



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

T E S I S

**CONFORMACIÓN DE BLOQUES DE RIEGO PARA
LA ASIGNACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS
VALLES ALTO ANDINOS DEL SECTOR DE RIEGO
CARUMAS, REGIÓN MOQUEGUA**

PRESENTADA POR

BACHILLER LEONEL LEYVIS ALVARES CALIZAYA

ASESOR

ING. URBANO FERMÍN VÁSQUEZ ESPINO

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

MOQUEGUA – PERÚ

2020

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv
CONTENIDO DE TABLAS.....	viii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	ix
CONTENIDO DE APÉNDICES.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2. Definición del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivo de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. Económica.....	4

1.4.2. Social,.....	4
1.4.3. Ambiental	4
1.5. Alcances y limitaciones.....	5
1.5.1. Alcances	5
1.5.2. Limitaciones	5
1.6. Variables.....	5
1.6.1. Variables independientes.....	5
1.6.2. Variables dependientes.....	5
1.6.3. Variables intervinientes.....	5
1.6.4. Operacionalización de variables.....	5
1.6.5. Definición conceptual de las variables.....	6
1.7. Hipótesis de la investigación.....	6
1.7.1. Hipótesis general	6
1.7.2. Hipótesis específicas	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.2. Marco teórico	10
2.2.1. El riego y la producción agrícola	10
2.2.2. Principios de hidrología	16
2.2.3. Gestión del recurso hídrico	19
2.2.4. Comisiones de usuarios en la organización de la distribución del agua ...	23
2.2.5. Licencias de uso de agua con fines agrarios y no agrario en el Perú	23

2.3.	Definición de términos	26
------	------------------------------	----

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1.	Tipo de investigación	30
3.2.	Diseño de la investigación.....	30
3.3.	Población y muestra	30
3.4.	Descripción de instrumentos para recolección de datos.....	35
3.4.1.	Observación directa.....	35
3.4.2.	Observación indirecta.....	36
3.5.	Manejo del experimento.....	36
3.6.	Determinación de resultados.....	36

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación de resultados.....	37
4.1.1.	Bloques de riego en el sector Carumas.....	37
4.1.2.	Balance hídrico en la distribución por bloques en el sector Carumas.....	38
4.1.2.1.	<i>Oferta hídrica</i>	38
4.1.2.2.	<i>Demanda hídrica</i>	43
4.1.2.3.	<i>Balance hídrico</i>	48
4.2.	Contrastación de hipótesis.....	52
4.3.	Discusión de resultados.....	52

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	54
5.2. Recomendaciones.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
APÉNDICES.....	60
MATRIZ DE CONSISTENCIA	81
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	82

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables	3
Tabla 2. Programas de medidas Plan nacional de recursos hídricos del Perú.....	22
Tabla 3. Comisiones usuarios, comunidades campesinas sector riego Carumas..	33
Tabla 4. Comisiones de usuarios del sector de riego Carumas ALA Moquegua..	35
Tabla 5. Bloques de riego y su extensión sector de riego Carumas.....	37
Tabla 6. Delimitación de los bloques de riego del sector de riego Carumas	38
Tabla 7. Oferta hídrica todas las fuentes al 75 % de persistencia sector de riego Carumas.....	43
Tabla 8. Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (Etp) por la fórmula de Hargreaves.....	44
Tabla 9. Cédula de cultivo sector de riego Carumas.....	46
Tabla 10. Coeficiente de cultivo según cédula de cultivo sector Carumas.....	47
Tabla 11. Resumen de eficiencias de riego del proyecto.....	48
Tabla 12. Demanda hídrica de bloques en el sector de riego Carumas.....	49
Tabla 13. Balance hídrico sector de riego Carumas, Bloques: Huataraquena, Cambrune, Sacuaya, Solajo, Saylapa, Carumas y Yojo.....	50
Tabla 14. Balance hídrico sector de riego Carumas, Bloques: Talavacas Sotolojo y Ataspaya.....	51
Tabla 15. Balance hídrico sector de riego Carumas, bloque: Somoa.....	51

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema del cálculo de las necesidades de agua de riego.....	11
Figura 2. Mapa de ubicación del trabajo de investigación	31
Figura 3. Ámbito del sector de riego Carumas	32

CONTENIDO DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A. Tablas	60
Apéndice B. Figuras.....	68
Apéndice C. Fotografías.....	77

RESUMEN

El objeto del presente trabajo constituye una propuesta de conformación de bloques de riego para la asignación del recurso hídrico, en las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, utilizando para ello las estrategias técnicas correspondientes considerando la demanda hídrica de la cédula de cultivo identificado. El resultado final del trabajo permitió identificar 11 bloques de riego con un balance hídrico que demuestra que en los bloques de riego de Talavacas, Sotolojo y Ataspaya existe superávit durante todo el año; además encontramos déficit hídrico en los meses críticos de setiembre a noviembre en los bloques de riego de Huataraquena, Cambrune, Sacuaya, Solajo, Saylapa, Carumas y Yojo y déficit hídrico durante todo el año, excepto los meses de lluvia, de diciembre a marzo en el bloque de riego de Somoa.

Palabras clave: Bloques de riego, balance hídrico, déficit y superávit

ABSTRACT

The purpose of this work is a proposal for the formation of irrigation blocks for the allocation of water resources, in the commissions of users of the Carumas irrigation sector, using the corresponding technical strategies considering the water demand of the identified crop card. The final result of the work allowed to identify 11 irrigation blocks with a water balance that shows that in the Talavacas, Sotolojo and Ataspaya irrigation blocks there is a surplus throughout the year; we also found water deficit in the critical months of September to November in the irrigation blocks of Huataraquena, Cambrune, Sacuaya, Solajo, Saylapa, Carumas and Yojo and water deficit throughout the year, except the rainy months, from December to March in the irrigation block of Somoa.

Keywords: Irrigation blocks, water balance, deficit and surplus

INTRODUCCIÓN

Si bien, Pizarro (1996, p. 69) considera que para la determinación de la demanda de riego, lo deseable es utilizar datos que suministra la experiencia local, manifiesta también que esta adolece de considerar factores que los métodos empíricos si utilizan como: calidad de agua, agua freática, etc.) que pueden modificar los datos que la experiencia suministre acerca de las necesidades de los cultivos.

La disponibilidad de agua es el principal factor limitante de la producción agrícola y ganadera. Esta reducción de disponibilidad del recurso hídrico corresponde indudablemente al cambio climático global y a las malas prácticas de conservación de bosques, agua y suelos por parte del hombre. En este escenario, la eficiencia en el uso del recurso hídrico debe ser una de las actividades prioritarias a considerar, para tratar de contrarrestar los problemas del déficit hídrico. En este sentido, uno de los temas claves que se tienen que realizar, es la eficiencia con la que las plantas usan el agua (Medrano, Bota, Cifre, Flexas, Ribas y Gulías; 2007, p. 63).

El reglamento de la ley de recursos hídricos Ley N° 29338 (MINAGRI, 2009) en su Artículo 91°, respecto a la tecnología ancestral y licencia de uso de agua en bloque de las comunidades campesinas y comunidades nativas, manifiesta que: La Autoridad Nacional del Agua promueve el uso y rescate de las tecnologías, innovaciones, prácticas y conocimientos ancestrales sobre la conservación, la gestión y el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, así como el

otorgamiento de licencias de uso de agua en bloque, a favor de las comunidades campesinas y comunidades nativas.

De igual modo la ley de recursos hídricos en su Artículo 84° referido a régimen de incentivos establece que: La autoridad nacional, en coordinación con el consejo de cuenca, otorgará reconocimientos e incentivos a favor de quienes desarrollen acciones de prevención de la contaminación del agua y de desastres, forestación, reforestación o de inversión en tecnología y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a la protección del agua y la gestión integrada del agua en las cuencas.

Los usuarios u operadores de infraestructura hidráulica que generen excedentes de recursos hídricos y que cuenten con un certificado de eficiencia tienen preferencia en el otorgamiento de nuevos derechos de uso de agua que se otorguen sobre los recursos excedentes (Ley 29338, art. 49. 2009).

En tal sentido, en el presente trabajo, desarrollamos la conformación de bloques de riego para la asignación del recurso hídrico en los valles alto andinos del sector de riego Carumas en la región Moquegua, que favorezca una distribución ordenada y técnicamente del recurso hídrico aportando a la sostenibilidad del recurso hídrico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

La vertiente sur occidental del Perú, es una región con grandes problemas de disponibilidad hídrica, donde las precipitaciones se concentran entre los meses de noviembre y marzo en el mejor de los casos; logrando en el caso de la región Moquegua, precipitaciones promedio de 14,9 mm (SENAMI, 2012) y eso sólo en la parte alto andina.

La distribución o asignación del recurso hídrico a nivel nacional se viene adecuando a la asignación por bloques, basado en la disponibilidad y demanda de agua de riego, considerando factores de eficiencia y otros criterios técnicos (MINAG, DS 041-2004-AG) a lo que los regantes de las comisión de usuarios del sector Carumas todavía no se han adecuado.

La distribución del agua en el sector Carumas, se realiza de forma tradicional, por usos y costumbres, considerando únicamente la experiencia de la comunidad y dado que en el transcurso del tiempo: la cédula de cultivo, condiciones agronómicas y ambientales han cambiado; se prevé que existe un desbalance entre

el agua asignada y la demandada. Esta condición necesita estudiarse para establecer volúmenes de asignación oportunos que aseguren el uso eficiente del recurso con la consecuente reducción de pérdidas o sobre regado.

Es evidente, que los usuarios del sector de riego Carumas, deberán adecuarse a la legislación vigente y lograr las ventajas jurídicas y técnicas de la distribución del recurso hídrico mediante la asignación por bloques de riego. Sin embargo el desconocimiento genera incertidumbre y dificulta su adopción.

1.2. Definición del problema

La asignación del recurso hídrico para las comisiones de usuarios del sector Carumas se realiza mediante la estrategia de usos y costumbres, que obedece a experiencias locales y condiciones de consenso de los productores y no precisamente a la demanda de los cultivos. La estrategia de asignación por bloques de riego, utilizando principios agronómicos, establece procedimientos de asignación y distribución hídrica en volúmenes y periodos oportunos garantizando la satisfacción hídrica de la cédula de cultivo de acuerdo a su comportamiento agronómico incidiendo en la reducción de pérdidas.

1.2.1. Problema general.

¿Cómo, conformar bloques de riego para la asignación del recurso hídrico en los valles alto andinos del sector de riego Carumas, región Moquegua?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Qué comisiones de usuarios constituyen bloques de riego para la distribución del recurso hídrico en las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas?

¿Cuál es el balance hídrico en la asignación por bloques de riego en las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Conformar bloques de riego para la asignación del recurso hídrico, en los valles alto andinos del sector de riego Carumas, región Moquegua.

1.3.2. Objetivos específicos.

Constituir bloques de riego para la asignación del recurso hídrico en las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas.

Determinar el balance hídrico en la asignación por bloques de riego de las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas.

1.4. Justificación

La eficiencia de uso del agua, contribuye a superar los inminentes déficits del recurso hídrico en el mundo y en particular en la región Moquegua, donde las

condiciones ambientales favorecen la presencia de un clima árido con limitaciones hídricas. La asignación del recurso hídrico mediante bloques de riego, utiliza principios agronómicos para la determinación de la demanda hídrica de los cultivos (volúmenes, oportunidad, sistema de riego, calidad de agua, etc), de este modo optimizar el uso del agua, evitando pérdidas por la asignación no técnica.

1.4.1. En lo económico.

El trabajo se justifica económicamente, porque al distribuir adecuadamente el recurso hídrico permitiría optimizar su uso generando mejoras en la producción y por ende en la rentabilidad de la actividad.

