

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL
PARA RIEGO EN ÉPOCAS DE ESTIAJE DEL RÍO
ACHAMAYO - JUNÍN**

PRESENTADO POR:

BACH. CABALLERO CORDERO, CINTHYA TATIANA.

Línea de Investigación Institucional:

Salud y gestión de la salud.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA CIVIL

Huancayo – Perú

2022

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL
PARA RIEGO EN ÉPOCAS DE ESTIAJE DEL RÍO
ACHAMAYO - JUNÍN**

PRESENTADO POR:

BACH. CABALLERO CORDERO, CINTHYA TATIANA.

Línea de Investigación Institucional:

Salud y gestión de la salud.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA CIVIL

Huancayo – Perú

2022

Dr. Juan José Bullón Rosas.

Asesor

Dedicatoria

- “A mis padres por cuidar de mí y ser siempre mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día.”
- A los docentes, que dieron aportes de conocimientos en esta investigación.
Cinthy Tatiana Caballero Cordero.

Agradecimiento

- “A Dios Padre por haberme guiado con su palabra; “El hace subir las gotas de agua; el vapor se condensa para formar la lluvia entonces las nubes la derraman precipitándola sobre la humanidad.” Palabras de motivación que no olvidare”.
Cinthy Tatiana Caballero Cordero.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed.
Jurado

Ing. Rando Porras Olarte.
Jurado

Ing. Carlos Alberto Gonzales Rojas.
Jurado

Ing. Lenonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

ÍNDICE

ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I	16
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Formulación y sistematización del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Justificación de la investigación	18
1.3.1. Justificación Social	18
1.3.2. Justificación Científica	18
1.3.3. Justificación Metodológica	18
1.4. Delimitaciones	19
1.4.1. Delimitación Espacial	19
1.4.2. Delimitación Temporal	19
1.4.3. Delimitación Económica	19
1.5. Limitaciones	19
1.6. Objetivos	20
1.6.1. Objetivo general	20
1.6.2. Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.2. Marco conceptual	24
2.2.1. El ciclo hidrológico como sistema	24

2.2.2. Modelo hidrológico	25
2.2.3. Modelo propuesto por Lutz Scholz para la oferta hídrica	26
2.2.4. Los múltiples usos y beneficios del agua	40
2.2.5. Demanda del recurso hídrico	41
2.2.6. Calidad del agua	48
2.2.7. Calidad del recurso hídrico	49
2.3. Definición de términos	53
2.4. Hipótesis	54
2.4.1. Hipótesis general	54
2.4.2. Hipótesis específicas	55
2.5. Variables	55
2.5.1. Definición conceptual de la variable	55
2.5.2. Definición operacional de la variable	55
2.5.3. Operacionalización de la variable	56
CAPITULO III	57
METODOLOGÍA	57
3.1. Método de investigación	57
3.2. Tipo de investigación	57
3.3. Nivel de investigación	57
3.4. Diseño de investigación	58
3.5. Población y muestra	58
3.5.1. Población	58
3.5.2. Muestra	58
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	58
3.6.1. Técnicas	58
3.7. Procesamiento de la información	59
3.8. Técnicas y análisis de datos	59
CAPÍTULO IV	60
RESULTADOS	60
4.1. Volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo	60
4.1.1. Cálculo de la oferta del agua	60

4.1.2. Cálculo de la demanda del agua	68
4.2. Calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo.	76
4.2.1. Parámetros físicos – químicos	76
4.2.2. Parámetros inorgánicos	78
4.2.3. Parámetros microbiológicos y parasitológicos	79
4.2.4. Verificación de resultados	79
4.2.5. Comparación de cada uno de los ensayos	81
CAPÍTULO V	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
5.1. Volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo.	87
5.2. Calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo.	89
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXOS	95
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	96
ANEXO N° 02: DATOS PROCESADOS DE SENAMHI DE LA ESTACIÓN INGENIO	98
ANEXO N° 03: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE AGUA	102
ANEXO N° 04: MODELACIÓN DE DEMANDA HÍDRICA EN CROPWAT	107
ANEXO N° 05: PANEL FOTOGRÁFICO	116
ANEXO N° 06: PLANOS	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límite superior para la precipitación efectiva.	31
Tabla 2. Método de la United State Bureau of Reclamation (USBR).	31
Tabla 3. Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.	32
Tabla 4. Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (valores en %).	38
Tabla 5. Eficiencias de los sistemas de riego.	45
Tabla 6. Coeficientes de cultivos (kc) para cultivos anuales.	46
Tabla 7. Categorías de los estándares de calidad ambiental para agua.	50
Tabla 8. Parámetros físicos – químicos (ECA).	51
Tabla 9. Parámetros inorgánicos - ECA.	52
Tabla 10. Parámetros orgánicos - ECA.	52
Tabla 11. Parámetros plaguicidas - ECA.	53
Tabla 12. Parámetros microbiológicos y parasitológicos – ECA.	53
Tabla 13. Operacionalización de las variables.	56
Tabla 14. Ubicación de las muestras para calidad de agua.	59
Tabla 15. Valores de la precipitación media de la estación Ingenio.	61
Tabla 16. Valores de la temperatura media de la estación Ingenio.	61
Tabla 17. Datos obtenidos del programa CLIMWAT.	62
Tabla 18. Valores de la evapotranspiración – CROPWAT 8.0.	62
Tabla 19. Coeficiente de escurrimiento por el método de Turc.	63
Tabla 20. Coeficiente de escurrimiento por el método de la Misión Alemana.	63
Tabla 21. Parámetros para el cálculo del gasto de retención.	64
Tabla 22. Cálculo de caudales generados.	66
Tabla 23. Caudal mensual generado.	67
Tabla 24. Valores de la precipitación efectiva, temperatura y humedad.	68
Tabla 25. Valores de viento, insolación, radiación y evapotranspiración.	68
Tabla 26. Cultivos permanentes de mayor área de producción.	69
Tabla 27. Cultivos transitorios de mayor área de producción.	69
Tabla 28. Características del suelo tipo medio.	70

Tabla 29. Programación de riego para los cultivos base y cultivos de rotación.	71
Tabla 30. Cálculo del requerimiento de agua para cultivos base.	72
Tabla 31. Cálculo del requerimiento de agua para cultivos de rotación.	73
Tabla 32. Demanda del recurso hídrico.	74
Tabla 33. Balance del recurso hídrico.	75
Tabla 34. Parámetros físicos – químicos de la muestra PM – 001.	76
Tabla 35. Parámetros físicos – químicos de la muestra PM – 002.	77
Tabla 36. Parámetros físicos – químicos de la muestra PM – 003.	78
Tabla 37. Parámetros inorgánicos de la muestra PM – 001.	78
Tabla 38. Parámetros inorgánicos de la muestra PM – 002.	78
Tabla 39. Parámetros inorgánicos de la muestra PM – 003.	79
Tabla 40. Parámetros microbiológicos y parasitológicos, muestra PM – 001	79
Tabla 41. Parámetros microbiológicos y parasitológicos, muestra PM – 002	79
Tabla 42. Parámetros microbiológicos y parasitológicos, muestra PM – 003	79
Tabla 43. Promedio de los parámetros físicos – químicos.	80
Tabla 44. Promedio de los parámetros inorgánicos.	80
Tabla 45. Promedio de los parámetros microbiológicos y parasitológicos.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.	19
Figura 2. Variación de la oferta hídrica del río Achamayo.	67
Figura 3. Balance hídrico del río Achamayo.	75
Figura 4. Verificación del pH.	81
Figura 5. Verificación de la conductividad.	81
Figura 6. Verificación del contenido de cloro residual.	82
Figura 7. Verificación del contenido de oxígeno disuelto en campo.	82
Figura 8. Verificación del contenido de aceites y grasas.	83
Figura 9. Verificación del contenido de demanda bioquímica de oxígeno.	83
Figura 10. Verificación del contenido de demanda química de oxígeno.	84
Figura 11. Verificación del contenido de cobre.	84
Figura 12. Verificación del contenido de plomo.	85
Figura 13. Verificación del contenido de zinc.	85
Figura 14. Verificación del contenido de coliformes termotolerantes.	86
Figura 15. Ingreso de datos climáticos según la estación Ingenio.	108
Figura 16. Precipitación efectiva en la zona de estudio.	108
Figura 17. Características del suelo.	109
Figura 18. Kc de cultivo de papa.	109
Figura 19. Kc de cultivo de alcachofa.	109
Figura 20. Kc de cultivo de habas.	110
Figura 21. Kc de cultivo de avena forrajera.	110
Figura 22. Kc de cultivo de maíz.	110
Figura 23. Kc de cultivo de trigo.	111
Figura 24. Kc de cultivo de cebada.	111
Figura 25. Kc de cultivo de alfalfa.	111
Figura 26. Patrón de cultivos base en Cropwat.	112
Figura 27. Patrón de cultivos base en Cropwat.	113
Figura 28. Requerimiento hídrico para cultivos base según Cropwat.	114
Figura 29. Requerimiento hídrico para cultivos de rotación según Cropwat.	115

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la cantidad y calidad superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo - Junín?, el objetivo general es: Evaluar la cantidad y calidad superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo – Junín y la hipótesis fue: De la evaluación de la cantidad y calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín, resulta factible para este tipo de uso.

