de aprovechamiento hídrico son los siguientes: el agua de trasvase del río Santa durante el período de estiaje, sea destinado de acuerdo al orden de prioridad establecido en la Ley de Recursos Hídricos, en el ámbito territorial donde actualmente se están ejerciendo los derechos otorgados.

   Se conformó Grupos Especializados de Trabajo Multisectorial - GETRAM en el valle del río Nepeña, como espacios de coordinación y gestión del aprovechamiento eficiente del recurso agua.

   La Organización de Usuarios de Agua cuenta con instrumentos de gestión para la operación y aprovechamiento eficiente del agua del río Nepeña, asimismo, ha mejorado la recaudación de la tarifa por el servicio de uso de agua, periódicamente realiza talleres para capacitar y sensibilizar a los usuarios de agua en el aprovechamiento del recurso agua.

## RECOMENDACIONES

Tomando en consideración las conclusiones se plantean las siguientes recomendaciones:

1. A la Autoridad Nacional del Agua, a través de la Autoridad Administrativa del Agua Huarmey Chicama, debe coordinar con la Junta de Usuarios Nepeña la elaboración y aprobación del Plan de Aprovechamiento Hídrico del río Nepeña, tomando como referencia la propuesta plantea, debido a que traza una estrategia integral y describe las acciones específicas a implementar por parte de las entidades involucradas, para el beneficio común de los usuarios.

2. A la Junta de Usuarios Nepeña, al Proyectos Especial CHINECAS y demás instituciones involucradas, que en base a la propuesta planteada, deben establecer mecanismos de control que permitan la evaluación oportuna de los resultados progresivos y su direccionamiento hacia el objetivo general del proyecto, que es el aprovechamiento planificado y eficiente del recurso hídrico.

3. A otros investigadores, continuar con investigaciones similares o relacionadas con la presente, de manera tal que se tenga suficiente información para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos, en beneficio no sólo de las zonas involucradas, sino también del país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Acosta, Claudia; Benavides, Jhon Alexander; Sierra, Carlos Hernán;. (20 de Agosto de 2015). Análisis cualitativo del deterioro de la calidad del agua y la infección por Helicobacter pylori en una comunidad de alto riesgo de cáncer de estómago (Cauca, Colombia). *Salud colectiva*, 575-590.

Administración Local de Agua Santa-Lacramarca-Nepeña;. (2007). *Propuesta de asignación de agua en bloques.* Chimbote- Ancash.

Administración Local de Agua Santa-Lacramarca-Nepeña;. (2009). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Nepeña.* Chimbote-Ancash.

Autoridad Nacional del Agua - ANA;. (2013). Moderniza la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Perú. *Agro Enfoque*, 40-45.

Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Resolución Jefatural Nº305-2014-ANA.* Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Autoridad Nacional del Agua. Dirección de la Administración de los Recursos Hídricos.

Chávez-Jiménez, A.; González-Zeas, D;. (2015). El impacto de los caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua bajo escenarios de cambio climático. *RIBAGUA - Revista Iberoamericana Del Agua*.

Delgado, L.; Torres-Gómez, M; Tironi-Silva, A.; Marín, V. (2015). Estrategia de adaptación local al cambio climático para el acceso equitativo al agua en zonas rurales de chile. *América Latina Hoy*, 113-137.

Estudios Climatologicos e hidrológicos Valle Nepeña, Informe Final. (1982). PLANREHATIC III.

Gonzales, Gustavo; Zevallos, Alisson; Gonzales-Castañeda, Cynthia; Nuñez, Denisse; Gastañaga, Carmen; Cabezas, César ; Naeher, Luke; Levy, Karen; Steenland , Kyle;. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, vol.31*(3).

Estudio: Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Nepeña, Aguas Superficiales, Inventario de Fuentes de Agua Superficial Vol. I (2016).

Jiménez, B., & Galizia, J. (2012). *Diagnóstico del Agua en las Américas.* México: Imagen Maestra.