1.4.2. En lo social.

En lo social favorecerá la integración de los usuarios en grupos autogestionarios, facilitando el manejo del agua frente a un sistema actual, socialmente complejo.

1.4.3. En lo ambiental.

Ambientalmente, el uso racional del agua favorece la reducción de la erosión, lavado de suelos y otras afectaciones.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances.

La investigación busca identificar las condiciones de distribución del recurso hídrico superficial y proponer una alternativa eficiente de distribución que

beneficiaría a los usuarios de las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, parte de la microcuenca Cuchumbaya y parte de microcuenca de San Cristóbal – Calacoa.

1.5.2. Limitaciones.

Escaso interés por parte de los usuarios por mejorar las condiciones de distribución del recurso hídrico.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente.

Asignación del recurso hídrico

1.6.2. Variables dependientes.

Bloques de riego

Balance hídrico

1.6.3. Operacionalización de las variables.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumentos
Independiente:				
Asignación del recurso hídrico		Volumen	m ³	Determinación
Dependiente:				
Bloque de riego		Bloques	n°	Determinación
Balance hídrico		Volumen	m ³	Determinación

1.6.4. Definición conceptual de las variables.

1.6.4.1. Variable independiente.

Asignación del recurso hídrico: García (2000, p. 522) manifiesta que “el principio fundamental sobre el que descansa el sistema de regulación de las aguas es la atribución de todas ellas, tanto superficiales como subterráneas, al sistema público, de forma que la propiedad de todas las aguas que forman parte del ciclo hidrológico corresponde al dominio público y queda recogida bajo la denominación de dominio público hidráulico. Así, salvo en contadas excepciones, la asignación del agua se traduce en la asignación del derecho a la utilización del agua y no a la propiedad”.

1.6.4.2. Variables dependientes.

Bloque de riego: Unidad de demanda, conformada por un conjunto de predios de uso agrario o unidades agrícolas productivas que tienen en común, el origen del recurso hídrico, una estructura hidráulica de captación, distribución y/o regulación.

Balance hídrico de la oferta y la demanda con distribución tradicional: El balance hídrico se realiza utilizando datos reales o simulados de precipitación e información climatológica, con el fin de calcular el requerimiento hídrico de una zona en particular (Cleves, Toro y Martínez, 2016, p. 151).

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

La conformación de bloques de riego para la asignación del recurso hídrico, en los valles alto andinos del sector de riego Carumas, se adecuan a las condiciones técnicas y normativas de distribución del agua.

1.7.2. Hipótesis específicas.

Es posible constituir bloques de riego para la asignación del recurso hídrico en las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas.

El balance hídrico en la asignación por bloques de riego de las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, demuestra el equilibrio del uso de agua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Miranda (2016) en su investigación realizada en el sector bajo del Valle de Chicama provincia de Trujillo, titulada “Asignación de agua en bloques de riego frente a la baja eficiencia de distribución en el valle de Chicama”, tiene por objetivo determinar la asignación de agua en bloques de riego, con la finalidad de obtener volúmenes de agua para mejorar la eficiencia de distribución de agua en el valle Chicama - parte baja. Los resultados obtenidos, indicaron que la disponibilidad de agua es de 821,503 MMC de los cuales 7,54 corresponden a uso poblacional y 813,96 MMC para fines agrarios los que se asignan a 43 629,45 ha, concluye que la oferta del recurso hídrico otorgado no cubre las necesidades que requieren las cédulas de cultivo del distrito.

Domínguez, Rivera, Vanegas y Moreno (2014) en su trabajo de investigación titulado “Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano” donde se estudia la oferta hídrica colombiana y la demanda potencial de agua por parte de

los sectores productivos, relacionando ambos factores y se determina un indicador del nivel de presión sobre los recursos hídricos, expresada en porcentaje que se denomina índice de escasez de agua superficial. Se concluye así: Las relaciones demanda-oferta de agua para los sectores socioeconómicos de Colombia constituyen un indicador del estado del recurso hídrico en el país, y los valores mediante el índice de escasez de agua permite concluir que las magnitudes de demanda y de oferta máximas no coinciden en el espacio, ocasionando conflicto y altos niveles de presión sobre el recurso hídrico y que esta situación es el resultado de una planeación con mecanismos inapropiados de asignación del agua; igualmente proponen que la solución ante tal contexto consiste en el fortalecimiento de la gestión integral del recurso hídrico, especialmente en las estrategias no sólo de protección de la oferta hídrica existente, de la expansión de las redes hidrométricas y de otros mecanismos de seguimiento del recurso, sino también de reducción de la demanda de agua.

Castillo y Inoñan (2018) en su trabajo de tesis denominado “Determinación del balance hídrico en la cuenca del río Chicama, región La Libertad, 2016” teniendo como objetivos: Determinar la disponibilidad hídrica de aguas superficiales y subterráneas; determinar la distribución espacial y temporal de la demanda de agua para uso agrícola, poblacional, industrial y minero; determinar la distribución espacial y temporal de la oferta de agua en la cuenca del río Chicama y determinar, calibrar y validar el balance hídrico en escenario actual. Utilizando registros históricos de precipitación, descarga (caudal), temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad de viento, humedad relativa, horas de sol que existen en las instituciones estatales ligadas a la gestión y manejo de los recursos

hídricos, En base al análisis de la información concluyen que: Existe una demanda de 999,39 MMC de agua y una oferta de 853 MMC, es decir un déficit de 146,4 MMC, (solamente en la parte baja de la cuenca del río Chicama se obtuvieron un déficit de 121 MMC); en la cuenca del río Chicama, calcularon una demanda agrícola de 978,4 MMC por año, una demanda poblacional de 18,56 MMC por año, una demanda industrial de 2,2 MMC por año; finalmente obtienen una demanda minera de 0,225 MMC por año. Que la zona donde se concentra la mayor demanda de agua es en la parte baja (90,38 % del total de la cuenca, esto debido a que en esa zona donde se encuentra la mayor cantidad de hectáreas para uso agrícola y también por la poca presencia de lluvias en la zona costera). Que de acuerdo a los registros históricos de la estación Salinar, el río Chicama cuenta con un promedio de 21,7 m³/s, es decir, de aproximadamente de 684 MMC por año y entre los meses de enero a abril, se concentra cerca del 76,92 % del total anual de agua del río Chicama.

2.2. Marco teórico

2.2.1. El riego y la producción agrícola.

La agricultura irrigada es la única alternativa para el desarrollo de muchos espacios rurales, donde se practica una agricultura rentable económica y socialmente (Fernández, Ávila, López, Gavilán y Oyonarte (2010, p. 10). Por otra parte el riego es la labor agrícola que consisten en completar la fracción de la demanda hídrica no satisfecha por las lluvias si éstas se dan o satisfacerla en su totalidad cuando no existen (Gómez, 2010, p. 22).

Carrazón (2007) identifica al riego como una actividad cooperativa que involucra personas y que por tanto constituye una fuente potencial de conflictos. Manifiesta asimismo que el riego debe considerarse una herramienta para potenciar la capacidad productiva y no como un fin en sí mismo.

2.2.1.1. Demanda hídrica de los cultivos.

El cálculo de las necesidades de agua puede hacerse en base a información se obtienen con la experiencia local o mediante métodos empíricos que, en general, evalúan la evapotranspiración a partir de registros climáticos y otros factores, Siendo la primera la más deseable, sin embargo, debe considerarse una serie de factores que consideran los métodos empíricos (calidad de agua, agua freática, etc) que pueden modificar los datos que la experiencia suministre acerca de las necesidades de los cultivos (Pizarro, 1996, p. 69).

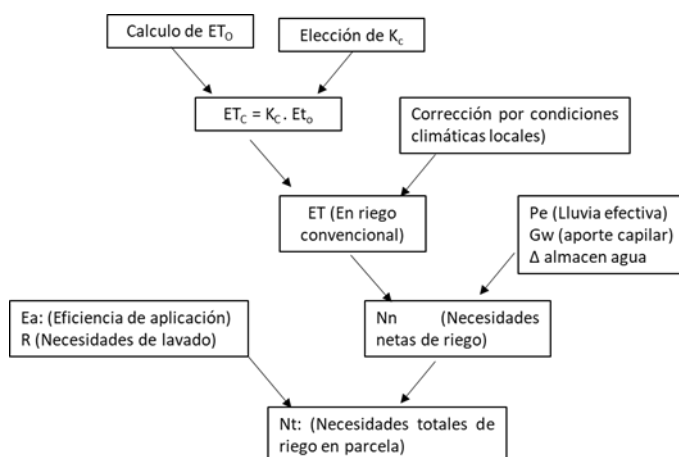


Figura 1. Esquema del cálculo de las necesidades de agua de riego
Fuente: Pizarro, 1996

Las necesidades hídricas de los cultivos constituyen los volúmenes de agua que se precisa adicionar en el riego para compensar el déficit de humedad del suelo durante un período vegetativo y se considera que están representados por la suma

de la evaporación directa desde el suelo más la transpiración de las plantas que es lo que se conoce como evapotranspiración (Mendoza, 2013, p. 16).

La transpiración se desarrolla en dos etapas: Evaporación del agua desde las paredes de las células del mesófilo a los espacios aéreos del mesófilo y difusión del vapor de agua desde los espacios aéreos y del interior de la planta hacia el exterior, principalmente a través de los estomas que a la vez son la vía de entrada de CO₂ que se utiliza en la fotosíntesis y, en general, la vía mayoritaria de intercambio gaseoso de la planta (Vázquez et al, 2017, p. 174).

El consumo de agua de un cultivo se relaciona a la tasa de evapotranspiración (ET) correspondiente, en un lugar determinado y manejo agronómico concreto; la ET se mide directamente mediante lisímetros y de modo indirecto mediante métodos micro meteorológicos (investigación), también puede estimarse mediante modelos, más o menos empíricos, a partir de registros de variables climáticas (Santos, Valero, Picornell, y Tarjuelo, 2010, p. 12).

Los métodos empíricos utilizados para la determinación de las necesidades hídricas pasan por determinar la evapotranspiración de referencia pudiendo usarse para ello el método del tanque evaporímetro, fórmulas empíricas (Blaney – Criddle, Turc, Thornthwite, Hargreaves) o programas informáticos, como el CROPWAT, de la FAO, basado en la fórmula de Penman – Monteith (Mendoza, 2013, p. 17).

Método de Hargreaves: Para este método se necesita información climática como temperatura media, radiación medida y calculada, radiación extraterrestre equivalente, factor de latitud mensual, humedad relativa además de la altitud

respecto al nivel del mar. Los cálculos de la evapotranspiración potencial pueden ser en base a la radiación y temperatura (Vásquez et al (2017, p. 185).

- **En base a la radiación**

Basado en datos registrados de radiación solar:

$$ETP = 0,004 \times TMF \times RS$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/mes),

RS: Radiación solar media mensual (cal/cm²/día), medida, y

TMF: Temperatura media mensual en grados Fahrenheit (°F), medida:

$$TMF = \frac{9}{5} \times T_{media} (^{\circ}C) + 32$$

Basado en datos de radiación solar equivalente

$$ETP = 0,0075 \times RSM \times TMF$$

Donde:

RSM: Radiación solar equivalente en mm evaporación mensual (mm/mes)

$$RSM = 0,075 \times RMM \times S^{0,5}$$

RMM: Radiación extraterrestre equivalente de evaporación (mm/mes)

$$RMM = Ra \times DM$$

Ra: Radiación extraterrestre equivalente, evaporación diaria (mm/día) Tabla

DM: Número de días del mes que se analiza.