El método de investigación es el científico, el tipo de investigación es aplicada, con un nivel explicativo - correlacional y un diseño no experimental; la población correspondió al río Achamayo, ubicado en la provincia de Concepción del departamento de Junín y el tipo de muestreo es el no probabilístico o intencional, correspondió a cuatro puntos para la determinación de la calidad de agua.

La conclusión principal es que, la cantidad de agua del río Achamayo no es suficiente para el abastecimiento a los terrenos agrícolas durante la época de estiaje; no obstante la calidad de acuerdo a los ECAs sí cumplen.

Palabras clave: Cantidad, calidad, ECAs, riego.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: What is the quantity and superficial quality for irrigation in times of low water levels of the Achamayo River - Junín?, the general objective was: To evaluate the quantity and superficial quality for irrigation in times of low water levels of the Achamayo River - Junín and the hypothesis was: Of the evaluation of the quantity and quality of superficial water for irrigation in times of low water levels of the Achamayo River - Junín, it is feasible for this type of use.

The research method was scientific, the type of research was applied, with a descriptive level and a non-experimental design; the population corresponded to the Achamayo River, located in the province of Concepción in the department of Junín and the type of sampling was non-probability or intentional, corresponding to four points for the determination of water quality.

The main conclusion was that the quantity of water from the Achamayo River is not sufficient to supply agricultural land during the dry season; however, the quality according to the ECAs does comply.

Keywords: Quantity, quality, ECAs, irrigation.

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se da un déficit del recurso hídrico para riego tanto en cantidad y calidad, situación por la cual esta investigación presenta como objetivo el evaluar la cantidad y calidad de agua superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo; para lo cual en primera instancia se calculó la oferta hídrica con la aplicación del método probabilístico estocástico Lutz Scholz, seguidamente se calculó la demanda hídrica por riego con un área total de 1683.8 ha considerado al comité de riego Concepción, 9 de Julio, Santa Rosa de Ocopa, Quichuay e Ingenio, para finalmente determinar la calidad del agua superficial del río Achamayo según los parámetros que establece los Estándares de Calidad de Agua para riego del MINAM.

La estructura de esta investigación constituye de 5 capítulos, que se describen a continuación:

El Capítulo I, trata sobre el problema de investigación, el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la delimitación de la investigación, la justificación, las limitaciones y los objetivos.

El Capítulo II, muestra el marco teórico, los antecedentes de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.

El Capítulo III, desarrolla la metodología de la investigación, donde se explica el método de investigación, tipo de investigación, nivel, diseño, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV, trata sobre los resultados obtenidos en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.

El Capítulo V, explica la discusión de resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Cinthya Tatiana Caballero Cordero.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

De acuerdo a Organismos Mundiales (OMS) informan, que la demanda mundial de agua ha estimado alrededor de 4600 km³/año y esta se prevé que aumente entre un 20% y un 30% (de 5500 a 6000 km³/año) para el 2050 (Burek, 2016). El agua es el elemento esencial para la economía mundial se encuentra en ocho sectores estas dependen del agua y otros recursos naturales: agricultura, bosques, pesca, energía, producción, reciclaje, construcción y transporte, así permite el desarrollo humano, en la seguridad social, ambiental y económica (Valdez, 2018).

Hoy en día no se cumplen los patrones sostenibles para el desarrollo y uso del recurso agua, el incremento de la demanda de este, así como la disminución de los caudales en ríos, la sobre explotación de acuíferos, los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas; son retos pendientes en cuanto al uso de los recursos hídricos. (Baldeon, 2016)

En el Perú, el sector agrícola utiliza el 80 % del uso del agua a nivel nacional, el uso poblacional un 12 %, el industrial un 6% y la minería un 2

% (Muñoz, 2011); sin embargo, esto no es suficiente para abastecer la cantidad actual de las áreas de cultivo, por la mala gestión de los caudales en épocas de estiaje. Además el desarrollo de la agricultura a nivel nacional posee como restricción la disponibilidad del recurso hídrico, pues según Magallanes (2013) el 49 % de la superficie agrícola no es trabajada debido principalmente por la falta de agua.

En el departamento de Junín, una de las principales sub cuencas es la del río Achamayo, debido a su alta producción agrícola, la cual cuenta con un caudal promedio de 3.5 m³/s y un área de 336.6 km²; sin embargo a pesar de los estudios realizados por el ANA (2019) en la actualidad no se conoce con exactitud la cantidad de oferta hídrica durante las épocas de estiaje, lo que no permite una distribución equitativa del agua, generando conflictos entre usuarios del sistema de riego.

Por otra parte, según la ZEE (Zonificación, Ecológica y Económica)(2019), la calidad del agua en el río Achamayo cumplía los LMP (Límite Máximo Permisible) que la norma exige, sin embargo el incremento poblacional en los distritos como Quichuay e Ingenio pudo haberla modificado.

En tal sentido es necesario determinar la cantidad y la calidad del agua del río Achamayo para el cultivo en épocas de estiaje, logrando una mejor producción agrícola reflejándose en el desarrollo económico y la adecuada gestión del recurso hídrico.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la cantidad y calidad de agua superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo - Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo – Junín?
- b) ¿Cuál es la calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación Social

La justificación social se da cuando se presentan alternativas de solución a problemas prácticos, y en ese sentido, este estudio aborda uno de los problemas asociados al desconocimiento sobre la cantidad y calidad de las aguas superficiales en el río Achamayo, para riego a baja altura, en Concepción, Junín.

1.3.2. Justificación Científica

En la investigación hay una justificación científica cuando el propósito del estudio es generar reflexión y análisis sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, evaluar resultados de conocimientos existentes.

La justificación científica de la reciente investigación, nos permitirá obtener resultados de la Cantidad y Calidad de agua superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo - Junín

1.3.3. Justificación Metodológica

La investigación se justifica metodológicamente cuando se propone o desarrolla un nuevo método o estrategia que permite obtener conocimiento valido o confiable.

La investigación presentó justificación metodológica pues al desarrollarla se propuso una metodología para la evaluación de la

cantidad y calidad de agua superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo - Junín

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación Espacial

La investigación se desarrolló en el río Achamayo, ubicado en la provincia de Concepción del departamento de Junín.

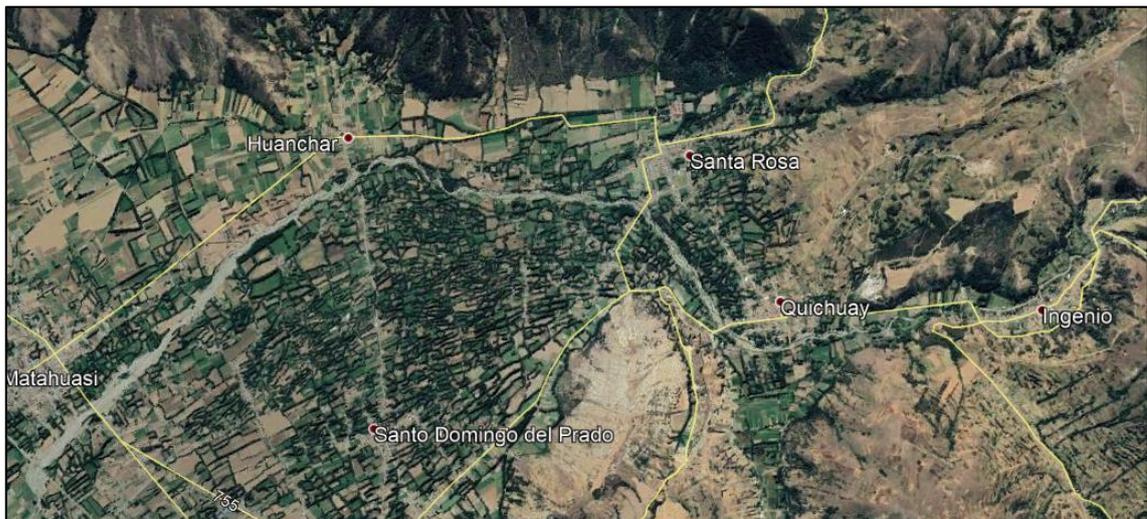


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.
Fuente: Google Earth (2019).

1.4.2. Delimitación Temporal

La investigación se ejecutó durante los meses de marzo a noviembre de 2021.