Manco Silva, D.; Guerrero Erazo, J.; Ocampo Cruz, A.;. (2012). Eficiencia en el Consumo de Agua de Uso Residencial. *Revista Ingenierías Universidad De Medellin*, 23-38.

Martínez, C. (2013). *Gestión Integral de los Recursos Hídricos.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Miranda, O. (2015). El riego en la provincia de San Juan, Argentina: su dinámica institucional en los últimos dos siglos. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, vol.12 no.3 Texcoco.

Montico, S. (2004). El manejo del agua en el sector rural de la región pampeana Argentina. Estudios sobre sociedad, naturaleza y desarrollo. *Theomai*, Numero Especial.

Organización Mundial de la Salud. (27 de noviembre de 2002). *Agua para la salud: un derecho humano*. Obtenido de Ginebra: Organización Mundial de la Salud: http://goo.gl/9MjeNx

Pomareda Benel, C. (2015). La Agricultura y la Economía Rural en el Perú. *Agro Enfoque*, 26-32.

Ruiz, L. (2013). Reflexiones en torno al acceso al agua en el Perú, en el marco de la nueva Ley de Recursos Hídricos. *Derecho PUCP*, 121-141.

Sabogal, A. (2009). distribución del agua en el Perú desde una perspectiva de cuenca. *Debates En Sociología*, 9-20.

Sobrino, Manuel; Gutiérrez, César; Cunha, Antonio; Dávila, Miguel ; Alarcón, Jorge;. (2014). Desnutrición infantil en menores de cinco años en Perú: tendencias y factores determinantes. *Revista Panamericana de Salud Pública*.

Socio demográfico del Perú, Perfil;. (2007). Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda. Lima, Perú.

Wauters, C. (1941). *El problema del agua en la región árida de la Argentina.* Buenos Aíres: Compañía Impresora Argentina.

# ANEXOS

## DEFINICIONES

- **Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (SNGRH):** Creado con el objeto de articular el accionar del Estado, para desarrollar, conducir y asegurar los procesos de gestión integrada, participativa, multisectorial y el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.

- **Autoridad Nacional del Agua (ANA):** Es el ente rector y máxima autoridad técnico normativa del SNGRH, siendo responsable de su funcionamiento; es un organismo técnico especializado que ejerce jurisdicción administrativa exclusiva en materia de recursos hídricos. La ANA administra las fuentes naturales de agua y sus bienes asociados en cantidad, calidad y oportunidad, es la responsable de articular las acciones derivadas de las funciones relacionadas con la gestión sectorial y multisectorial de los recursos hídricos de las entidades que integran el SNGRH, promoviendo las sinergias en el desarrollo de dichas acciones.

- **Autoridad Administrativa del Agua (AAA):** Órgano desconcentrado de la ANA que dirige en su ámbito territorial la gestión de los recursos hídricos, dirigiendo en el ámbito de su competencia el funcionamiento del SNGRH, coordinando y articulando permanentemente con sus integrantes las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos de dicho sistema.

- **Administraciones Locales de Agua (ALA´s):** Son las unidades orgánicas de la Autoridad Administrativa del Agua, que administran los recursos hídricos y sus bienes asociados en sus respectivos ámbitos territoriales, que apoyan al Director de la Autoridad Administrativa del Agua para el funcionamiento del SNGRH.

- **Plan de Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca:** Es un instrumento técnico de carácter público vinculante que tiene por finalidad alcanzar el uso sostenible de los recursos hídricos, así como,

el incremento de las disponibilidades para lograr la satisfacción de las demandas de agua en cantidad, calidad y oportunidad, en el corto, mediano y largo plazo, en armonía con el desarrollo nacional, regional y local, articulando y compatibilizado su gestión con las políticas económicas, sociales y ambientales.

- **Plan de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas:** Es un instrumento técnico vinculante del Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca, que permite la planificación anual, uso multisectorial y conjunto (superficial, subterránea, residual) de la disponibilidad de agua para atender la demanda multisectorial de los derechos de uso de agua otorgados y del caudal ecológico; teniendo en cuenta el comportamiento hidrológico y climatológico.