S: Porcentaje de horas de insolación (%) $S = \frac{n}{N} \times 100$

- **En base a temperatura**

$$ETP = MF \times TMF \times CH \times CE$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/mes)

MF: Factor mensual de latitud, se obtiene de la tabla

TMF: Temperatura media mensual (°F), medida

CH: Factor de corrección para la humedad relativa, $CH = 0,166 (100 - HR)$

HR: Humedad relativa media mensual (%), medida (Si, $HR > 64\%$, se emplea la fórmula anterior, en caso $HR < 64\%$, $CH = 1$)

CE: Factor de corrección para la altura o elevación del lugar

$$CE = 1 + 0,04 \times \frac{E}{2000}$$

E: Altitud o elevación del lugar (msnm)

La fórmula de Penman – Monteith: Para estimar la evapotranspiración potencial o de referencia (ETP) mediante la fórmula de Penman se basan en estudios de la FAO y se utilizan en lugares donde se cuenta con información climática de temperaturas, humedad, velocidad de viento entre otras variables, Vásquez (2017, p. 194) recomienda el procedimiento expuesto líneas abajo, basado en propuesta de la FAO).

$$ETP = c [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (P_{sv} - P_{va})]$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/día)

c: Factor de corrección para compensar los efectos del clima; durante el día y la noche (Tabla)

W: Factor de ponderación, que considera el efecto de la radiación sobre la ETP a diferentes temperaturas y altitudes (en tabla)

R_n: Radiación neta en equivalente de evaporación (mm/día);

f(u): Función relacionada con el viento;

Psv: Presión saturante del vapor (mb);

Pva: Presión del vapor medio del aire (mb)

Softwariego (s,f,) recuerda que el CROPWAT es el programa informático de la FAO que utilizando la fórmula de Penman, permite obtener el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos; y es un programa gratuito disponible en la web de la FAO siendo la última versión la 8,0 ofreciendo información agroclimáticos de más de 5000 estaciones en todo el mundo. También es posible utilizar información específica para un proyecto en particular; siendo la base de datos muy útil cuando no se disponen de un área en concreto o como aproximación cuando se toma de una zona similar.

El requerimiento hídrico para el riego es la diferencia entre la demanda del cultivo y el aporte de las precipitaciones. También incluye la lámina de lavado de sales y el adicional factores de eficiencia de riego (Briceño, Álvarez y Barahona; 2012, p. 33).

2.2.1.2. Tecnología del riego.

Se entiende por método de riego al conjunto de aspectos que caracterizan el modo de aplicar el agua a las parcelas, y se entiende por sistema de riego al conjunto de equipos y técnicas que ejecutan esa aplicación a través de un método dado (Santos et al, 2010, p. 112).

Los métodos de riego son las diferentes formas que existen para aplicar el agua. Estos métodos evolucionaron significativamente con el tiempo, basados en

los niveles estacionales del agua en los ríos, hasta la total tecnificación y automatizados, utilizando la ciencia agronómica, hidráulica y electrónica (Fernández et al., 2010, p. 15).

Periera y Trout (1999) citado por Santos et al. (2010) clasifican a los métodos de riego como:

- ***Riego de superficie o por gravedad:*** Denominado riego por inundación con surcos cortos o en melgas con nivelado de precisión, el riego por sumersión en parcelas de arroz, el riego por infiltración en surcos o en fajas y el riego por escorrentía libre.
- ***Riego por aspersión:*** Son sistemas estáticos fijos o móviles dispuestos en cuadrícula y pueden ser: de cañón con lateral móvil, pivotante o desplazamiento lineal.
- ***Riego localizado o microrriego:*** Realizado por goteo, difusores o borboteadores, por tubos perforados o porosos, la microaspersión y el riego sub-superficial por tubos perforados y tubos porosos.
- ***Riego subterráneo:*** Realizado en profundidad por la capa freática.

2.2.2. Principios de hidrología.

Dingman (1994) citado por Breña y Jacobo (2016, p. 10) definen a la hidrología como “La ciencia que se enfoca al ciclo hidrológico global y a los procesos involucrados en la parte continental de dicho ciclo, es decir, es la geociencia que

describe y predice: 1. Las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global y; 2. El movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre, incluyendo los procesos químicos, físicos y biológicos que tienen lugar a lo largo de su trayectoria”

La cuenca es la superficie donde las precipitaciones se transfieren a las partes bajas a través del drenaje, luego el agua recorre hacia un sistema colector que discurre hacia otras cuencas o finalmente al océano. La cuenca junto con los acuíferos, son las unidades fundamentales de la hidrología. Existen dos tipos de cuencas: las endorreicas que son cerradas y el punto de salida se ubica dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago, y las exorreicas donde el punto de salida se localiza en los límites de la cuenca y a su vez la descarga se discurre hacia una corriente o en el mar) (Breña y Jacobo, 2016, p. 23). Los parámetros característicos de mayor interés de una cuenca:

- Parteaguas: Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa dos cuencas adyacentes, constituyendo los límites entre las mismas.
- Área de la cuenca: Es la proyección del parteaguas a un plano horizontal, caracterizándose así el tamaño de la cuenca. El valor del área se obtiene de los mapas topográficos a través del uso del planímetro o de otros métodos.
- Corriente principal: Es la corriente de mayor longitud que pasa por la salida de la cuenca hidrológica.

- Corrientes tributarias: Serie de corrientes tributarias con diferente grado de bifurcación. Orden de corrientes, se determina a partir del grado de bifurcación de las corrientes tributarias:
 - a) Corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones
 - b) Corriente de orden 2 solo tiene corrientes de orden uno
 - c) Y así sucesivamente dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 2 forman una de orden 3, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc.

- Longitud del eje mayor de la cuenca: Es la máxima longitud que va desde el punto de la descarga o salida de la cuenca al punto más lejano de la cuenca. Este parámetro es importante, ya que da una idea de la forma de la cuenca. Los procesos hidrológicos, por ejemplo el escurrimiento superficial, responden de manera diferente en una cuenca alargada que a la que se aproxima a una forma circular.

- Ancho de la cuenca: Es la longitud perpendicular a la longitud del eje mayor de la cuenca y para su estimación se miden las longitudes perpendiculares representativas de cada parte de la cuenca, tomando como referencia la recta que se ha trazado para la longitud del eje mayor,

- Orientación de la cuenca: Es el ángulo de orientación a partir del norte geográfico y para su determinación se toma como punto de referencia la descarga o salida de la cuenca y utilizando la recta que representa a la longitud del eje mayor, se determina el ángulo de la orientación a partir del norte geográfico.

Este parámetro es importante, ya que los sistemas de circulación atmosférica son fundamentales en lo que respecta al régimen pluviométrico de una cuenca.

- Índice de forma: Es la relación del perímetro de la cuenca entre el perímetro que tendría un círculo con el mismo valor de área. Con este parámetro se determina cuanto se aleja la forma de la cuenca de un círculo.
- Relación de alargamiento: Es la relación del diámetro de un círculo que tiene el mismo valor de área de la cuenca entre la longitud del eje mayor.

2.2.3. Gestión del recurso hídrico.

Los recursos hídricos conforman un activo económico y debe ser gestionado con eficiencia y de manera sostenible, sin embargo el análisis económico siempre tienen un papel subordinado en los criterios y métodos de asignación del recurso hídrico (Gómez, 2008, p. 23), estando este papel compatible con el consenso político dominante, según el cual la política de gestión del agua debe jugar un papel instrumental, orientado a la provisión de un conjunto de servicios que, bien son esenciales para la vida o bien tienen un carácter estratégico para la economía (Saleth et al., 1999, citado por Gómez, 2008, p. 23) cuya demanda, en consecuencia, escapa al ámbito de la política de gestión del agua. En ese contexto, la política del agua, orientada a la provisión pública de servicios de agua a precios subsidiados, ha aislado a las instituciones y a los usuarios del agua de la influencia de las fuerzas del mercado.

Para Obando (2016, p. 5) la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y el enfoque ecosistémico (EE), respectivamente, y cita, que el Artículo 6° del regla

mento de la LRH (DS N° 001-2010-AG, 23/mar/2010) define la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH), como “un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del uso y aprovechamiento multisectorial del agua con los recursos naturales vinculados, en el ámbito de la cuenca hidrográfica y está orientado a lograr el desarrollo sostenible del país sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas, Según la “unión mundial para la naturaleza y de los recursos naturales-UICN (2006) enfoque ecosistémico es la estrategia utilizada para la gestión integral de los recursos naturales (suelo, aguas y recursos vivos) promoviendo la conservación y el uso sostenible y equitativo.

La Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB), firmada por 188 países, ha respaldado el EE, como su primer marco de acción, considerando que el EE coloca a la gente que vive en los ecosistemas y a sus medios de vida en el centro de las decisiones sobre la gestión y la protección; todos los países latinoamericanos son partes contratantes de la convención (Obando, 2016, p. 5).

El enfoque ecosistémico para la gestión del agua complementa el pensamiento actual sobre la GIRH, y ambos son consistentes entre sí. Los principios del EE tienen el potencial de complementar y enriquecer la práctica de la GIRH (Obando, 2016, p. 5).

Con el objeto de enmarcar las medidas de actuación que se proponen en el PNRH (Plan nacional de recursos hídricos del Perú), se han utilizado los instrumentos de la planificación que marca la LRH: políticas y estrategias, que se

orientan a conseguir los objetivos que se definen en la PENRH (MINAGRI-ANA, 2013, p. 167) y que son los siguientes:

- Lograr la conservación de los ecosistemas y los procesos hidrológicos, así como la determinación y planificación de la oferta y disponibilidad hídrica para optimizar la atención de la demanda.
- Recuperar y proteger la calidad de los recursos hídricos, y fiscalizar los agentes contaminantes.
- Atender de manera oportuna la demanda de recursos hídricos para garantizar el acceso al agua como derecho humano.
- Promover una cultura del agua por la paz para lograr la gestión integrada de los recursos hídricos con un enfoque solidario.
- Identificar la variedad climática y sus impactos sobre los recursos hídricos para promover la adaptación al cambio climático y disminuir la vulnerabilidad frente a los eventos extremos.

Se han identificado 30 programas de medidas, estructurados siguiendo los instrumentos de la planificación definidos, es decir, se han organizado por estrategias y por políticas, para que las soluciones estén alineadas con la legislación de aguas vigente, que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

Programas de medidas del Plan nacional de recursos hídricos del Perú

Política Nacional de Recursos Hídricos	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos	Programas de medidas
1. Gestión de la cantidad	1. Mejora del conocimiento de recursos y demandas	1. Implantación de una red hidro meteorológica nacional, 2. Aumento del conocimiento de las aguas subterráneas, 3. Implantación del Sistema Nacional de Información de la Cantidad de Agua,
	2. Mejora de la eficiencia del uso del agua y gestión de la demanda	4. Control y medición de la demanda, 5. Mejoramiento de los sistemas de conducción y distribución del agua, 6. Tecnificación del riego, 7. Ampliación sostenible de la frontera agrícola
	3. Aumento de la disponibilidad del recurso	8. Incremento de la regulación superficial de los recursos hídricos y de la transferencia de recursos entre cuencas, 9. Reforestación de cabeceras de cuenca, 10. Eliminación sobreexplotación de acuíferos, 11. Reuso de aguas residuales tratadas y desalinización de agua de mar
2. Gestión de la calidad	4. Mejora del conocimiento de la calidad de las aguas	12. Mejora del conocimiento de la calidad de las aguas superficiales, 13. Mejora del conocimiento de la calidad de las aguas subterráneas, 14. Supervisión y fiscalización de vertimientos de aguas residuales, 15. Regulación normativa de la calidad de las aguas y buenas prácticas en el uso del agua,
	5. Mejora y ampliación de la cobertura de los servicios de Saneamiento	16. Aumento de la cobertura de agua potable, 17. Aumento de la cobertura de alcantarillado 18. Aumento de la cobertura de tratamiento de aguas residuales
3. Gestión de la Oportunidad	6. Implementación de la gestión Integrada de recursos hídricos	19. Fortalecimiento institucional de la GIRH, 20. Fortalecimiento administrativo de la GIRH, 21. Implementación de la GIRH en cuencas transfronterizas
	7. Desarrollo de riego y saneamiento en zonas de pobreza	22. Desarrollo de riego y saneamiento en zonas de pobreza
4. Gestión de la cultura del agua	8. Coordinación institucional y gobernanza hídrica	23. Consolidación de la GIRH 24. Hidrosolidaridad y gobernanza hídrica,
	9. Educación ambiental y cultura del agua	25. Consolidación para una cultura del agua, 26. Comunicación, difusión y sensibilización de actores de la GIRH,
5. Adaptación al cambio climático y eventos extremos	10. Adaptación al cambio Climático	27. Mejora del conocimiento de los efectos del cambio climático, 28. Medidas de adaptación al cambio climático,
	11. Gestión del riesgo por eventos extremos	29. Gestión de riesgos de inundación, huaicos y deslizamientos 30. Actuaciones en situación de alerta por sequías

Fuente: MINAGRI-ANA, 2013, p. 168

2.2.4. Comisiones de usuarios en la organización de la distribución del agua.

Las organizaciones de usuarios de agua para riego son organizaciones estables de personas naturales y jurídicas, sin fines de lucro, que canalizan la participación de sus miembros en la gestión multisectorial y uso sostenible de los recursos hídricos (Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos, 2009).