1.4.3. Delimitación Económica

Esta investigación se realizó con recursos propios, no se contó con financiamiento externo.

1.5. Limitaciones

La principal limitación que se presentó en el desarrollo de la investigación correspondió al aspecto económico, lo cual no permitió muestrear durante

cada uno de los meses del año el agua del río Achamayo para la determinación de la calidad de esta.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la cantidad y calidad superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo - Junín.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Calcular el volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo – Junín.
- b) Determinar la calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Castellón, Bernal y Hernández (2015) realizó la investigación: “Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala”, “la investigación consideró la disponibilidad y calidad del agua subterránea para el riego; particularmente para su uso en la agricultura protegida por el grupo “productores de hortalizas del sur de Tlaxcala”, atendiendo los parámetros básicos de componentes químicos que tienen influencia para el cultivo y el suelo. En conclusión, con respecto a los parámetros evaluados encontraron que todas las aguas cumplen con el parámetro de CE, ya que los valores son menores a 0.7 dS.m-1, mientras que sólo las muestras de 7 pozos cumplen con el parámetro de pH. En comparación los niveles de cloruros y sodio no tienen restricción alguna para el uso del agua en el riego y para el agua los bicarbonatos presentan una restricción moderada, esto no influye en términos de disponibilidad de nutrientes para los suelos y plantas a corto y medio plazo.”

Ortiz, Can, Romero, Cruz y Madueño (2019) desarrolló la investigación: “Calidad del agua para uso agrícola del río Mololoa, México”, “la investigación tenía como objetivo de evaluar la calidad del agua para uso agrícola del río, establecieron 12 sitios de muestreo a lo largo del cauce. El muestreo fue mensual de enero a diciembre 2016. La calidad del agua se clasificó de acuerdo al pH (potencial de hidrogeno), CE (conductividad eléctrica), SE (salinidad efectiva), RAS (relación de adsorción de sodio) y CSR (carbonato de sodio residual). En conclusión, obtuvieron un aumento del pH, CE, SE, RAS y CSR en el periodo de estiaje, debido a que el valor más alto se presentó en mayo, en la escondida, donde se concentran las descargas de agua residual de la ciudad de Tepic y del relleno sanitario el Iztete. El agua del río mololoa en el sitio la escondida, no se recomienda para riego en el mes de mayo.”

2.1.2. Antecedentes nacionales

Atencio (2018) desarrolló la investigación: “Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco - 2018”, “realizaron la investigación con el objetivo de realizar el análisis físico, químico y microbiológico del agua de consumo humano y la percepción local de la población. Para esto se tomó como referencia el reglamento de la calidad del agua para consumo humano: DS N° 031 – 2010 – SA del Ministerio de Salud y “estándares nacionales de calidad ambiental para agua” DS N° 004-2017-MINAM. En conclusión, la investigación determinó que la calidad del agua de consumo en la población de San Antonio de Rancas no es apta para el consumo del ser humano, debido a que los parámetros coliformes fecales y totales no están dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S N°031-2010-SA), de igual manera los pobladores locales mencionan que están satisfecho con la cantidad de

agua que llega a sus viviendas pero no tienen conocimientos sobre la calidad de la misma.”

Llanos (2018) realizó la investigación: “Calidad y cantidad de agua de riego en el desarrollo y rendimiento de la fresa (fragaria x annanasa) cv. san andreas”, “los objetivos de esta investigación fueron evaluar el efecto de tres niveles de humedad del suelo (60, 80 y 100% de la capacidad de campo (CC)), dos tipos de agua (la molina y desionizada) y el uso del mejorador magnético del agua sobre el desarrollo y rendimiento de la fresa (Fragaria x annanasa) cv. San Andreas. En conclusión, El agua desionizada generó valores más altos en peso seco, extracción de nutrientes, contenido de humedad en hojas y peciolo y, frutos, producción, número de frutos por planta, peso y calibre de fruto, coeficiente de partición de biomasa (CPB) en frutos y raíz y eficiencia de uso de agua (EUA). El 100 %CC logró resultados mejores en la producción, número de frutos por planta, CPB en frutos y EUA. La humedad del suelo a 80 y 100 %CC no presentó grandes diferencias en el peso seco, extracción de nutrientes, contenido de humedad, peso y calibre del fruto; no obstante, los valores fueron mayores respecto al 60 %CC. La aplicación del mejorador magnético tuvo un gran efecto en el peso seco y CPB de la corona, extracción de nutrientes en los frutos, contenido de humedad en hojas y peciolo, número de frutos por planta y calibre del fruto.”

Valdez (2018) desarrolló la investigación: “Evaluación de los recursos hídricos en la subcuenca del río San José – Azángaro”, “la investigación realizó la evaluación de los recursos hídricos de la cuenca San José, mediante la aplicación del balance hídrico, con el objetivo de conocer la disponibilidad y el potencial de recursos hídricos, realizando un inventario de fuentes de aguas superficiales existentes y sus características, determinando la demanda para uso agrícola con fines de riego y la demanda ecológica natural, y lo tanto determinar la potencialidad de los recursos hídricos disponibles de la sub cuenca. En conclusión, Se verifico y demostró que existen recursos hídricos no

aprovechados, gracias a la carencia de infraestructuras de almacenamiento, que ayuda a regular su disponibilidad durante el año, compone de un total de 207 fuentes de aguas superficiales, conformadas por 17 bofedales, 5 lagunas, 23 ríos, 31 manantiales, tiene 75.01 millones de metros cúbicos de disponibilidad bruta.”

2.2. Marco conceptual

2.2.1. El ciclo hidrológico como sistema

El sistema es un mecanismo, estructura, esquema o procedimiento real que relaciona en el tiempo y espacio una causa, estímulo o entrada de materia, energía o información con una salida, efecto o respuesta de materia, información o energía. (Gamarra, 2018).

Los métodos ayudan a diferenciar los sistemas hidrológicos: la investigación de sistemas hidrológicos (hidrología aplicada) e hidrología física (o científica). En la hidrología física relacionan diferentes disciplinas en el campo de la ciencia natural para intentar entender el funcionamiento de un sistema hidrológico. Este logra descripciones cuantitativas completas excepto para sistemas muy simples o demasiado complejas, aunque los conocimientos desarrollados han ejercido una influencia sobre los métodos de sistemas hidrológicos de investigación y los resultados obtenidos sobre las limitaciones e interpretaciones. (Gamarra, 2018).

Hidrología paramétrica: Incremento de relaciones entre diferentes variables y uso de las mismas para predecir series hidrológicas (ejemplo: relaciones precipitación-escorrentía). (Gamarra, 2018).

Hidrología probabilística: Conjunto de procesos matemáticos mediante los cuales se usan características aleatorias y propiedades estadísticas de las variables hidrológicas, con el fin de implementar modelos probabilísticos de los procesos que permiten predecir y simular comportamiento de los sistemas en estudio. (Gamarra, 2018).

La hidrología de hoy en día utiliza una combinación de los métodos antes descritos y tienen dos características en común. (Gamarra, 2018):

- Dependen de registros y datos históricos de los valores de las variables (medición)
- Se basan en las hipótesis que no varían en el tiempo de los sistemas hidrológicos.

2.2.2. Modelo hidrológico

Los modelos suelen usarse en hidrología para intentar representar el comportamiento del sistema hidrológico, un modelo puede ser material o formal. (Gamarra, 2018):

- Modelo material, es la representación física del prototipo, de una forma más simple, compartiendo propiedades similares a las del prototipo. Los modelos de este tipo pueden ser físicos o análogos. (Gamarra, 2018).
- El modelo formal, es una abstracción matemática de una situación ideal que preserva las propiedades estructurales importantes del prototipo, en la hidrología ingenieril todos los modelos utilizados son modelos matemáticos. (Gamarra, 2018).
- Un modelo matemático puede ser: conceptual, teórico o empírico. El empírico usa las inferencias provenientes del análisis de datos, mientras el teórico se basa en un grupo de leyes generales y el conceptual se ubica entre estos dos. (Gamarra, 2018).

En hidrología ingenieril se usa hoy en día cuatro tipos de modelos matemáticos:

- Determinístico o físicamente basado, se forma utilizando las leyes de la física que rigen procesos involucrados descrito mediante ecuaciones diferenciales.

- Probabilística, se rige por las leyes de la probabilidad y el azar.
- Conceptual, es una representación más simple de los procesos físicos que se obtienen integrando las variaciones temporales o espaciales.
- Paramétrico, por medio de ecuaciones algebraicas se representan los procesos hidrológicos que tiene parámetros a determinar de manera empírica.