- **Programa de Distribución de Agua:** Es un instrumento técnico que permite la planificación y distribución del agua a nivel de fuente de agua, infraestructura hidráulica de canales de derivación o principales y tomas directas.

- **Roles de suministro de agua:** Es la planificación que permite expedir las órdenes de distribución de agua, obedeciendo a un ordenamiento preestablecido.

- **Oferta de agua:** Es el volumen de agua anual, mensual; superficial y subterránea proyectado con probabilidad aceptable en una cuenca hidrográfica o acuífero, mediante estudios hidrológicos e hidrogeológicos, modelos y herramientas; basados en información hidrológica e hidrornétrica suficiente y confiable.

- **Disponibilidad hídrica:** Es el volumen de agua superficial, anual, mensual o diaria en un punto determinado del cauce; obtenido de la diferencia de la oferta de agua menos el caudal ecológico; que permite atender los diferentes tipos de derechos de uso de agua otorgados, al cual se adiciona los volúmenes autorizados de agua subterránea y/o residual.

- **Demanda de agua:** Son los volúmenes de agua anual, mensual o diario, que requieren los usuarios de agua para las diferentes clases y tipos de uso otorgados, incluye la demanda ecológica.

- **Sector hidráulico mayor:** Es el conjunto de obras de infraestructura hidráulica que por sus características de construcción, operación y mantenimiento permite el trasvase, regulación, almacenamiento, medición, captación, derivación para el suministro de agua para uno o más sectores hidráulicos menores y el drenaje principal.

- **Sector hidráulico menor:** Es el conjunto de obras de infraestructura hidráulica que por sus características de construcción, operación y mantenimiento permiten la captación, conducción, distribución y medición para el suministro de agua a los usuarios y el drenaje secundario.

- **Organizaciones de usuarios de agua (OUA):** Son organizaciones estables de personas naturales y jurídicas que canalizan la participación de sus miembros en la gestión multisectorial y uso sostenible de los recursos hídricos; siendo de interés público su actividad en la gestión de infraestructura hidráulica.

- **Operadores de infraestructura hidráulica mayor:** Para el presente caso es el Proyecto Especial CHINECAS, ubicado en la margen izquierda del río Santa, a través del canal de irrigación Cascajal Nepeña trasvasa las aguas del río Santa al valle del río Nepeña. El Proyecto Especial es una entidad pública que presta el servicio de suministro o abastecimiento de agua del rio Santa, a fin de atender la demanda de usuarios que comparten un punto de captación común en el río; para cuyo efecto tienen a su cargo la operación, mantenimiento y desarrollo de la infraestructura hidráulica mayor construida con fondos del Estado.

- **Balance hídrico:** Es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan a un tramo del sistema y los que salen del mismo, en un

intervalo de tiempo determinado. Sintéticamente puede expresarse por la fórmula:

$$Estado_{t+1} = Estado_t + \sum_{i=1}^{N} Entradas_i - \sum_{j=1}^{M} Salidas_j$$

- **Usuarios de trasvase de las aguas del rio Santa:** Son los usuarios beneficiarios del agua del río Santa mediante la utilización de la infraestructura hidráulica construida por el Proyecto Especial CHINECAS. Comprende a los usuarios organizados en la Junta de Usuarios Nepeña y la demanda poblacional.

- **Plan de aprovechamiento hídrico para el uso multisectorial del agua - valle del río Nepeña:** Promueve el uso sostenible de los recursos hídricos, equilibrando y armonizando la oferta y la demanda de agua, priorizando su uso primario y poblacional, protegiendo el caudal ecológico y propiciando su utilización sectorial eficiente; prevé la integración de las fuentes de agua en cada ámbito territorial (superficial, residuales y subterráneas).