La comisión de usuarios: es el nivel intermedio de las organizaciones de usuarios de agua y está conformado por usuarios de agua organizados sobre la base de un subsector hidráulico. Los comités de usuarios que se encuentran dentro del subsector hidráulico de una comisión de usuarios pueden formar parte de dicha organización (Núñez, 2015).

2.2.5. Licencias de uso de agua con fines agrarios y no agrario en el Perú.

2.2.5.1. Base legal para el otorgamiento de los derechos de agua.

Ley N° 29338 “Ley de Recursos Hídricos” del 30 de marzo de 2009:

- Artículo 45° “Los derechos de uso de agua otorgados son Licencia, Permiso y Autorización de uso de agua” – Título IV: Derechos de uso de agua.
- Artículo 51° “Licencia de uso en Bloque” – Título IV: Derechos de uso de agua.
- Resolución Jefatural N° 0546-2009-ANA, Aprueba la delimitación de los ámbitos territoriales de las Autoridades Administrativas del agua.
- Decreto Supremo N° 039-2008-AG, “Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua” y su reglamento.

- Decreto Supremo N° 021-2007-AG, Creación de del Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua (RADA).
- D,S, N° 041-2004-AG, “Disposiciones para la ejecución del Programa Extraordinario de Formalización de Derechos de Uso de Agua con Fines Agrarios – PROFODUA”.
- R,M, N° 0498-2003-AG, “Políticas y estrategia de Riego en el Perú”.

La Ley de Recursos Hídricos (2009), en su Art. 45° establece los derechos de uso de agua son los siguientes: licencia de uso, permiso de uso y autorización de uso de agua” el Art. 47° dice: la licencia de uso del agua es un derecho de uso mediante el cual la autoridad nacional, con opinión del consejo se cuenca respectivo, otorga a su titular la facultada de usar este recurso natural, con un fin y en un lugar determinado, en los términos y condiciones previstos en los dispositivos legales vigentes y en la correspondiente resolución que la otorga”.

La Resolución jefatural N° 0546-2009-ANA (ANA, 2009), aprueba la delimitación de los ámbitos territoriales de las Autoridades Administrativas del Agua, de acuerdo al estudio elaborado por la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, según el cual la Autoridad Nacional del Agua cuenta con catorce (14) órganos desconcentrados.

El decreto supremo 021-2007-AG “Creación del registro administrativo de derechos de uso de agua (RADA), con la finalidad de inscribir en forma diferenciada, a nivel nacional, las licencias, autorizaciones y permisos para el uso de agua, con su respectivas actualizaciones, mantenimiento y extinciones.

El Decreto Supremo N° 039-2008-AG, aprueba el Reglamento de Organización y funciones de la Autoridad Nacional del Agua; la cual norma la naturaleza, finalidad, funciones, estructura orgánica, régimen laboral y económico de la Autoridad Nacional del Agua, siendo sus disposiciones de aplicación a nivel nacional.

La Resolución Ministerial 0498-2003-AG, aprueba el documento: “Políticas y Estrategia Nacional de Riego en el Perú”, la que se aplicará en los próximos 10 años; en el tema V: Derechos de agua en bloque, en las políticas se indica: “Propiciar el otorgamiento de derechos de uso de agua en bloques de riego sobre la base de una dotación básica de hasta 10 000 m³ por hectárea año”, también se indica: “Regular el otorgamiento de dotaciones de agua adicionales al básico, de acuerdo a la disponibilidad de agua y la demanda de los usuarios, hasta un límite máximo que cautele el uso eficiente del agua y la protección del agua y del suelo”; en las estrategias se indica: “Establecer el Programa de Regularización de Derechos de agua para la implementación progresiva de los derechos por bloque ...”.

El D.S. N° 041-2004-AG, establece las disposiciones o procedimientos para la ejecución del Programa Extraordinario de Formalización de Derechos de Uso de Agua con Fines Agrarios (PROFODUA).

2.2.5.2. Los derechos de uso de agua según la Ley de Recursos Hídricos.

La ley de recurso hídricos (Ley Nro. 29338, 2009, Art. 44) sobre derechos de uso de agua, indica que para usar el recurso agua, salvo el uso primario, se requiere contar con un derecho de uso otorgado por la Autoridad Administrativa del Agua con participación del Consejo de Cuenca Regional o Interregional, según

corresponda. Los derechos de uso de agua se otorgan, suspende, modifican o extinguen por resolución administrativa de la Autoridad Nacional, conforme a ley.

a) Clases de derecho de uso de agua

Los derechos de uso de agua son los siguientes:

- Licencia de uso
- Permiso de uso
- Autorización de uso de agua

b) El permiso de uso de agua de superávit

Ley N° 29338, art. 58 establece que el estado mediante la autoridad nacional del agua declara superávit hídrico cuando se cubre la demanda de los titulares de las licencias de uso del sector o distrito hidráulico. La autoridad nacional con opinión del consejo de cuenca otorga al titular la autorización para usar una cantidad determinada de agua proveniente de fuente natural. El permiso de uso de agua para épocas de superávit hídrico es un derecho de duración indeterminada y de ejercicio eventual.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Distribución del recurso hídrico.

Los partícipes en el aprovechamiento de agua de un origen común han tenido siempre la necesidad de establecer sistemas de reparto que garanticen el buen reparto de las aguas. El conjunto de acequias que distribuye el flujo de la misma

fuelle (río, manantial...) compone una red y es preciso definir reglas para regir la distribución de forma que hasta las heredades más alejadas de la captación reciban su parte proporcional de agua (Guzmán, 2010, p. 167).

2.3.1.1. Asignación por usos y costumbres.

Los representantes de los sistemas de riego del Valle Alto, en Cochabamba Bolivia manifiestan que “Son los derechos naturales que Dios ha dado al hombre, es como antes manejaban, lo que heredamos de los patrones que ya manejaban según usos y costumbres, era costumbre desde el principio. En el agua nadie puede atropellar, el agua está caminando según uso y costumbres, como un camino que se abre caminando por ahí siempre, por el hecho de que una comunidad pertenece a una determinada cuenca y eso con el transcurso del tiempo día a día, mes tras mes entonces es como si fuéramos dueños, es una ley pero no está traducido en papel”, (Bustamante y Vega, 2003, p. 41).

La ley de recursos hídricos manifiesta que el estado respeta los usos y costumbres de las comunidades campesinas y comunidades nativas, así como su derecho de utilizar las aguas que discurren por sus tierras, en tanto no se oponga a la ley, además promueve el conocimiento y tecnología ancestral del agua (Ley N° 29338, 2009, Título preliminar, principio III, artículo 5).

Las Comunidades tienen derecho a utilizar las aguas existentes o que discurren por sus tierras, así como sobre las cuencas de donde nacen esas aguas; tanto para fines económicos, de transporte, de supervivencia y culturales. En el marco de lo establecido en la constitución política del Perú, la normativa sobre

comunidades y la Ley y los tratados internacionales, como el Convenio 169 de la OIT. Este derecho de agua de las comunidades campesinas es imprescriptible, prevalente y se ejerce de acuerdo con los usos y costumbres ancestrales de cada comunidad (Schaeffer, 2013).

2.3.1.2. Asignación por bloques de riego.

Respecto a la licencia de uso de agua en bloque, la ley de recursos hídricos (Ley N° 29338, 2009, Art, 51°) manifiesta que se puede otorgar licencia de uso de agua en bloque para una organización de usuarios de agua reconocida, integrada por una pluralidad de personas naturales o jurídicas que usen una fuente de agua con punto de captación común. Y que las organizaciones titulares de licencias de uso de agua en bloque emiten certificados nominativos que representen la parte que corresponde de la licencia a cada uno de sus integrantes.

2.3.2. Balance hídrico.

Fuentes y García (2003) definen balance hídrico como el resultado de las aportaciones y de las pérdidas de las plantas, Apollin y Eberthard (1998) definen el balance hídrico como un proceso que representa los mecanismos físicos y biológicos que intervienen en la práctica del riego de los cultivos, considerando como factor de evaluación el balance oferta demanda.

Cleves et al. (2016, p. 151), afirma que en el caso de un suelo con vegetación, el balance hídrico agrícola, simplificado se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = ET + \Delta HS + I + E$$

Donde:

P: Precipitación (más riego, si se suministra)

ET: Evapotranspiración

ΔHS : Cambios de la humedad del suelo: (hume final – Humedad inicial)

I: Infiltración en las capas profundas

E: Escorrentía

2.3.3. Excedente hídrico.

La diferencia entre la demanda y la oferta hídrica constituye el déficit o excedente cuando el resultado es positivo, para determinarlo se utiliza la siguiente fórmula básica (Apollin y Eeberthard, 1998, p. 90).

$$\text{Déficit o excedente} = (Pe + Ri) - (ET_o \times Kc)$$

Donde:

Pe: Precipitación Efectiva

Ri: Riego

ET_o: Evapotranspiración de referencia

Kc: Coeficiente de cultivo

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental cuantitativa, donde no se manipularan las variables, habiendo ya ocurrido las causas y efectos o ocurrirán durante el desarrollo del estudio, y quien investiga observa y reporta (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 152).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño es tipo transaccional descriptivo ya que el objetivo es indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 155).

3.3. Población y muestra

La población está conformada por los agricultores de las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, provincia Mariscal Nieto región Moquegua.