Los métodos de análisis en ingeniería hidrológica pueden clasificarse en alguno de los 4 tipos de modelos descritos:

- El rastreo de crecidas usando la teoría de la onda cinética es un método determinístico, gobernado por una ecuación diferencial parcial que describe el balance de masa y momentum.
- El análisis de las frecuencias de crecidas es un método probabilístico.
- El modelo de cascada de embalses lineales es conceptual: se trata de simular las complejas respuestas de la cuenca por medio de una serie de hipotéticos embalses lineales.
- El método de la fórmula racional es paramétrico: el caudal máximo se calcula en base a un coeficiente de escorrentía determinado de forma empírica.

2.2.3. Modelo propuesto por Lutz Scholz para la oferta hídrica

El modelo de Lutz Scholz es una combinación que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para un promedio en un año (Balance Hídrico -Modelo determinístico) y, una estructura de forma estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico); este modelo fue desarrollado para cuencas de la sierra peruana en los años

1979 y 1980 en el marco de la cooperación técnica con la República Alemana a través del Plan Meris II. (Scholz, 1980).

El Plan Meris II fue creado en el marco Convenio de Cooperación Técnica suscrito entre el Gobierno del Perú y la República Federal de Alemania aprobado mediante Decreto Ley N° 21086 de fecha 28 de enero de 1975. El 07 de diciembre de 1990 por Decreto Regional N° 005-90-AR/RI fue constituido como Proyecto Especial Regional Plan de Mejoramiento de Riego de la Sierra y Selva de la Región Inka Plan Meris Inka.

El Plan Meris tiene la misión de promover la gestión integrada del riego cuencas, compatibles con el medio ambiente, que busca elevar el nivel de vida de los productores agrarios y población de influencia mediante el fortalecimiento de sus capacidades.

“Con la falta de registros de caudal en la sierra del Perú, el modelo se desarrolló tomando parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas que se pudieran obtener mediante cartografía y mediciones de campo, los parámetros más importantes para este modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. (Scholz, 1980).

El modelo se implementó con la finalidad de predecir caudales a escala mensual, usándose inicialmente en estudios de proyectos de riego y luego se extendió el uso a estudios hidrológicos con cualquier finalidad prácticamente, los resultados de este modelo en las cuencas de la sierra peruana, han funcionado satisfactoriamente respecto a los valores medidos. (Scholz, 1980).

La fórmula utilizada para el desarrollo de caudales para periodos extendidos es:

$$Q_t = B_0 + B_1 * Q_{t-1} + B_2 * PE_t + Z * S * (1 - r^2)^{0.5}$$

Dónde:

Q_t : Caudal del mes t.

- Q_{t-1} : Caudal del mes anterior.
- PE_t : Precipitación efectiva del mes t.
- B_i : Coeficientes de la regresión lineal múltiple.
- S : Error estándar de la regresión múltiple.
- r : Coeficiente de correlación múltiple.
- Z : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año t.

Generación de caudales medios mediante el modelo Lutz Scholz

Para generar caudales usando el modelo Lutz Scholz, se sigue el procedimiento a continuación descrito (Mamani, 2015):

Ecuaciones del balance hídrico

La ecuación que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es (Mamani, 2015):

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \dots \dots (1)$$

Donde:

- CM_i : Caudal mensual (mm/mes)
- P_i : Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)
- D_i : Déficit de escurrimiento (mm/mes)
- G_i : Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)
- A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Asumiendo, que para períodos largos (de un 1 año en este caso) el gasto y abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir $G_i = A_i$, y que para el año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera mediante evaporación. (Mamani, 2015).

Sustituyendo (P-D) por (C*P), y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m^3/seg) la ecuación (1) se convierte:

$$Q = c' * C * P * AR \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- Q : Caudal (m³/s)
- c' : coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)
- C : coeficiente de escurrimiento
- P : Precipitación total mensual (mm/mes)
- AR : Área de la cuenca (m²)

Coefficiente de escurrimiento

Para la investigación se ha considerado usar la fórmula propuesta por L. Turc (Mamani, 2015):

$$C = \frac{P - D}{P} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

- C : Coeficiente de escurrimiento (mm/año)
- P : Precipitación Total anual (mm/año)
- D : Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de D y L, se usarán las siguientes expresiones:

$$D = P \frac{1}{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (4)$$

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3 \dots \dots \dots (5)$$

Siendo:

- L : Coeficiente de temperatura
- T : Temperatura media anual (°C)

Dado que no se ha obtenido una ecuación general del coeficiente de escurrimiento para la sierra, se ha desarrollado la fórmula siguiente, que es válida para la región sur (Mamani, 2015):

$$\bar{C} = 3.16E12(P^{-0.571})(EP^{-3.686})\gamma = 0.96 \dots \dots \dots (6)$$

$$\bar{D} = -1380 + 0.872(P) + 1.032(EP)\gamma = 0.96 \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

- C : Coeficiente de escurrimiento
- D : Déficit de escurrimiento (mm/año)
- P : Precipitación total anual (mm/año)
- EP : Evapotranspiración anual (mm/año)
- r : Coeficiente de correlación

Para calcular, la tasa de evaporación promedio anual y mensual a partir de la superficie de suelo y subsuelo en el área de estudio, se establece sobre la base de la información de datos de evaporación libre de “Tanque Tipo A” en mm/mes (Mamani, 2015). La ecuación matemática para determinar la evapotranspiración potencial de referencia es:

$$ETP = EV * KT \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

- ETP : Evapotranspiración Potencial de referencia (mm/día).
- Ev : Evaporación libre de tanque clase “A” en (mm/día).
- Kt : Coeficiente empírico, vigente para las condiciones ambientales del tanque, se considera K = 0.80.

Precipitación efectiva

Se calcula para el coeficiente de escurrimiento promedio, de forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total es igual al coeficiente de esorrentía (Mamani, 2015). Con el fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha determinado el polinomio de quinto grado:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5 \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

PE : Precipitación efectiva (mm/mes)

P : Precipitación total mensual (mm/mes)

Ai : Coeficiente del polinomio

Las siguientes tablas muestran los límites de la precipitación efectiva y los tres juegos de coeficientes ai, que permiten alcanzar por interpolación valores de C, comprendidos entre 0.15 y 0.45. (Mamani, 2015).

Tabla 1.Límite superior para la precipitación efectiva.

Curva N°	Ecuación	Rango
Curva I	PE = P - 120.6	P > 177.8 mm/mes
Curva II	PE = P - 86.5	P > 152.4 mm/mes
Curva III	PE = P - 59.7	P > 127.0 mm/mes

Fuente: Mamani (2015).

Tabla 2. Método de la United State Bureau of Reclamation (USBR).

Precipitación mensual (mm)	Porcentaje de aumento (%)	Precipitación efectiva acumulada (mm)
0 - 25.4	90 - 100	22.9 - 25.4
25.4 - 50.8	85 - 95	44.5 - 49.5
50.8 - 76.2	75 - 90	63.5 - 72.4
76.2 - 101.6	50 - 80	76.2 - 92.7
101.6 - 127.0	30 - 70	83.8 - 102.9
127.0 - 152.4	10. - 40	86.4 - 118.1
> 152.4	0 - 10	86.4 - 120.6

Fuente: Plan Meriss II- generación de caudales mensuales para la sierra del Perú-Lutz Scholz (Mamani, 2015).

Tabla 3. Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.

a_i	Curva I	Curva I	Curva I
a_0	-0.018	-0.021	-0.028
a_1	-0.0185	0.1358	0.2756
a_2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a_3	-1.20E-05	-4.35E-08	-5.53E-05
a_4	-1.44E-05	-8.90E-08	-1.24E-07
a_5	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

Fuente: Plan Meriss II- generación de caudales mensuales para la sierra del Perú- Lutz Scholz (Mamani, 2015).

Llegando así a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total (Mamani, 2015):

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

C : Coeficiente de escurrimiento.

Q : Caudal anual.

$\sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$: Suma de la precipitación efectiva mensual.

P : Precipitación total anual.

Retención de la cuenca

Suponiendo que exista un equilibrio entre el abastecimiento y el gasto de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según. (Mamani, 2015):

$$R_i = CM_i - P_i \dots \dots \dots (11)$$

$$CM_I = PE_I + G_I - A_I \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

CMi : Caudal mensual (mm/mes)

PEi : Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)

- Ri : Retención de la cuenca (mm/mes)
- Gi : Gasto de la retención (mm/mes)
- Ai : Abastecimiento de la retención (mm/mes)
- Ri : Gi para valores mayores que cero (mm/mes)
- Ri : Ai para valores menores que cero (mm/mes)

Sumando los valores de G o A respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio (Mamani, 2015).