**Figura Nº 12**
**Esquema fluvial del río Nepeña**

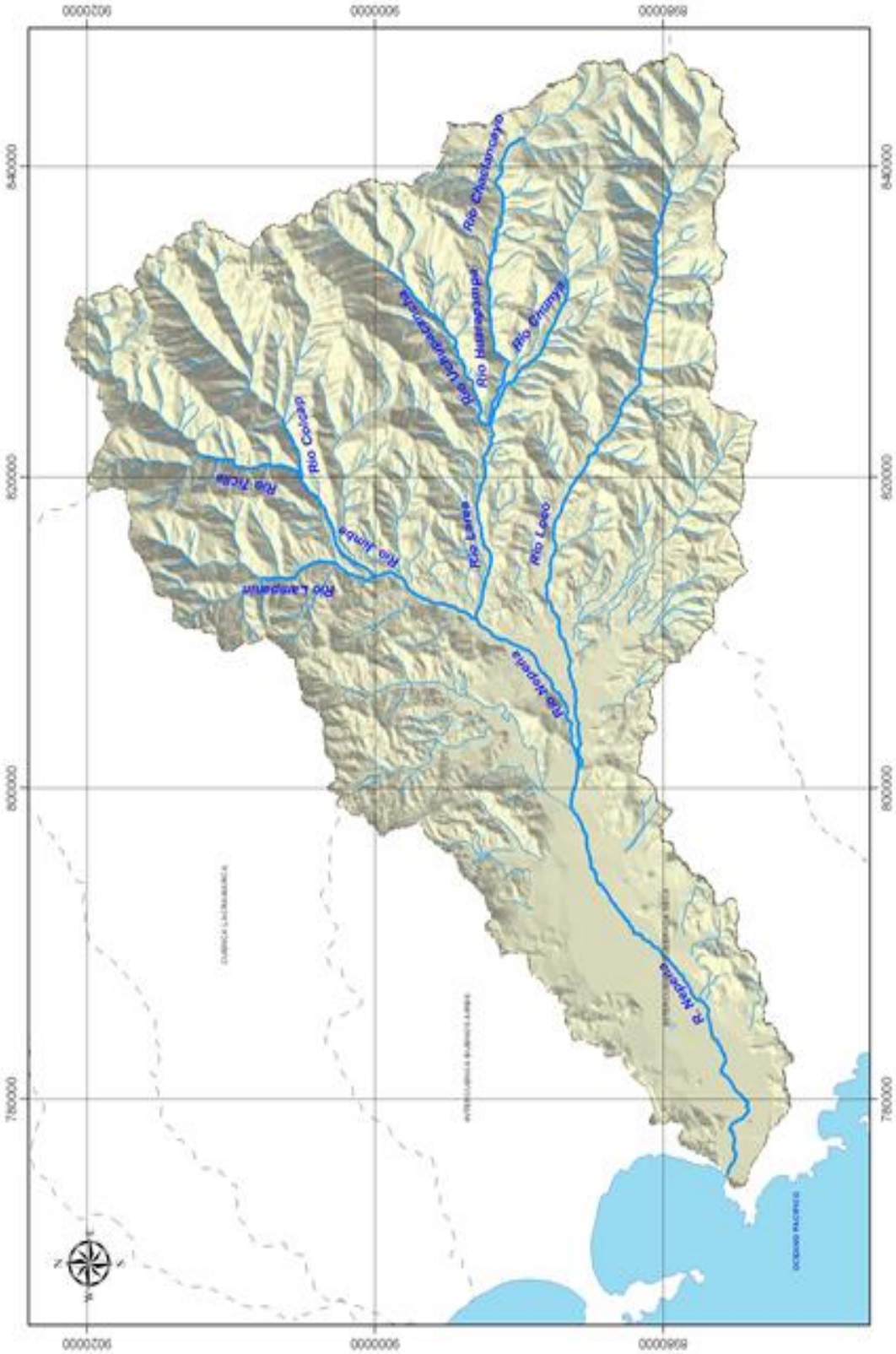