3.3.2. Características del campo experimental.

3.3.2.1. Lugar de la ejecución.

La investigación, se llevará a cabo en las comisiones de usuarios de los distritos de Cuchumbaya y Carumas, provincia Mariscal Nieto de la región Moquegua, cuya ubicación geográfica es la siguiente:

Región	: Moquegua
Provincia	: Mariscal Nieto
Distritos	: Carumas y Cuchumbaya
Sector	: Sector de riego Carumas
Latitud	: 16° 52' 04" Sur y 16° 41' 54" Sur
Longitud	: 70° 51' 39" Oeste y 70° 38' 26" Oeste
Altitud	: 2 960 msnm
Zona agroecológica	: Sierra templada cálida

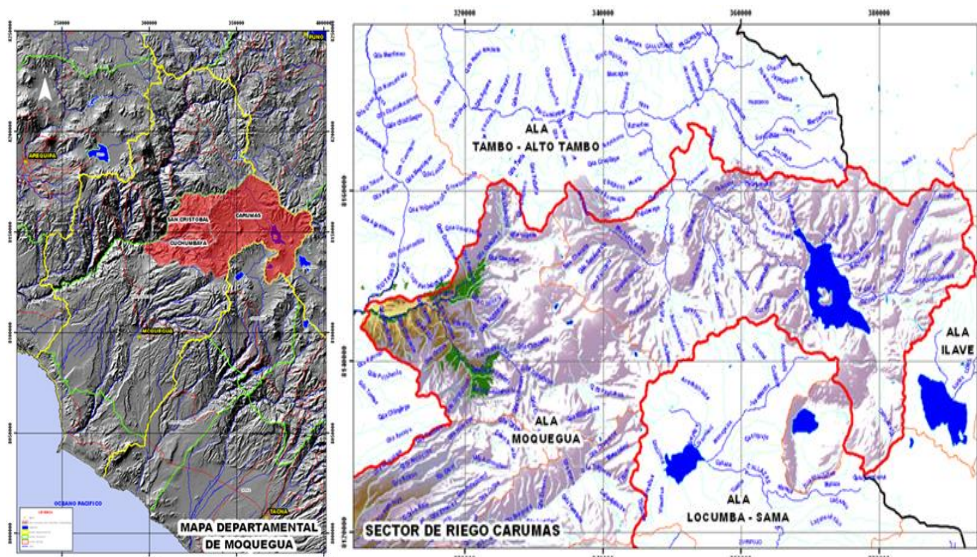


Figura 2, Mapa de ubicación del trabajo de investigación

Fuente: MINAGRI, 2014

El sector en estudio es parte de la Administración Local de Agua Moquegua (antes ALA Tambo-Alto Tambo) tiene una extensión total aproximada de 1 820,08 km²

los mismos que comprenden las unidades hidrográficas de Coralaque, Carumas, Vizcachas y Chilota; inmerso al área de influencia del embalse Pasto Grande, el cual representa el 28,45 % de la jurisdicción del ALA Moquegua, el cual tiene una extensión total aproximada de 6 397,25 km², comprende en forma íntegra la cuenca hidrográfica del río Ilo-Osmore-Moquegua y dos (02) intercuenas que están ubicadas a ambos extremos de la cuenca baja, más el área de influencia del embalse (MINAGRI, 2014, p. 5).

El área de influencia del embalse Pasto Grande y su infraestructura mayor deriva las aguas hacia la cuenca hidrográfica del río Ilo – Osmore – Moquegua, cuya área forma parte de las unidades hidrográficas menores medio Tambo (sector Carumas) y Coralaque, está ubicada en la parte alta y al lado Sur próximo al límite con el Distrito de Riego Ilave.

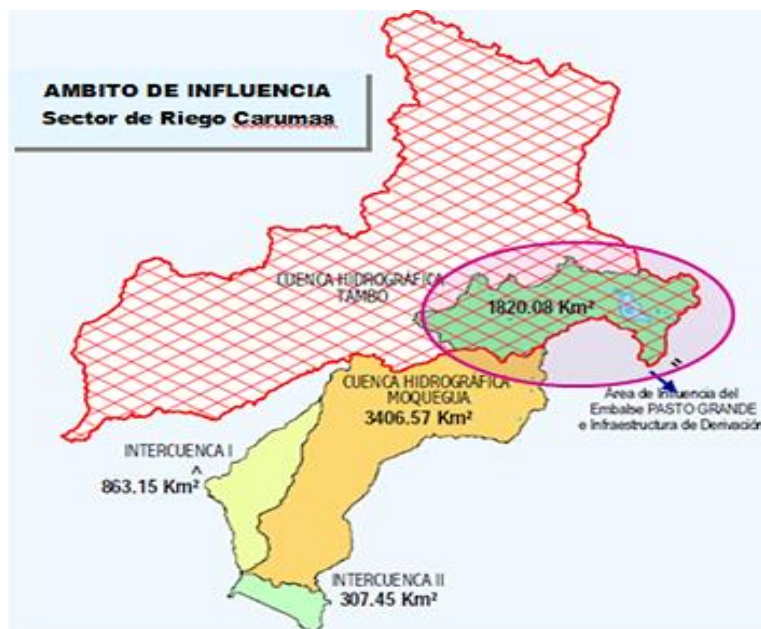


Figura 3: Ámbito del sector de riego Carumas
Fuente: MINAGRI, 2014

El ámbito del trabajo lo constituyen las comisiones de usuarios de: Somoa, Cambrune, Saylapa, Solajo, Huataraquena, Talavacas, Carumas, Ataspaya,

Sotolojo, Yojo, Huatalaque, Sacuaya, Cuchumbaya, Quebaya, Yaragua, Bellavista, Calacoa y San Cristóbal, de las cuales 14 comisiones de usuarios representan análogamente el mismo nombre de las comunidades campesinas, y 04 comisiones de usuarios son privados que cuentan a su vez con información catastral como son: San Cristobal, Huataraquena, Cambrune y Carumas.

Tabla 3

Comisiones de usuarios y comunidades campesinas del sector de riego de Carumas

N°	Distrito	Comisión de usuarios
1		Cambrune
2		Somoa
3		Saylapa
4		Solajo
5	Carumas	Huataraquena
6		Carumas
7		Talavacas
8		Ataspaya
9		Sotolojo
10		Yojo
11	Cuchumbaya	Huatalaque
12		Sacuaya
13		Cuchumbaya
14		Quebaya
15		Calacoa
16	San Cristóbal	Bellavista
17		San Cristóbal

Fuente: MINAGRI, 2014

3.3.2.2. Hidrografía del sector de estudio.

El valle Carumas, es irrigado en parte por las aguas del rio Humalso, que en el valle se denomina Rio Carumas, a su vez son diversos los manantiales y filtraciones, que nacen en la parte alta.

La cuenca inicia en los humedales de Chilligua, Caminata y Humajalso, En su trayecto recibe los aportes de manantiales y riachuelos, el río Putina como el más importante; el área de drenaje es de 634,69 km², con una longitud de 37 061 km, un ancho de 26 231 m en promedio y un factor de forma F de 0,71 y una altitud máxima de 4 689 msnm, la pendiente promedio del curso principal es S=0,067 (ANA, 2015, p. 60).

3.3.2.3. Estado situacional de los derechos de uso de agua

Padrones de usuarios o registro de usuarios

Según información que obra en la ALA Moquegua, se tiene un total de 3 998 usuarios en las 18 comisiones de usuarios existentes en el sector de riego de Carumas.

En vista que se cumplió el proceso de renovación de juntas directivas, periodo 2010 – 2012, de las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, donde mucho de los directivos salientes no cumplieron con hacer llegar el padrón de usuarios actualizado, pese que el compromiso suscrito bajo acta, así mismo con las actuales juntas directivas (Presidentes) se acordó presentar los padrones de usuarios según acta suscrita en reunión de trabajo, al cual se cumplió parcialmente y quedando pendiente su actualización; realizando el resumen correspondiente se registran los datos siguientes (MINAGRI, 2014):

Tabla 4*Comisiones de usuarios del sector de riego Carumas ámbito ALA Moquegua*

Nº	Distritos	Junta de usuarios	Comisiones de usuarios	Área total (ha)	Bajo riego aprox (ha)	Nº Usuario	Nº Predios
1			Cambrune	811,96	549,75	350	3847
2			Somoa	185,61	185,61	180	868
3			Saylapa	222,12	222,12	129	129
4			Solajo	319,46	213,84	230	903
5	Carumas		Huataraquena	298,82	277,98	180	858
6			Carumas	161,99	103,50	120	299
7			Talavacas	153,68	87,22	169	343
8			Ataspaya	250,43	81,22	139	139
Sub Total				2404,09	1721,24	1497	7386
9		No Conformadas	Sotolojo	140,20	96,33	60	125
10			Yojo	71,67	71,67	80	250
11			Huatalaque	65,34	65,34	150	92
12	Cuchumbaya		Sacuaya	526,74	359,29	450	1538
13			Cuchumbaya	493,15	384,05	400	994
14		Yaragua	252,11	250,00	177	282	
15		Quebaya	163,76	60,00	70	280	
Sub Total				1712,96	1286,69	1387	3561
16			Calacoa	237,27	237,27	380	1474
17	San Cristóbal		Bellavista	579,40	437,00	340	2805
18		San Cristóbal	461,32	416,28	394	3123	
Sub Total				1277,99	1090,55	1114	7402
Total				5395,04	4098,48	3998	18349

Fuente: MINAGRI, 2014, p. 12

3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Observación directa.

La técnica consistió en realizar observaciones en campo para definir los sectores para la distribución de bloques de riego.

Se recopilará información básica como: fuente hídrica de abastecimiento, obras hidráulicas mayores, áreas de riego tanto con riego superficial, subterráneo o agua de recuperación y delimitación de fajas marginales y otros.

3.4.2. Observación indirecta.

Esta técnica la utilizamos para obtener datos de estimación de demanda hídrica y distribución de sectores para la asignación de bloques de riego.

3.5. Manejo del experimento

3.5.1. Preparación de la información.

Para la obtención de información recurriremos a documentos bibliográficos y estadísticos de instituciones públicas y privadas relacionadas y base a ello realizar los cálculos correspondientes.

La información a recolectar será la siguiente:

- Organizaciones de usuarios de agua: padrones de usuarios, roles de riego, plan de cultivo y riego.
- Situación de la captación y red de riego.
- Distribución de agua actual y entrega de agua a nivel de canales y tomas principales.

3.6. Determinación de resultados

Basado en la información obtenida se procederá a determinar los bloques de riego la ratio de balance hídrico con distribución por bloques para determinar indicadores; los cálculos para la evapotranspiración potencial se realizaron mediante el método de Hargreaves.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Bloques de riego en el sector Carumas.

Conforme a la metodología planteada por la autoridad nacional del agua, considerando esquema hidráulico y la mejora del uso eficiente del recurso hídrico, se delimitaron 11 bloques de riego.

Tabla 5

Bloques de riego y su extensión sector de riego Carumas

N°	Distrito	Comisión de usuarios	Bajo riego (ha)	Usuarios
1	Carumas	Cambrune	549,75	350
2		Somoa	185,61	180
3		Saylapa	122,67	170
4		Solajo	172,29	150
5		Huataraquena	277,97	180
6		Carumas	103,5	120
7		Talavacas	87,22	75
8		Ataspaya	81,22	140
9		Sotolojo	96,34	60
10	Cuchumbaya	Yojo	128,30	8011
11		Sacuaya	381,00	450
Total			2185,87	1955

Tabla 6*Delimitación de los bloques de riego del sector de riego Carumas*

Comisión de usuarios	Bloque de riego	Canal principal	Nombre del partididor	Tipo de fuente	Nombre de la fuente
Somoa	Somoa	Huancarane		Quebrada/ río	Ocolulune / somoa
		Somoa		Quebrada/ río	Ocolulune / somoa
Huatarauena	Huatarauena	Paquisanpedro		Río	Umalzo
Cambrune	Cambrune	Cambrune		Río	Umalzo
		Sacuaya - solajo (50 %)	Pampa pacahua 1 (sacuaya solajo) (100 %)	Río	Umalzo
Sacuaya	Sacuaya	Huallaquere (5 %)	Pampa pacahua 2 (sacuaya, ataspaya, talavacas y sotolojo) (100 %)	Manantial	Huallaquere
		Huaycuta (5 %)		Manantial	Huaycuta
Solajo	Solajo	Solajo (50 %)	Pampa pacahua 1 (sacuaya solajo) (100 %)	Río	Umalzo
Talavacas	Talavacas	Talavacas (30 %)	Pampa pacahua 2 (sacuaya, ataspaya, talavacas y sotolojo) (100 %)	Manantial	Huallaquere y huaycuta
			Sotolojo (30 %)		
Ataspaya	Ataspaya	Ataspaya (30 %)		Manantial	Huallaquere y huaycuta
Saylapa	Saylapa	Chalsagua		Río	Chalsahuaya
Carumas	Carumas	Carumas		Río	Chalsahuaya
		Pampa grande		Río	Carumas
		Alto chajeron		Río	Carumas
Yojo	Yojo	Lacuaya		Río	Carumas
		Madre yojo		Río	Carumas
		Bajo charejon		Río	Carumas

4.1.2. Balance hídrico en la distribución por bloques en el sector Carumas.

4.1.1.1. Oferta hídrica.

Cuenca hidrográfica.