Relación entre descargas y retención

Según Mamani (2015), durante la estación de sequía, el gasto de la retención nutre los ríos, constituyendo el caudal. La retención de la cuenca se acaba al final de la estación de sequía; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a

$$Q_T = Q_0 e^{-a(T)} \dots \dots \dots (13)$$

- Qt : descarga en el tiempo t
- Qo : descarga inicial
- a : Coeficiente de agotamiento
- t : tiempo

Cuando comienza la estación de lluvia, el proceso de agotamiento de la reserva se termina, comenzando por su parte el abastecimiento en los almacenes hídricos. Este proceso se define por un déficit entre el caudal real y la precipitación efectiva. (Mamani, 2015).

Coeficiente de agotamiento

Usando la fórmula (14) se puede calcular el coeficiente de agotamiento "a", en base a los datos hidrométricos. Este no es constante durante toda la estación de sequía, ya que va disminuyendo de forma gradual. (Mamani, 2015).

Con el fin de tener cálculos más prácticos se puede despreciar la variación del coeficiente "a" durante la estación de sequía empleando un valor promedio. (Mamani, 2015).

El coeficiente de agotamiento "a" en la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la misma. (Mamani, 2015).

$$a = f(\ln AR)$$

$$a = 3.1249E67(AR)^{-0.1144}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429} \dots \dots \dots (14)$$

$$\gamma = 0.86$$

Es posible determinar el coeficiente de agotamiento verdadero usando aforos sucesivos en el río durante la estación de sequía; pero cuando no se puede hacer de esa manera, se pueden utilizar las ecuaciones desarrolladas para conseguir el coeficiente "a" para cuatro clases de cuencas. (Mamani, 2015):

- Cuencas con agotamiento muy rápido. Gracias a temperaturas elevadas (> 10°C) y retención que va entre reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año). (Mamani, 2015):

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.034 \dots \dots \dots (15.1)$$

- Cuencas con agotamiento rápido. Retención que va entre 50 y 80 mm/año y poco desarrollo de vegetación (puna) (Mamani, 2015):

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.030 \dots \dots \dots (15.2)$$

- Cuencas con agotamiento mediano. Retención mediana (80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados). (Mamani, 2015):

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.026 \dots \dots \dots (15.3)$$

- Cuencas con agotamiento reducido. Gracias a la alta retención (> 100 mm/año) y mezcla de vegetación. (Mamani, 2015):

$$a = -0.00252(\ln AR) + 0.023 \dots \dots \dots (15.4)$$

Donde:

a: coeficiente de agotamiento por día.

AR : área de la cuenca (km²).

EP : evapotranspiración potencial anual (mm/año).

T : duración de la temporada seca (días).

R : retención total de la cuenca (mm/año).

Almacenamiento hídrico

Unos tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca son: acuíferos, lagunas o pantanos, y nevados. (Mamani, 2015).

La determinación de la lámina "L" que almacena cada tipo de estos almacenes son. (Mamani, 2015):

Acuíferos:

$$L_A = -750(l) + 315 \text{ (mm/año)} \dots \dots \dots (16.1)$$

Siendo:

LA : lámina específica de acuíferos

l : pendiente de desagüe: l <= 15 %

Lagunas o pantanos:

$$L_L = 500 \text{ (mm/año)} \dots \dots \dots (16.2)$$

Siendo:

LL : lámina específica de lagunas y pantanos

Nevados:

$$L_N = 500 \text{ (mm/año) } \dots \dots \dots (16.3)$$

Siendo:

L_N : lámina específica de nevados

Las áreas se determinan en los mapas o aerofotografías, no se incluyen los almacenamientos a corto plazo no se consideran para este caso. Este almacenamiento se formula en milímetros sobre toda la cuenca. Se considera como referencia los reportes del modelo elaborado por el PLAN MERISS II. (Misión Técnica Alemana) (Mamani, 2015).

Gasto de la retención

Durante la estación de sequía la contribución mensual de la retención se determina experimentalmente en base a datos históricos de la cuenca en estudio, se usa esta expresión (Mamani, 2015):

$$G_i = [b_i / \sum_{i=1}^m b_i] R \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

b_i : relación entre el caudal del mes actual y anterior (coeficiente del gasto de la retención).

$\sum_{i=1}^m b_i$: sumatoria de la relación entre el caudal del mes i y el caudal inicial. (Coeficiente del gasto de la retención).

G_i : gasto mensual de la retención (mm/mes).

R : retención total de la cuenca (mm/mes).

El coeficiente del gasto de la retención se calcula de la siguiente manera:

$$b_i = e^{-a.t} \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

b_i : relación entre el caudal del mes actual y anterior (coeficiente del gasto de la retención).

a : coeficiente de agotamiento.

t : número de días del mes, es acumulativo para los meses siguientes.

Restitución

Con la ecuación siguiente podemos estimar la cuota del almacenamiento mensual en el área de interés (Mamani, 2015).

$$R_i = (r_i / \sum r_i \cdot A) \dots \dots \dots (19)$$

$$r_i = r / 100$$

Donde:

iR : Proporción del agua de lluvia que entra en el almacén hídrico para el mes.

A : almacenamiento hídrico.

R : almacenamiento hídrico (mm/año).

Ir : almacenamiento hídrico durante la época de lluvia para el mes.

Las dimensiones de cada tipo de cuenca se mide la suficiente precisión en mapas de 1:100.000 y también en caso de estar disponibles se toma aerofoto como referencias (Mamani, 2015).

Abastecimiento de la retención:

En la misma región climática el abastecimiento es uniforme para las cuencas en la estación lluviosa. Los coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual de ciertas zonas se muestran en el siguiente cuadro. (Mamani, 2015):

Tabla 4. Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias (valores en %).

Región	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Cuzco	0	5	35	40	20	0
Huancavelica	10	0	35	30	20	5
Junín	10	0	25	30	30	5
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35

Fuente: plan Meriss II- generación de caudales mensuales para la sierra del Perú-Lutz Scholz (Mamani, 2015).

La lámina de agua “ A_i ” que ingresa en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la Precipitación Efectiva PE $_i$. Se calcula mediante la siguiente manera. (Mamani, 2015):

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \dots \dots \dots (20)$$

Siendo:

A_i : abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes).

a_i : coeficiente de abastecimiento (%).

R : retención de la cuenca (mm/año).

Caudal mensual para un año promedio

Basado en la ecuación fundamental del balance hídrico mensual a partir de los componentes anteriormente descritos. (Mamani, 2015):

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

CM_i : caudal del mes i (mm/mes).

PE_i : precipitación efectiva del mes i (mm/mes).

G_i : gasto de la retención del mes i (mm/mes).

A_i : abastecimiento del mes i (mm/mes).

Generación de caudales para periodos extendidos

Con el fin de generar una serie sintética de caudales para períodos extendidos, se implementó un modelo estocástico que consta en una combinación de un proceso markoviano de primer orden, según la ecuación (19) con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la ecuación (22). (Mamani, 2015):

$$Q_t = f(Q_{t-1})$$

$$Q = g(PE_t)$$

Con el fin de incrementar el rango de valores generados y obtener una óptima aproximación a la realidad y se utiliza una variable aleatoria (Mamani, 2015).

$$Z = z(S)\sqrt{(1 - r^2)} \dots \dots \dots (22)$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es (Mamani, 2015):

$$Q_t = B_1 + B_2(Q_{t-1}) + B_3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2} \dots \dots \dots (23)$$

Donde:

Q_t : caudal del mes t.

Q_{t-1} : caudal del mes anterior.

PE_t : precipitación efectiva del mes.

B_1 : factor constante o caudal básico.

Los parámetros se calculan sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión. Para el cálculo se recomienda usar un software de cálculo o de uso específico (Mamani, 2015).

Para generar este proceso se requiere un valor inicial, el cual se puede obtener así (Mamani, 2015):

Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo

El caudal promedio de cualquier mes se toma como valor inicial.

Comenzar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor Q_0 sin considerar los valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado (Mamani, 2015).

2.2.4. Los múltiples usos y beneficios del agua

El agua es un recurso que se genera en los ciclos hidrológicos que tienen dependencia de los factores topográficos y climáticos en ciertos territorios. Para que el agua se reproduzca naturalmente el ciclo hidrológico es muy importante (Zegarra, 2014).

De un ciclo hidrológico en un territorio y con un cierto nivel tecnológico, los seres humanos se aprovechan de los beneficios del agua. Algunos de los beneficios que obtiene los humanos del agua son los siguientes. (Zegarra, 2014):

- Para consumo directo, agua potable, cocina, higiene personal.
- Para saneamiento, disposición de excretas.
- Para pesca.
- Para la agricultura (irrigación, ganadería, forestal).
- Para generar energía.
- Para transporte.
- Para uso industrial.
- Para minería.
- Como recipiente de desechos sólidos y líquidos.
- Para usos estéticos y recreacionales.
- Para servicios ambientales, ecológicos o ecosistémicos.
- No usarla (para preservación).