**Figura Nº 13**
**Mapa de la unidad hidrográfica Bajo Nepeña (1375981)**

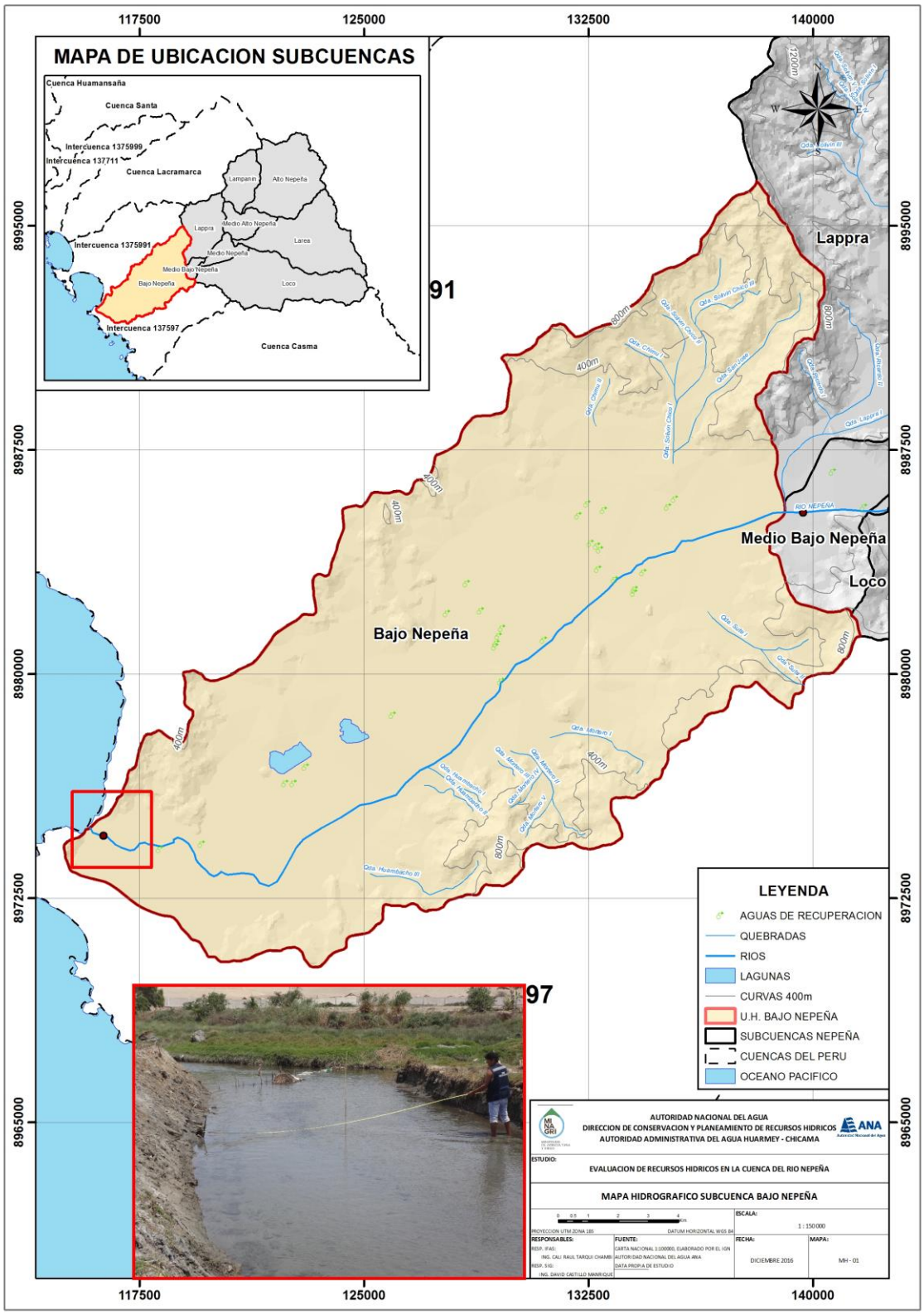