La cuenca es drenada por el río Tambo formado por la confluencia de los ríos principales como Omate, Carumas, Coralaque, Ichuña y Paltutire. Su recorrido es

en dirección noreste a suroeste, conocido con el nombre de río Tambo desde la confluencia de los ríos Ichuña y Paltture a 3 600 msnm.

El río Omate cuenta con una estación hidrométrica del mismo nombre, ubicada a una altitud de 2 166 msnm, controla un área de drenaje de 129 Km².

El río Carumas cuenta con una estación hidrométrica llamada Humalso, ubicada a una altitud de 4 400 msnm, en las nacientes del río Carumas y en la boquilla de la propuesta Presa de Humalso, controla un área de drenaje de 136 Km².

El río Vizcachas es afluente del río Coralaque, contaba hasta antes de la construcción de la presa Pasto Grande (Agosto del año 1 989) con una estación limnigráfica llamada Pasto Grande, ubicada a una altitud de 4 525 msnm, (En la actualidad se encuentra inundada por el embalse), controlaba un área de drenaje de 576 Km².

El río Tambo cuenta con una estación hidrométrica llamada la Pascana, ubicada a una altitud de 205 msnm., controla un área de drenaje de 12 330 Km², abarcando la totalidad del área imbrífera de la cuenca.

Los 1 077 MMC (según estudio definitivo de la presa Tolapalca) de la cuenca del río Tambo se generan en la parte alta; por la margen derecha mediante los ríos: Coralaque, Ichuña y Paltture y por la margen izquierda con los ríos: Vizcachas, Chilota y Carumas, en este último caso son los que conforman la

subcuenca de trasvase para el Proyecto Pasto Grande, con un área total de 1 740 km², donde se generan los recursos hídricos derivables que alcanzan a 5 451 m³/s.

La sub cuenca Carumas es el principal tributario que nace en los humedales de Chilligua, Caminata y Humajalso. En su recorrido recibe aportes de manantiales y riachuelos siendo el más importante el del río Putina. Cuenta con un área de drenaje de 634,69 km². Su longitud es de 37 061 km, su ancho promedio es de 26 231 y el factor de forma de $F=0,71$, la altitud máxima llega a 4 689. La pendiente promedio del curso principal es de $S=0,067$.

La infraestructura hidrometeorológica de las cuencas de Moquegua y Tambo están distribuidas del siguiente modo: 4 estaciones climatológicas ordinarias, 6 pluviométricas y 8 hidrométricas en la cuenca del Tambo. Para el caso de la cuenca del río Moquegua encontramos una estación climatológica principal, 4 climatológicas ordinarias, 3 pluviométricas y 4 hidrométricas.

Actualmente de las 30 estaciones hidrometeorológicas de la cuenca de los ríos Moquegua y Tambo, sólo están operativas 8 climatológicas, 2 pluviométricas y 9 hidrométricas; controladas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) la empresa Southern Peru Limited y el Proyecto Especial Pasto Grande.

El análisis de cada parámetro climatológico por cada una de las cuencas se detalla a continuación:

Precipitación.

- *Cuenca Moquegua:* Las precipitaciones tienen diversa intensidad que van desde muy pocos milímetros hasta un promedio de 500 mm en la parte más elevada donde encontramos nevados (Puna). La parte menos lluviosa se encuentra entre los 0 msnm (litoral marino) y alturas de 2500 msnm donde las precipitaciones registradas son de: 60 mm promedio en la estación meteorológica de Punta Coles con 38,6 mm, 47,7 mm en Ilo; 15,3 mm en Moquegua y en la EM de Yacango: 61,4 mm; considerándose unos 100 mm en altitudes de entre 2 000 y 2 500 msnm.

La zona cercana al litoral marino se encuentra influenciada por una alta condensación de las neblinas invernales provenientes del Pacífico (Mayo - Setiembre).

Entre los 2 500 y 3 500 msnm el promedio anual se considera de 100 mm (Coscori - 83,8 mm, Otoro - 55,0 mm, Cuacone - 131,0 mm).

Entre los 3 500 y 3 900 msnm se estima un promedio de precipitación anual de 200 mm.

En el sector andino comprendido entre los 3 900 y 4 800 msnm, si bien las lluvias no se incrementan mayormente, esto se ve compensado por una mejor distribución mensual. La precipitación promedio anual es de 400 mm (Quebrada, Honda - 263,6 mm, Humalso - 406,0 mm, Suches - 365,0 mm, Tacalaya - 458,7 mm, Titijones - 315,9 mm, Pasto Grande - 534,1 mm).

Arriba de los 4 800 msnm se asume que la precipitación se ubicaría alrededor de los 500 mm anuales y está compuesta en gran proporción por nieve y granizo.

- *Cuenca Tambo*: El comportamiento de la precipitación en la cuenca del río Tambo es definido en base a gráficos que relacionan la precipitación media anual y la ubicación de cada estación pluviométrica, La cuenca del río Tambo, la precipitación está fuertemente influenciada por la altitud, determinándose una gradiente lineal.

Hidrometría.

En las cuencas de Moquegua y Tambo se dispone de información de descargas de los ríos en doce estaciones hidrométricas, de las cuales ocho se ubican en la cuenca del río Tambo y cuatro en la cuenca del río Moquegua.

En el sector de riego Carumas, en que se encuentran inmersos en los distritos de Carumas, Cuchumbaya y San Cristobal se tiene establecido 54 puntos de control hidrométrico en coordenadas UTM, entre canales de derivación y ríos principales los cuales se monitorearon periódicamente con la finalidad de registrar y supervisar el uso del agua en volumen mensual por las diferentes comisiones de usuarios, así como la descarga de los ríos durante el año; esta información es la que está trabajando desde el año 2006 al 2008, por lo que se tiene proyectado continuar a partir de la fecha con el monitoreo e implementación con el registro de fuentes de manantiales a partir del mes de Junio del presente año.

Las actividades de aforamiento se iniciaron en el mes de abril, posterior a la suspensión de las precipitaciones pluviales, el mismo que se ausento en la

primera semana de marzo, por lo que observando el grafico donde la mayoría de canales se encuentran con el flujo de caudal respectivo, Los aforos realizados se muestran y detallan en la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Oferta hídrica todas las fuentes al 75 % de persistencia sector de riego Carumas

FUENTE DE AGUA	MESES												Promedios /Volumen
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
Rio Humalso (m ³ /s)	0,724	0,753	0,736	0,780	0,807	0,997	1,135	1,003	0,874	0,769	0,763	0,724	0,838
Rio Humalso - Clasahuaya/ Filtraciones (m ³ /s)	0,528	0,433	0,390	0,405	0,365	0,450	0,564	0,670	0,545	0,593	0,595	0,575	0,509
Manantial Huaycuta Huallaquere (m ³ /s)	0,280	0,273	0,248	0,210	0,233	0,323	0,450	0,443	0,459	0,320	0,306	0,304	0,320
Quebrada Ocolulune (m ³ /s)	0,083	0,088	0,088	0,077	0,088	0,088	0,100	0,093	0,088	0,085	0,082	0,080	0,086
Disponibilidad Total (m ³ /s)	1,615	1,545	1,461	1,472	1,492	1,857	2,248	2,207	1,965	1,767	1,745	1,682	1,754
Disponibilidad Total (m³)	4 324 276,8	3 737 664	3 911 803,2	3 814 128	3 996 172,8	4 813 344	6 021 712,8	5 911 898,4	5 091 984	4 731,393,6	4 521 744	4 505 068,8	55 381 190,4

4.1.1.2. Demanda hídrica.

- *Determinación de la evapotranspiración de referencia del sector de estudio:*

(ETO): Para el presente estudio, la ETo se ha calculado tomando información de la estación meteorológica Huangascar de Pasco. Para su determinación se ha utilizado el método de Hargreaves, que es un método indirecto de cálculo, en razón de no existir datos históricos de mediciones directas de evapotranspiración.

Tabla 8

Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (Etp) por la fórmula de Hargreaves

Mes	Temp °C	H (%)	Pp prom (mm/mes)	Pp efec (mm/mes)	Factor FM	TMF (°F)	CH	CE	ETP(mm)	
									Mes	Diario
Ene	12,20	69,00	111,90	91,87	2,73	53,96	0,92	1,06	144,63	4,67
Feb	12,00	75,00	125,40	100,24	2,34	53,60	0,83	1,06	110,40	3,94
Mar	12,30	69,00	70,20	62,32	2,32	54,14	0,92	1,06	122,98	3,97
Abr	12,50	61,00	6,30	6,24	1,91	54,50	1,04	1,06	114,77	3,83
May	12,10	52,00	1,10	1,10	1,67	53,78	1,15	1,06	109,32	3,53
Jun	11,70	52,00	0,90	0,90	1,46	53,06	1,15	1,06	94,78	3,16
Jul	11,60	48,00	1,00	1,00	1,58	52,88	1,20	1,06	105,84	3,41
Ago	12,00	45,00	1,30	1,30	1,84	53,60	1,23	1,06	128,67	4,15
Set	12,40	46,00	0,20	0,20	2,12	54,32	1,22	1,06	148,85	4,96
Oct	12,80	48,00	1,50	1,50	2,50	55,04	1,20	1,06	174,75	5,64
Nov	12,80	50,00	4,00	3,97	2,61	55,04	1,17	1,06	178,94	5,96
Dic	12,60	58,00	33,00	31,26	2,77	54,68	1,08	1,06	172,85	5,58
Promedio	12,25	56,08	356,80	301,88	2,15	54,05	1,09	1,06	133,90	4,40

- *Cédula de cultivo:*

La cédula de cultivos se define como la distribución de los cultivos en el transcurso del año, de acuerdo a los factores: climatológicos, técnicos, rentabilidad, capacidad económica del agricultor, tamaño de la unidad agrícola, demanda de productos en el mercado, disponibilidad de agua, incidencia de plagas y enfermedades, etc. La

combinación de los cultivos para la estructuración de las cédulas de cultivos tiene en cuenta las fechas de siembra y cosecha, el período vegetativo y el tipo de cultivo. Las condiciones del mercado influyen en la elección de las fechas de siembra de determinados cultivos por parte del agricultor, con el propósito de obtener mejores precios en el mercado y por ende mayores utilidades.

La cédula de cultivos promedio para el área de riego proyectado, se ha definido según la información proporcionada por las comunidades involucradas en el proyecto y comprende los cultivos indicados en la tabla 9.

En cuanto al calendario de siembra agrícola se tiene que la mayoría de los cultivos del área de influencia del proyecto, las siembras se dan en los meses de diciembre/febrero. Las fechas de siembra o plantación determinan los requerimientos de agua de cada una de ellas varíen según la estación del año. Cuando el cultivo alcanza su pleno desarrollo, se tiene las máximas necesidades de agua, por lo que debe tenerse en cuenta la duración de las fases o etapas de su período vegetativo para elegir el Kc adecuado. El período vegetativo de los cultivos es el tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha, y comprende varias fases o etapas; el tiempo de duración varía de acuerdo a cada especie o variedad y está fuertemente influenciado por las condiciones climáticas.