Todos los beneficios generados para los seres humanos por el agua son enormes. El agua se usa para conservar la higiene, la salud y la vida de las personas y de mala manera también se utiliza para depositar desechos generados por la actividad humana. También, puede generar algunos beneficios menos tangibles, tales como, recreacionales, de prestación de servicios ambientales. (Zegarra, 2014).

2.2.5. Demanda del recurso hídrico

Demanda de agua para uso agropecuario

La demanda agropecuaria consta de dos grandes componentes, la demanda agrícola que se origina en las necesidades del riego, el otro es el consumo pecuario. El riego es la actividad que mayor cantidad de agua consume. La demanda mundial del agua para riego se calcula que será de 3250 kilómetros cúbicos por año. Esto quiere decir que el 62.6 % del uso de agua en el mundo corresponderán al riego. A comienzos del siglo el porcentaje era del 90 %. Esto demuestra el aumento de la demanda en otros sectores. (Rocha, 1993).

La demanda agrícola depende de la demanda por hectárea multiplicada por el número de hectáreas. En este sentido, pueden hablar de una demanda agrícola de cualquier unidad agrícola. (Rocha, 1993).

La demanda obtenida en las consideraciones antes expuestas debe aumentar en la cantidad necesaria para cubrir las pérdidas en el sistema (Rocha, 1993).

La agricultura, una de las actividades de mayor consumo de recursos hídricos, necesita de estrategias que generen una mejor eficiencia del uso del agua. Para casi todas las regiones del mundo, incrementar la productividad del agua usada en la agricultura constituye el mayor potencial para brindar una mejor seguridad alimenticia y reducir la pobreza al costo ambiental con menos impacto. (Hernández, 2017).

Métodos de riego

Los métodos de riego se diferencian por la manera de aplicar el agua en el suelo, en la actualidad existen tres métodos: superficial, en el que el agua se aplica sobre la superficie del suelo; presurizado, el agua es conducida mediante una presión por tuberías, hasta un emisor en el punto de aplicación; y subsuperficial, en el que el agua se aplica por debajo de la superficie del suelo. (Hernández, 2017).

- Riego superficial, en este método de riego, el agua se discurre sobre la superficie del suelo en la parte de mayor altura del terreno para que se mueva mediante acción de la gravedad; con esto, una parte del agua escurre, mientras que otra filtra en el suelo, según la velocidad de infiltración del suelo y de la pendiente del terreno. Para que esto suceda, el gasto brindado a la entrada del surco debe ser mayor que el gasto que penetra en el suelo. La distribución del agua por medio de la gravedad se da mediante dos operaciones básicas. (Berlijn, J & Brouwer, I, 2008)
- Riego por inundación, en este método el agua se aplica a través de melgas, que es una franja de terreno mayormente de forma rectangular, delimitada por dos bordos longitudinales paralelos y dos bordos transversales. La melga tiene una pendiente longitudinal que debe ser igual a la dirección del riego, y una transversal que es muy pequeña (generalmente menor de 0.1 %). (Berlijn, J & Brouwer, I, 2008)
- Riego por surcos, este método es más usado debido a la gran cantidad de cultivos que se siembran en hileras. El método de riego por surcos se aplica en cultivos tales como caña de azúcar, papas, maíz, algodón, tomate, tabaco, y otros que se realizan en hileras. Los surcos tienen una profundidad de 20 a 30 cm. En terrenos nivelados los surcos son lineales. En el caso de terrenos ondulados, los surcos siguen su topografía. La distancia entre los

surcos depende también de los cultivos. En la práctica, se usan distancias entre los surcos que varían entre 75 y 150 cm, según el cultivo y el tipo de suelo. (Berlijn y Brouwer, 2008).

Los proyectos para sistemas de riego deben considerar una demanda adicional al requerimiento de diseño con el objetivo de agua adicional disponible para el lavado de sales. (Rocha, 1993).

No se podría explicar en lo anterior expuesto lo extenso de las diferentes demandas de agua que existen, pues casi no hay actividad económica en la que no exista el agua. (Rocha, 1993).

Eficiencia del sistema de riego (Efr)

La eficiencia de un sistema de riego es la relación entre la cantidad de agua empleada por las plantas y la cantidad de agua proporcionada desde la bocatoma, la cantidad de agua que es captada de una fuente natural de un sistema de riego será trasladada a través de un canal principal, luego derivada por un canal de distribución y finalmente se deriva el agua al nivel de la parcela para algún cultivo del productor agrario. Que finalmente se evaluara del caudal captado en la bocatoma, cuánta agua de esta, es empleada para el riego del cultivo, y para ello es importante calcular la eficiencia de riego a fin de determinar la demanda de agua que se requiere en un proyecto de riego siendo esta un factor determinante en el cálculo de la demanda hídrica de todo el proyecto de riego. (DGIAR, 2015)

$$Efr = Efc \times Efd \times Efa \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Efc : eficiencia de conducción.

Efd : eficiencia de distribución.

Efa : eficiencia de aplicación.

Eficiencia de conducción (Efc). – La eficiencia de conducción permite evaluar la pérdida de agua en el canal principal desde la bocatoma hasta el punto final del canal principal.

Existe casos en que no es factible cerrar la compuertas de los canales laterales de distribución L1, L2, L3,..., Ln los mismos que se consideran en la forma de cálculo de la eficiencia de conducción. (DGIAR, 2015):

$$Efc = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal principal} + \sum \text{Caudales de distribución}}{\text{Caudal de agua que entra al canal principal}} \times 100 \dots (2)$$

Eficiencia de distribución (Efd). – Se obtiene de todos los canales de distribución de 1er, 2do, 3er, etc, orden, que sirven para distribuir el agua hacia las parcelas o chacras de los usuarios. Mide la pérdida que se produce entre la toma lateral del canal principal, hasta la entrega a los usuarios de una zona de riego. (DGIAR, 2015)

La Ecuación para determinar la eficiencia de un canal de distribución:

$$Efd = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal de Distrib.} + \sum \text{Caudales de los laterales}}{\text{Caudal de agua que entra al canal lateral}} \times 100 \dots (3)$$

Eficiencia de aplicación (Efa). – La eficiencia de aplicación de riego es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados.

El valor de la eficiencia se ve afectada por la superficie de la parcela, para lo cual tendrá una relación de proporcionalidad. Teniendo esto en cuenta se empleara la siguiente ecuación en caso de tener varias parcelas: (DGIAR, 2015)

$$Efa = \frac{A_1 \times Er_1 + A_2 \times Er_2 + \dots + A_n \times Er_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots (4)$$

Donde:

An : Área de parcela.

Er : Eficiencia de riego en parcela.

Tabla 5. Eficiencias de los sistemas de riego.

Sistema de riego	Eficiencia
Inundación	0.4
Aspersión	0.7
Goteo	0.9

Fuente: Manual de riego del Ministerio de Economía y Finanzas – 2003 (Nuñez y Hurtado, 2015)

Evapotranspiración real del cultivo (ETa)

Es muy difícil estimar con exactitud la evapotranspiración real del cultivo. El *Estudio FAO: Riego y Drenaje N.º 33* proporcionó cuadros que podrían usarse para estimar la ETa, en base a datos de tasas de evapotranspiración, agua disponible en el suelo e intervalos de humedad. Sin embargo, los cuadros eran complicados, pero después fueron sustituidas por cálculos más precisos de la ETa, basados en los cálculos diarios de balance de agua y métodos digitales de computación. (Steduto, Hsiao, Fereres y Raes, 2012)

Los cálculos de balance de agua permiten determinar el nivel de agua disponible en el suelo en la zona radicular de manera diaria. Siempre que haya agua disponible para el cultivo, la $ETa = ETx$. Cuando se logra el nivel de humedad crítico del suelo, definido como una parte del contenido total de humedad del suelo (p), la transpiración baja por el cierre de las estomas y, por lo tanto, la $ETa < ETx$, hasta que la humedad del suelo en la zona radicular alcance el punto de marchitez permanente, cuando se asume ETa como cero. Este contenido crítico de humedad del suelo se calcula a partir de las características del suelo, del cultivo, del enraizamiento y de la tasa de ETo. (Steduto et al., 2012).

Evapotranspiración máxima del cultivo (ET_x)

Según Steduto et al. (2012) los procedimientos para determinar la ET_x se basaron en las guías de la FAO para los requerimientos de agua en los cultivos (ET_c), y el componente ET_x de la ecuación, equivalente a ET_c, determinada como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) por el coeficiente de cultivo (K_c), es decir:

$$ET_x = K_c ET_o \dots \dots (24)$$

Coefficientes de cultivo (K_c)

Es la proporción entre la demanda de agua del cultivo mantenido a niveles óptimos (ETA) y la demanda del cultivo de referencia (ETP). (Baldomero, 2009).

Tabla 6. Coeficientes de cultivos (k_c) para cultivos anuales.