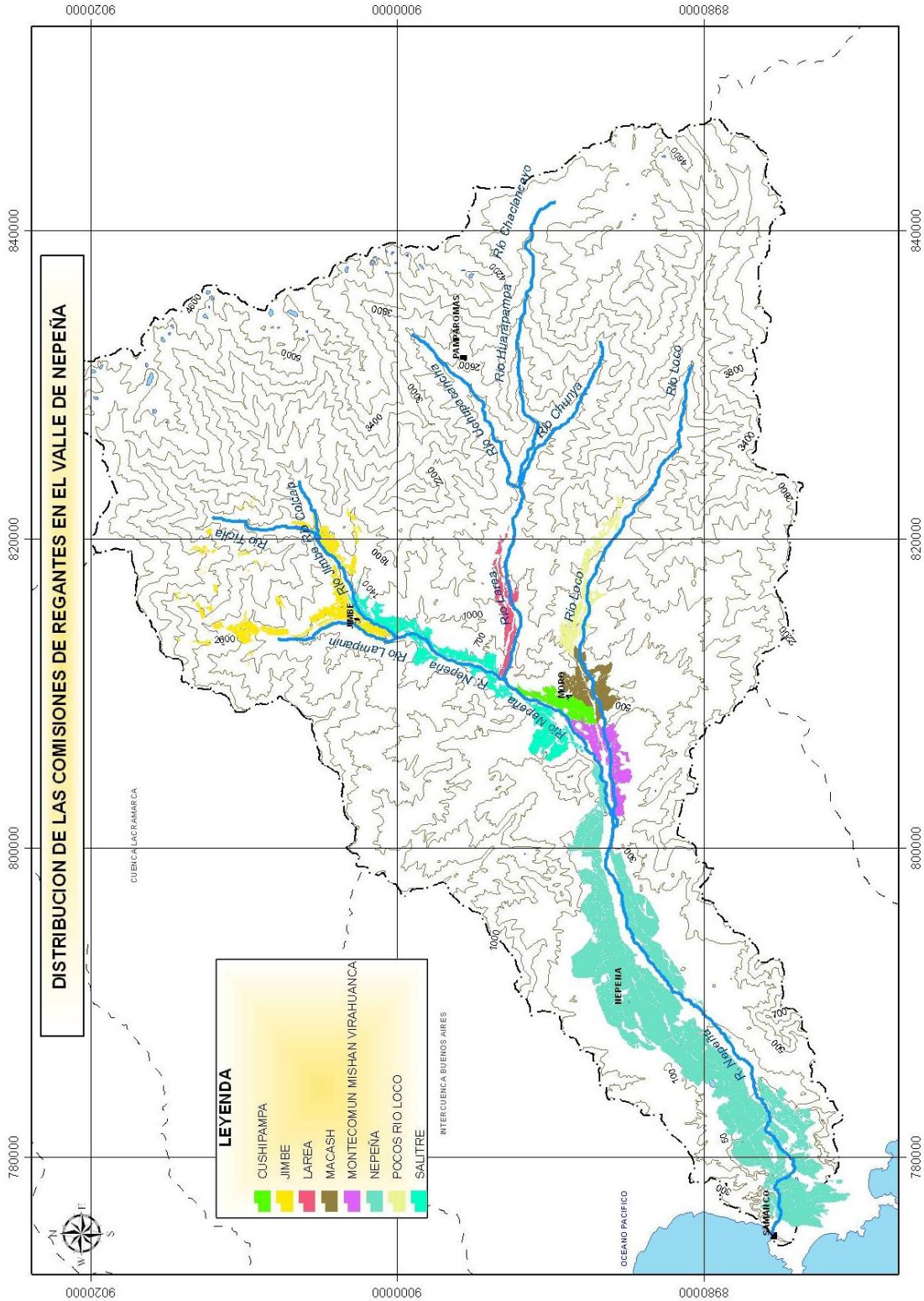



**Figura Nº 14**
**Distribución de las Comisiones de Regantes en el valle Nepeña**