- *Coefficiente de Cultivo (Kc):*

Los coeficientes de cultivo Kc fueron obtenidos de otros estudios y del Manual N° 24 de la FAO, Dependen de las características fisiológicas y periodos vegetativos de los cultivos.

Tabla 9

Cédula de cultivo sector de riego Carumas

Cultivos	Distrito				Distrito Carumas							Distrito Cuchumbaya							Distrito San Crsitobal						Total		
	Carm	Cuch	Scrist	Total	Solj	Saylp	Camb,	Som	Carm	Atasp	Total	Queb	Soq	Sotj	Yoj	Huat	Cuch	Scya	Total	Muy	Bellv	Calac	Scrist	Sij		Total	
Permanentes																											
Tuna	12	31	205	248	0	0	0	0	12	0	12	0	0	2	4	0	0	25	31	40	0	0	130	35	205	248	
Palta	2	7	14	23	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	3	0	0	3	7	2	0	0	4	8	14	23	
Manzana	1	4	5	10	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	1	0	0	4	2	0	0	1	2	5	10	
Durazno	1	2	1	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	0,5	0	0	0	0,5	1	4	
Membrillo	1	3	2	6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	3	1	0	0	0	1	2	6	
Peral	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
Guayaba	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
Nispero	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
Higo	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
Orégano	238	147	58	443	18	15	85	25	75	20	238	8	14	10	15	20	25	55	147	2	15	18	23	0	58	443	
Alfalfa	822	625	880	2327	97	80	350	90	175	30	822	25	20	30	18	22	250	260	625	55	240	265	290	30	880	2327	
Sub Total	1077	822	1166	3065	115	95	435	115	267	50	1077	33	34	46	47	43	275	344	822	102,5	255	283	448	77,5	1166	3065	
Transitorios																											
Papa	43	23	25	91	4	2	23	2	7	5	43	2	3	2	2	2	5	7	23	2	7	5	9	2	25	91	
Maíz	65	24	39	128	6	6	32	5	9	7	65	4	1	3	1	1	5	9	24	5	10	9	12	3	39	128	
Choclo	7	8	7	22	1	1	2	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	2	8	1	1	2	2	1	7	22	
Trigo	19	13	19	51	3	2	5	2	4	3	19	2	2	1	1	1	2	4	13	4	4	3	5	3	19	51	
Cebada	37	21	31	89	4	5	16	4	5	3	37	4	3	2	1	0	4	7	21	5	9	8	6	3	31	89	
Haba G. Verde	25	11	15	51	3	3	14	1	2	2	25	2	2	0	0	0	3	4	11	3	4	2	4	2	15	51	
Quinoa	4	4	5	13	0	0	1	1	1	1	4	1	1	0	0	0	1	1	4	1	1	1	1	1	5	13	
Oca	5	7	4	16	1	0,5	1,5	0,5	0,5	1	5	0,5	1,5	0	0	0	2	3	7	0,5	1	1	1	0,5	4	16	
Arracacha	1	0	0	1	0	0	0	0,5	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Camote	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Sub Total	206	112	145	463	22	19,5	94,5	17	30	23	206	16,5	14,5	9	6,5	5,5	23	37	112	21,5	37	31	40	15,5	145	463	
Total	1283	934	1311	3528	137	114,5	529,5	132	297	73	1283	49,5	48,5	55	53,5	48,5	298	381	934	124	292	314	488	93	1311	3528	

Los valores de Kc mensuales para cada cultivo y Kc ponderados, según la distribución de áreas, se presentan en la tabla 10.

Tabla 10

Coficiente de cultivo según cédula de cultivo sector de riego Carumas

Tipo de cultivo	Cultivos	Área		Campaña principal							Campaña de rotación				
		Has,	%	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Permanente	Alfalfa	28	42,75	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
	Orégano	7,5	11,45	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	Papa	12	18,32	0,00	0,00	0,20	0,50	1,02	1,30	1,30	0,95	0,60	0,00	0,00	0,00
transitorios	Maíz grano	5	7,63	0,00	0,33	0,74	0,94	1,15	0,87	0,73	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cebada	4	6,11	0,00	0,00	0,35	0,55	0,75	1,15	0,73	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00
	Trigo Haba grano verde	3	4,58	0,00	0,35	0,75	1,15	1,05	0,86	0,67	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
		6	9,16	0,00	0,00	0,48	0,57	0,92	0,86	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (Has,)		65,5	100,00												

Fuente: MINAGRI, 2014

- Evapotranspiración real del cultivo o uso consuntivo (ETa)

Es la cantidad de agua que necesitan los cultivos para cumplir con sus requerimientos fisiológicos, Se expresa en mm/día y su cálculo se efectúa mediante la relación:

$$ETR = ET_o * Kc$$

Precipitación efectiva: Es la parte de la lluvia que es efectivamente aprovechada por los cultivos, Para este caso se ha tomado en cuenta por ser significativa,

El cálculo de la precipitación efectiva por el método de la Water Power Resources Service - WPRS

Déficit de Humedad: Es la lámina de agua que requieren los cultivos para cubrir sus necesidades, descontando la precipitación efectiva.

Eficiencia de Riego: Consiste en relacionar el volumen de agua utilizada por el cultivo y el volumen de agua aportada con el riego, considerando los factores edafológicos, meteorológicos, culturales u otros; que puedan afectar, además de las pérdidas que se producen durante la conducción, la captación, su distribución y aplicación en la parcela.

Tabla 11

Resumen de eficiencias de riego del proyecto

Descripción	Con proyecto
Eficiencia Conducción Canal	95,00 %
Eficiencia Distribución	70,00 %
Eficiencia Aplicación	60,00 %
Eficiencia de Riego	39,90 %

Nota: Para el presente proyecto se ha estimado una eficiencia de 39,90 %.

Finalmente el requerimiento hídrico o demanda total, o la cantidad de agua final requerida, para satisfacer la demanda de los cultivos, la cual incluye todos los parámetros anteriores y se presenta en la tabla 12.

4.1.1.3. Balance hídrico

Efectuado el cálculo de la demanda hídrica, conforme al procedimiento establecido y tomando como referencia la oferta hídrica y la cuantificación de volúmenes de agua disponibles a nivel de la sub cuenca analizada se presenta el balance en la tabla 13.

Tabla 12

Demanda hídrica de bloques en el sector de riego Carumas

COMISION DE USUARIOS	BLOQUE DE RIEGO	Area Bajo Riego (has)	Meses												TOTAL
			AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
Somoa	Somoa	185,61	258 367	279 417	350 221	329 102	228 778	813	0	62 076	251 927	234 326	230 453	244 534	2 470 014
Huataraquena	Huataraquena	277,97	536 886	548 660	625 617	556 167	362 045	572	0	122 737	474 672	486 913	478 872	508 122	4 701 264
Cambrune	Cambrune	549,75	921 605	961 821	1154 582	1 053 936	709 265	1265	0	213 865	840 710	835 811	822 012	872 215	8 387 087
Sacuaya	Sacuaya	381,00	682 268	694 970	797 464	715 498	466 455	422	0	157 573	597 841	618 737	608 529	645 683	5 985 439
Solajo	Solajo	172,29	261 158	276 914	338 769	315 379	215 522	663	0	62 921	245 143	236 851	232 939	247 168	2 433 427
Talavacas	Talavacas	87,22	145 494	153 751	181 213	163 276	109 485	181	0	33 448	136 967	131 957	129 776	137 706	1 323 253
Sotolojo	Sotolojo	96,34	161 142	168 428	197 305	179 073	116 856	90	0	36 449	146 406	146 203	143 765	152 580	1 448 299
Ataspaya	Ataspaya	81,22	81 589	92 356	125 290	122 734	87 028	211	0	19 685	82 957	74 035	72 797	77 267	835 948
Saylapa	Saylapa	122,67	211 457	219 684	264 375	242 794	163 713	301	0	49 651	191 564	167 927	165 005	200 113	1 876 585
Carumas	Carumas	103,50	172 450	180 650	211 391	191 374	127 501	271	0	39 801	160 232	156 403	153 818	163 216	1 557 108
Yojo	Yojo	128,30	226 155	235 360	270 861	243 192	158 984	90	0	55 812	203 646	200 472	197 135	212 952	2 004 660
		2185,87													
Total (m3)			3 658 572	3 812 012	4 517 087	4 112 526	2 745 632	4879	0	854 018	3 332 064	3 289 635	3 235 101	3 461 556	33 023 084
															VOLUMEN ANUAL REQUERIDO (m3/ha-año)
															15 108

Tabla 13

Balance hídrico sector de riego Carumas, Bloques: Huataraquena, Cambrune, Sacuaya, Solajo, Saylapa, Carumas y Yojo

BLOQUE DE RIEGO	FUENTE DE AGUA	MESES												Promedios /Volumen
		AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
	Río Humalso (m ³ /s)	0,72	0,75	0,74	0,78	0,81	1,00	1,13	1,00	0,87	0,77	0,76	0,72	0,84
	Río Humalso-Clasahuaya/Filtraciones (m ³ /s)	0,53	0,43	0,39	0,41	0,37	0,45	0,56	0,67	0,55	0,59	0,60	0,58	0,51
	Huaycuta Huallaquere (10 % m ³ /s)	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
	Disponibilidad Total (m ³ /s)	1,28	1,21	1,15	1,21	1,20	1,48	1,74	1,72	1,46	1,39	1,39	1,33	1,38
	<i>Disponibilidad Total (m³)</i>	<i>3 427 013</i>	<i>2 932 675</i>	<i>3 080 830</i>	<i>3 124 656</i>	<i>3 201 358</i>	<i>3 834 216</i>	<i>4 669 121</i>	<i>4 597 474</i>	<i>3 795 595</i>	<i>3 732 350</i>	<i>3 597 826</i>	<i>3 559 192</i>	<i>43 552 305</i>
Huataraquena		536 886	548 660	625 617	556 167	362 045	572	0	122 737	474 672	486 913	478 872	508 122	4 701 264
Cambrune		921 605	961 821	1 154 582	1 053 936	709 265	1 265	0	213 865	840 710	835 811	822 012	872 215	8 387 087
Sacuaya		682 268	694 970	797 464	715 498	466 455	422	0	157 573	597 841	618 737	608 529	645 683	5 985 439
Solajo	Demanda de Agua (m ³)	261 158	276 914	338 769	315 379	215 522	663	0	62 921	245 143	236 851	232 939	247 168	2 433 427
Saylapa		211 457	219 684	264 375	242 794	163 713	301	0	49 651	191 564	167 927	165 005	200 113	1 876 585
Carumas		172 450	180 650	211 391	191 374	127 501	271	0	39 801	160 232	156 403	153 818	163 216	1 557 108
Yojo		226 155	235 360	270 861	243 192	158 984	90	0	55 812	203 646	200 472	197 135	212 952	2 004 660
	<i>Demanda Total (m³)</i>	<i>3 011 980</i>	<i>3 118 059</i>	<i>3 663 058</i>	<i>3 318 341</i>	<i>2 203 485</i>	<i>3 584</i>	<i>0</i>	<i>702 360</i>	<i>2 713 808</i>	<i>2 703 114</i>	<i>2 658 310</i>	<i>2 849 470</i>	<i>26 945 569</i>
	Superávit	415 032	0	0	0	997 872	3 830 632	4 669 121	3 895 113	1 081 788	1 029 236	939 515	709 722	17 568 032
	Déficit	0	-185 383	-582228	-193685	0	0	0	0	0	0	0	0	-961 297