% de desarrollo	Maíz	Trigo	Algodón	Sorgo	Cártamo	Soya	Arroz	Frijol	Ajonjolí	Garbanzo	Cebada	Jitomate	Linaza	Chile	Papa	Cacahuete	Cucurbitáceas
0	0.42	0.15	0.20	0.30	0.14	0.51	0.45	0.50	0.30	0.30	0.15	0.43	0.30	0.48	0.30	0.15	0.45
5	0.45	0.20	0.22	0.35	0.16	0.45	0.50	0.54	0.35	0.35	0.20	0.43	0.35	0.50	0.35	0.17	0.47
10	0.48	0.30	0.25	0.40	0.18	0.41	0.55	0.60	0.40	0.40	0.30	0.43	0.40	0.55	0.40	0.20	0.50
15	0.51	0.40	0.28	0.48	0.22	0.45	0.65	0.65	0.50	0.50	0.40	0.45	0.50	0.65	0.45	0.25	0.53
20	0.60	0.55	0.32	0.60	0.27	0.51	0.72	0.73	0.60	0.55	0.55	0.45	0.55	0.75	0.50	0.29	0.55
25	0.65	0.70	0.40	0.70	0.35	0.51	0.80	0.80	0.70	0.65	0.70	0.50	0.70	0.80	0.60	0.36	0.60
30	0.70	0.90	0.50	0.80	0.44	0.51	0.85	0.90	0.80	0.70	0.90	0.55	0.90	0.90	0.70	0.43	0.65
35	0.80	1.10	0.62	0.90	0.54	0.52	0.90	0.97	0.87	0.75	1.10	0.65	1.00	0.95	0.82	0.52	0.70
40	0.90	1.25	0.89	1.00	0.64	0.55	0.92	1.05	0.95	0.78	1.25	0.75	1.10	0.98	0.97	0.61	0.75
45	1.00	1.40	0.90	1.08	0.76	0.57	0.93	1.10	1.00	0.80	1.40	0.85	1.15	1.03	1.05	0.61	0.80
50	1.05	1.50	0.98	1.07	0.88	0.60	0.93	1.12	1.10	0.82	1.50	0.95	1.20	1.05	1.16	0.80	0.81
55	1.07	1.57	1.00	1.05	0.97	0.63	0.93	1.12	1.20	0.85	1.57	1.00	1.28	1.05	1.25	0.90	0.82
60	1.08	1.62	1.02	1.00	1.07	0.66	0.92	1.10	1.28	0.85	1.62	1.03	1.30	1.05	1.30	1.00	0.80
65	1.07	1.61	1.00	0.95	1.07	0.68	0.90	1.05	1.30	0.82	1.61	1.02	1.35	1.03	1.35	1.01	0.79
70	1.05	1.55	0.95	0.90	1.08	0.70	0.85	1.02	1.32	0.80	1.55	0.98	1.30	1.00	1.38	1.02	0.77
75	1.02	1.45	0.87	0.82	1.02	0.70	0.80	0.95	1.29	0.75	1.45	0.95	1.28	0.97	1.38	0.91	0.75
80	1.00	1.30	0.80	0.75	0.96	0.69	0.68	0.87	1.25	0.70	1.30	0.90	1.25	0.90	1.35	0.80	0.72
85	0.95	1.10	0.75	0.70	0.86	0.63	0.63	0.80	1.10	0.65	1.10	0.85	1.10	0.85	1.33	0.60	0.71
90	0.90	0.95	0.65	0.65	0.76	0.56	0.58	0.72	1.00	0.60	0.95	0.80	0.95	0.80	1.30	0.41	0.70
95	0.87	0.80	0.55	0.60	0.60	0.43	0.55	0.70	0.90	0.50	0.80	0.75	0.80	0.70	1.25	0.25	0.67
100	0.85	0.62	0.50	0.55	0.45	0.31	0.47	0.62	0.80	0.40	0.62	0.70	0.60	0.60	1.20	0.11	0.65

Fuente: Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos (Baldomero, 2009).

Procedimientos computarizados de cálculo (CROPWAT)

El uso de funciones de productividad del agua, se facilita usando el modelo CROPWAT, que brinda procedimientos de computación para calcular las disminuciones del rendimiento en base al enfoque del Estudio FAO: Riego y Drenaje N.º 33, usando cálculos de balance hídrico de manera diaria. CROPWAT ha sido empleado ampliamente como una herramienta sencilla de manejo del calendario de riego y para estimar las depreciaciones del rendimiento en condiciones de déficit hídrico. Valores estándar de los parámetros del cultivo (K_c , p , profundidad de raíces, etc.) y de K_y están contenidos en el modelo y se pueden modificar para ajustarse a las condiciones locales. (Steduto et al., 2012)

a. El factor de respuesta del rendimiento (K_y)

Los valores de K_y son distintos para cada cultivo y varían durante el período de crecimiento según sus etapas, así. (Steduto et al., 2012):

- $K_y > 1$: la respuesta del cultivo es más sensible al déficit hídrico, con una disminución del rendimiento proporcionalmente mayor que la disminución del uso del agua debido al estrés.
- $K_y < 1$: el cultivo es más tolerante al déficit hídrico y se recupera parcialmente del estrés, mostrando disminuciones del rendimiento proporcionalmente menores, debidas a la disminución del uso del agua.
- $K_y = 1$: la disminución del rendimiento es directamente proporcional a la disminución del uso del agua.

CROPWAT contiene varios modelos para calcular la evapotranspiración de referencia en base a datos climáticos diarios, semanales o mensuales, requerimientos de agua de los cultivos y requerimientos de riego a partir de los datos climáticos y del cultivo, además de los esquemas de suministro de agua para distintos patrones

de cultivo. CROPWAT se creó como una herramienta práctica para realizar cálculos estándar para el diseño y manejo de los sistemas de riego, y para mejorar las prácticas de riego. También se puede usar para los calendarios de riego en condiciones de riesgo completo o deficitario, y para esto emplea los factores de respuesta de rendimiento determinados a partir de las funciones de producción cultivo-agua sintetizadas en el *Estudio FAO: Riego y Drenaje* N.º 33. Para poder hacer los cálculos en muchos países, en el software CROPWAT se ha incluido una base de datos climáticos, CLIMWAT, con base en datos agrometeorológicos compilados por el servicio agrometeorológico de la FAO, que contiene más de 3 200 estaciones en 144 países y comprende desde 1961 hasta 1990. (Steduto et al., 2012)

Este programa determina las exigencias de riego de los cultivos con fines de distribución de zonas de riego. Los cálculos comienzan con la estimación de la evapotranspiración potencial de los cultivos (ETc) a partir de la evapotranspiración de referencia (ETo) calculada por el método FAO Penman-Monteith con datos climáticos diarios mensuales. Esta estimación es usada para determinar los requerimientos de riego de los cultivos, usada después para la programación del riego de acuerdo a un plan de cultivos de un área de riego. (Hernández, 2017)

2.2.6. Calidad del agua

La calidad de las masas de agua ya sea superficial o subterránea depende de factores de la acción humana, tanto como factores naturales. (ONU, 2016).

Sin la intervención humana, la calidad del agua se determinaría por la erosión del substrato mineral, sedimentación de lodos y sales, los procesos atmosféricos de evapotranspiración, los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos y los procesos biológicos en el medio acuático que puedan alterar la composición física y química del agua. (ONU, 2016).

La calidad del agua se puede determinar comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua. En el agua potable estas normas se establecen para asegurar el suministro el agua limpia para el consumo humano y proteger la salud de las personas. Las normas se basan en unos niveles de toxicidad científica aceptable tanto para los humanos como en los organismos acuáticos. (ONU, 2016).

La calidad del agua se ha convertido en algo preocupante a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, el crecimiento de las actividades industriales y agrícolas y amenaza del cambio climático son causas de alteraciones en el ciclo hidrológico. (ONU, 2016).

2.2.7. Calidad del recurso hídrico

a. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Muestra el nivel máximo de concentración de elementos, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en aguas superficiales que no representan riesgo significativo a la salud de las personas menos contaminación al ambiente, asimismo, corresponde un referente obligatorio en el diseño y aplicación de instrumentos de gestión ambiental (ANA, 2016).

De acuerdo al D.S. N° 004-2017-ANA (MINAM, 2017), las categorías de los estándares de calidad ambiental para agua comprenden a cuatro categorías, la primera categoría: poblacional y recreacional, engloba dos sub categorías, la segunda categoría: extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, abarca cuatro subcategorías, la tercera categoría: riego de vegetales y bebida de animales, considera cuatro subcategorías y la cuarta categoría: conservación del ambiente acuático aborda tres subcategorías

Tabla 7. Categorías de los estándares de calidad ambiental para agua.