Tabla 14

Balance hídrico sector de riego Carumas, Bloques: Talavacas, Sotolojo y Ataspaya

BLOQUE DE RIEGO	FUENTE DE AGUA	MESES												Promedios / Volumen
		AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
	Manantial Huaycuta Huallaquere (m3/s)	0,252	0,245	0,223	0,189	0,209	0,290	0,405	0,398	0,413	0,288	0,275	0,273	0,288
	Disponibilidad(m3)	674 957	593 309	596 614	489 888	560 455	752 328	1 084 752	1 066 673	1 069 589	771 379	712 670	731 605	9104219
Talavacas		145 494	153 751	181 213	163 276	109 485	181	0	33 448	136 967	131 957	129 776	137 706	1 323 253
Sotolojo	Demanda de Agua (m3)	161 142	168 428	197 305	179 073	116 856	90	0	36 449	146 406	146 203	143 765	152 580	1 448 299
Ataspaya		81 589	92 356	125 290	122 734	87 028	211	0	19 685	82 957	74 035	72 797	77 267	83 5948
	Demanda total (m3)	388 225	414 536	503 809	465 083	313 369	482	0	89 582	366 330	352 195	346 338	367 553	3 607 501
	Superávit	286 732	178 773	92 805	24 805	247 086	751 846	1 084 752	977 091	703 259	419 184	366 333	364 052	5 496 718
	Déficit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 15

Balance hídrico sector de riego Carumas, bloque: Somoa

BLOQUE DE RIEGO	FUENTE DE AGUA	MESES												Promedios/V olumen
		AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
	Quebrada Ocolulune (m3/s)	0,083	0,088	0,088	0,077	0,088	0,088	0,100	0,093	0,088	0,085	0,082	0,080	0,086
	Disponibilidad Total (m3)	222 307	211 680	234 360	199 584	234 360	226 800	267 840	247 752	226 800	227 664	211 248	214 272	2 724 667
Somoa	Demanda de Agua (m3)	258 367	279 417	350 221	329 102	228 778	813	0	62 076	251 927	234 326	230 453	244 534	2 470 014
	Demanda Total (m3)	258 367	279 417	350 221	329 102	228 778	813	0	62 076	251 927	234 326	230 453	244 534	2 470 014
	Superávit					5 582	225 987	267 840	185 676	-25 127	-6 662	-19 205	-30 262	649025
	Déficit	-36 060	-67 737	-115 861	-129 518	0	0	0	0	-25 127	-6 662	-19 205	-30 262	-430431

4.2. Contrastación de hipótesis

Basado en los resultados obtenidos, podemos afirmar que si es posible conformar bloques de riego en las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, siguiendo los lineamientos normativos y prácticos.

Las explotaciones agrícolas de las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, se adecuan a las particularidades del sistema de distribución del recurso hídrico mediante la constitución de bloques de riego.

Los bloques de riego constituidos en el sector de riego Carumas favorecen la determinación de balance hídrico que permite identificar condiciones de déficits y excedentes.

4,3, Discusión de resultados

Las comisiones de riego del sector de riego Carumas, se constituyen en bloques de riego funcionales, diseñados utilizando las técnicas de identificación de la demanda hídrica basado en la cédula de cultivo seleccionado por los propios productores. El método de cálculo empleado para la evapotranspiración potencial fue el método de Hargreaves, que considera la altitud como factor de cálculo. Producto de ello se constituyeron 11 bloques de riego que permitieron identificar la demanda de los cultivos y la oferta hídrica, y basado en ello analizar el balance hídrico del sector.

Los bloques de riego constituidos fueron de 11, sectores representando una extensión de 2 185, 87 ha, cuya demanda hídrica por ha es de 15 108 m³/ha. Para

constituir los bloques de riego fueron considerados aspectos como: orientación de las fuentes de agua, topografía, geografía y los elementos normativos y técnicos correspondientes.

El balance hídrico oferta/demanda arroja condiciones de suficiencia del recurso durante todo el año en el caso de bloques de Talavacas, Sotolojo y Ataspaya; con superávit en todos los meses llegando a 178 772, 59 m³ en setiembre, 92 804,99 m³ en octubre y 24 805,22 m³ en noviembre, meses más críticos del año, que significarían mayores extensiones de cultivo.

La mayor parte del año en los bloques de riego de Huataraquena, Cambrune, Sacuaya, Solajo, Saylapa, Carumas y Yojo existe suficiente recurso hídrico con superávit entre los meses de diciembre a agosto que alcanzan un volumen de 17 568 032 m³; sin embargo se aprecia deficiencias entre setiembre y noviembre, meses más críticos, con un volumen de déficit de 961 296,69 m³ lo que evidenciaría, que en esos meses el recurso hídrico no satisface la demanda de los cultivos, siendo necesario ajustar la cédula de cultivo para mantener condiciones de productividad.

En el caso del bloque de riego de Somoa encontramos déficit durante los meses de abril a noviembre con un volumen de 430 431,17 m³ habiendo superávit solo en los meses de lluvias de diciembre a marzo. Esta condición evidencia el desequilibrio existente entre la cédula de cultivo (especies y extensiones) y la disponibilidad del recurso hídrico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. Las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas permitieron establecer once bloques para la asignación del recurso hídrico, que se constituyeron utilizando los lineamientos técnicos y legales correspondientes, para practicar un sistema eficiente de distribución del agua.

Segunda. El balance hídrico de los bloques demuestra superávit durante todo el año en los bloques de Talavacas, Sotolojo y Ataspaya; además se evidencia déficit en los meses críticos de setiembre a noviembre en los bloques de Huataraquena, Cambrune, Sacuaya, Solajo, Saylapa, Carumas y Yojo; y déficit todo el año, excepto de diciembre a marzo en el bloque de Somoa.

5.2. Recomendaciones

Primera. Socializar la propuesta de distribución del recurso hídrico mediante asignación por bloques entre los miembros de las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, con el objeto de hacer más eficiente el uso del recurso hídrico.

Segunda. Identificar estrategias de cultivo y propuestas de ampliación de la frontera agrícola o ajustes de la cédula de cultivo basado en el balance hídrico resultante de la distribución por bloques de riego, en los valles alto andinos del sector de riego Carumas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2015). *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Tambo y Moquegua*. Lima - Perú, Disponible en <http://www.ana.gob.pe>
- ANA. (2009). Resolución Jefatural N° 0546-2009-ANA, *Aprueban delimitación de los ámbitos territoriales de las autoridades administrativas del agua*.
- Apollin, F. y Eberthard, C. (1998). *Metodologías de análisis y diagnóstico de sistemas de riego campesino*. Quito, Ecuador: Unidad Coordinadora CAMAREN.
- Breña, A. y Jacobo, M. (2016). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*, Universidad Autónoma Metropolitana, México [Libro en línea] disponible en http://www,uamenlinea,uam,mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05,pdf
- Briceño, M.; Álvarez, F. y Barahona, U. (2012). *Manual Riego y Drenaje*. Escuela Agrícola Panamericana: El Zamorano, Honduras,
- Bustamante, R. y Vega, D. (2003). *Normas indígenas y consuetudinarias sobre la gestión del agua en Bolivia*. Chair group irrigation and wáter engineering, Wageningen University- CEPAL
- Carrazón, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*, Honduras, FAO.
- Castillo, M y Inoñan, R, (2018), *Determinación del balance hídrico en la cuenca del río Chicama, región La Libertad, 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.

- Cleves, J. Toro, J. y Martínez, L. (2016). *Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimático*. Una revisión analítica. *Revista colombiana de ciencias hortícolas* 10 (1) 149-163
- Domínguez, E.; Rivera, H.; Vanegas, R. y Moreno, P. (2014). *Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano*, *Revista Académica Colombiana de Ciencias* 32 (123) 195-212
- Fernández, R.; Ávila, R.; López, M.; Gavilán, P. y Oyonarte, N. (2010). *Manual de riego para agricultores: módulo 1, Fundamentos del riego*, Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. Sevilla, España.
- Fuentes, Y. y García, G. (2003). *Técnicas de Riego*. 4ta Ed, Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid: Mundi-prensa.
- García, M. (2000). *Los derechos de propiedad y la eficiencia en la asignación de recursos hídricos*, *Memorias del Cuarto Congreso de Economía de Navarra* 519-532, [En línea] disponible en <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/23820/Garc%C3%ADaDerechosPropiedad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, R. (2010). *Manual de Riego para Agricultores Módulo 1: Fundamentos del Riego*. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía,
- Gómez, C. (2008). *La eficiencia en la asignación del agua: principios básicos y hechos estilizados en España*, *Revista Economía y medio ambiente* 847 (1) 23-39.

Guzmán, J. (2010). Usos y costumbres para el reparto del agua (166-189), En Guzmán, J y García, J, *Hombre y agua: los regadíos históricos en la montaña mediterránea*. Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

Hernández - Fernández y Baptista. (2014). Metodología de la Investigación, Sexta Edición.

Ley 29338 (2009). *Ley de Recursos Hídricos*. MINAGRI, Perú.

Castillo Peñaloza, M. A. y. Inoñán Morán, R. A. (2018). Tesis: Determinación del balance hídrico en la cuenca del río Chicama, región La Libertad, 2016, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Lima, Perú.

Medrano, H.; Bota, J.; Cifre, J.; Flexas, J.; Ribas, M. y Gulías, J. (2007). *Eficiencia en el uso del agua por las plantas*, Revista Investigaciones Geográficas 43 (1) 63-84. Instituto Universitario de Geografía Universidad de Alicante.

Mendoza, A. (2013). *Riego por goteo*. El Salvador: CENTA (Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal Enrique Álvarez Córdova).

MINAG. (2004). *Programa Extraordinario de Formalización de Derechos de Uso de Agua con Fines Agrarios –PROFODUA, D S N° 041-2004-AG, 24/11/2004*.

MINAGRI. (2009). *Ley de recursos hídricos (Ley 29338 del 30 de marzo de 2009)*. Lima: ANA (Autoridad Nacional del Agua).

MINAGRI-ANA. (2013). *Plan nacional de recursos hídricos del Perú*. Autoridad Nacional del Agua-ANA: ICONO PERÚ S.A.C.

- MINAGRI. (2014). *Plan para la formalización de los derechos de uso de agua en los valles alto andinos del ámbito de la administración local de agua Moquegua*, ALA Moquegua,
- Miranda, D. (2016). *Asignación de agua en bloques de riego frente a la baja eficiencia de distribución en el valle Chicama* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú,
- Núñez, L. (2015). *Organización de usuarios de agua con fines agrarios*. Manual: DGIAR-MINAGRI.
- Obando, W. (2016). *Propuesta de herramientas hidrológicas en la normatividad vigente para el aprovechamiento de los recursos hídricos* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de la Molina, Lima
- SENAMHI. (2012). Precipitación total anual, según departamento, 2002-2012.
- Pizarro, F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación*. 3ª Ed. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Southern Perú Copper Corporation. (2017). Estudio de Impacto Ambiental, Río Torata-Proyecto de Control de Avenidas.
- SENAMHI. (2016). Ciclos y Horarios de Precipitación en el Perú. Lima – Perú, <https://www.senamhi.gob.pe>.
- Santos, L.; Valero, J.; Picornell, M. y Tarjuelo, J. (2010). *El riego y sus tecnologías*, Centro regional de estudios del agua. Universidad de Castilla La Mancha, Albacete

Shaw, N. (2015). *Manual of Meteorology, Comparative Meteorology* (2da, Ed),
Reeditado del 1927 por Cambridge University Press.

Schaeffer, V. (2013). *Comunidades campesinas y gestión del agua*, Lima:
CooperAcción.

Softwariego. (s.f.). *Diseño agronómico de riego con Cropwat, Programa y cursos
de riego* [En línea] consultado el 15 de octubre disponible en
[https://www.softwariego.com/disenio-agronomico-de-riego-con-
cropwat/](https://www.softwariego.com/disenio-agronomico-de-riego-con-cropwat/)

Vásquez, A.; Vásquez, I.; Vásquez, C. y Cañamero, M. (2017). *Fundamentos de
ingeniería de riegos*, Lima: UNALM.