Categoría 1: poblacional y recreacional	Subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.	A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
		A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
		A3: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.
	Subcategoría B: aguas superficiales destinadas a recreación.	B1: contacto primario
		B2: contacto secundario
Categoría 2: extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Subcategoría C1: extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras.	
	Subcategoría C2: extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras.	
	Subcategoría C3: actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en agua marino costeras.	
	Subcategorías C4: extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas	
Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales	Subcategoría D1: riego de vegetales	Agua para riego no restringido
		Agua para riego restringido
	Subcategoría D2: bebida de animales	
Categoría 4: conservación del ambiente acuático	Subcategoría E1: lagunas y lagos	
	Subcategoría E2: ríos	Ríos de la costa y sierra
		Ríos de la selva
Subcategoría E3: ecosistemas costeros y marinos	Estuarios	
		Marinos

Fuente: En base al D.S. N° 004-2017-ANA (MINAM, 2017).

Para la aplicación de los ECA para Agua de riego se debe considerar las siguientes precisiones sobre la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (MINAM, 2017^a). Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – MINAM.

De acuerdo a la investigación se desarrolla más la categoría 3 así comprobando la eficiencia y calidad del agua según los ensayos en el laboratorio realizados.

En la Tabla 8 se muestra los parámetros físicos – químicos brindados por los Estándares de la Calidad del Agua.

Tabla 8. Parámetros físicos – químicos (ECA).

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido / Agua para riego restringido	Bebida de animales
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0.1	0.1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt	100(a)	100(a)
Conductividad	(μ S/cm)	2500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2	0.5
Fenoles	mg/L	0.002	0.01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos + Nitritos	mg/L	100	100
Nitritos	mg/L	10	10
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	$^{\circ}$ C	$\Delta 3$	$\Delta 3$

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – MINAM.

En la Tabla 9 se muestra los parámetros inorgánicos brindados por los Estándares de la Calidad del Agua.

Tabla 9. Parámetros inorgánicos - ECA.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido / agua para riego restringido		
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0.1		0.2
Bario	mg/L	0.7		**
Berilio	mg/L	0.1		0.1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0.01		0.05
Cobre	mg/L	0.2		0.5
Cobalto	mg/L	0.05		1
Cromo Total	mg/L	0.1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2.5		2.5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0.2		0.2
Mercurio	mg/L	0.001		0.01
Níquel	mg/L	0.2		1
Plomo	mg/L	0.05		0.05
Selenio	mg/L	0.02		0.05
Zinc	mg/L	2		24

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – MINAM.

En la Tabla 10 se muestra los parámetros orgánicos brindados por los Estándares de la Calidad del Agua.

Tabla 10. Parámetros orgánicos - ECA.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido / agua para riego restringido		
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0.04		0.045

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – MINAM.

Tabla 11. Parámetros plaguicidas - ECA.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido / agua para riego restringido		
Paratión	µg/L	35		35
<u>Organoclorados</u>				
Aldrín	µg/L	0.004		0.7
Clordano	µg/L	0.006		7
Dicloro Difenil Tricloetano (DDT)	µg/L	0.001		30
Dieldrín	µg/L	0.5		0.5
Endosulfán	µg/L	0.01		0.01
Endrin	µg/L	0.004		0.2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0.01		0.03
Lindano	µg/L	4		4
<u>Carbamato</u>				
Aldicarb	µg/L	1		11

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – MINAM.

En la Tabla 12 se muestra los parámetros de microbiológicos y parasitológicos, pero considerando valores distintos para agua de riego no restringido y agua de riego restringido.

Tabla 12. Parámetros microbiológicos y parasitológicos – ECA.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	1000
Escherichia Coli	NMP/100 ml	1000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – MINAM

Todos estos parámetros permiten hacer un análisis de cada una de las sustancias presentes en el agua, el cual dirá si es posible o no el uso de este recurso.

2.3. Definición de términos

- **Acuífero:** Un estrato en el suelo que puede transportar un volumen significativo de agua subterránea. (Lenntech, 2019).

- **Agua contaminada:** La presencia en el agua de suficiente material que pueda perjudicar la calidad del agua. (Lenntech, 2019).
- **Agua superficial:** Es el agua abierta a la atmosfera, que pertenece a lagos, reservorios, ríos, chacras corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales. (Lenntech, 2019).
- **Subcuenca:** Unidad de drenaje con superficie de menor dimensiones que una cuenca y forma parte de esta, constituyendo un tributario de la misma, es una cuenca que sale o que drena a una cuenca más grande. (Ordoñez, 2011).
- **Evaporación:** La evaporación es un fenómeno físico que logra convertir a un fluido en vapor, o sea, en gas y unirse al aire. Es un fenómeno que forma parte del ciclo hidrológico. (Ordoñez, 2011).
- **Transpiración:** Es la evaporación del agua a través de las hojas. El proceso fisiológico de alimentación en las plantas se efectúa mediante el paso de agua, que transporta los alimentos, por el interior de ellas y ese proceso solamente es posible gracias a la transpiración. (Ordoñez, 2011).
- **Evapotranspiración:** Es el agua convertida en vapor por la cobertura vegetal; incluye la evaporación desde el suelo, la evaporación del agua interceptada y la transpiración por las estomas de las hojas. (Ordoñez, 2011).
- **Caudal:** Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal cuerpo de agua en la unidad de tiempo. (Ordoñez, 2011).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

De la evaluación de la cantidad y calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín, resulta factible para este tipo de uso.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo- Junín, satisface esta demanda.
- b) La calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín, cumple con los estándares de calidad ambiental establecidos por el MINAM.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente 1 (X_1): Cantidad de agua superficial. – Corresponde al volumen de agua que recorre de forma superficial en un área determinada (Camelo, 2017).

Variable independiente 2 (X_2): Calidad de agua superficial. - Se define como el cumplimiento de ciertos parámetros físico-químicos, inorgánicos, orgánicos, microbiológicos y parasitológico para un determinado uso (MINAM, 2017b).

Variable dependiente (Y): Riego. – Corresponde a la aplicación artificial del agua al cultivo en cantidad y oportunidad adecuada a fin de brindar condiciones óptimas de humedad al perfil enraizable del suelo y para la compensación de la evapotranspiración. (Marín, 2015).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente 1 (X_1): Cantidad de agua superficial. – Corresponde al volumen de agua que recorre de forma superficial en un área determinada (Camelo, 2017).

Variable independiente 2 (X_2): Calidad de agua superficial. - Se define como el cumplimiento de ciertos parámetros físico-químicos, inorgánicos, orgánicos, microbiológicos y parasitológico para un determinado uso (MINAM, 2017b).

Variable dependiente (Y): Riego. – Se basará en el cálculo de agua requerido para el desarrollo del cultivo.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 13. Operacionalización de las variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente 1 (X ₁): Cantidad de agua superficial	Volumen	Parámetros morfométricos de la subcuenca Precipitación media Evapotranspiración
Variable independiente 2 (X ₂): Calidad de agua superficial	Calidad	Parámetros físico-químicos Parámetros inorgánicos Parámetros microbiológicos y parasitológico
Variable dependiente (Y): Riego	Riego	Área de riego Uso consuntivo Eficiencia de riego

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

La investigación utilizó el método científico puesto que se comprendió a un conjunto de postulados, reglas y normas para el estudio y la solución de los problemas de investigación, que son institucionalizados por la denominada comunidad científica reconocida.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación por la que se guio esta tesis es la aplicada, puesto que se utilizó los conocimientos adquiridos en las ciencias básicas, para comprender mejor la influencia de determinadas condiciones, ya sea de forma teórica o experimental.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación que se consideró es el nivel explicativo - correlacional, pues se describió cada una de las variables de estudio.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación correspondió al no experimental, siendo así que, no se manipuló intencionalmente las variables.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Correspondió al río Achamayo, ubicado en la provincia de Concepción del departamento de Junín.

3.5.2. Muestra

De acuerdo al tipo de muestreo no probabilístico o intencional, correspondió a cuatro puntos para la determinación de la calidad de agua.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Observación directa

Se realizó la observación directa de las características físicas de la zona de estudio tal como el caudal, el tipo de cultivos, los sistemas de riego, entre otros.

Análisis de documentos

Se recopiló información necesaria para la realización del aforo del río, la toma de muestras para la calidad de agua superficial y para el modelamiento del flujo de agua por lluvia en el río Achamayo.

Trabajo en campo

Se basó en la realización de visita de campo en la zona de estudio para el aforo correspondiente del río; asimismo se tomó muestras de agua superficial para su envío al laboratorio tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14. Ubicación de las muestras para calidad de agua.

Código	Ubicación		Fecha de muestreo	Producto declarado
	Este	Norte		
PM - 001	471435	8686075		
PM - 002	470966	8685793	23/10/2021	Agua superficial
PM - 003	470632	8685594		

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se realizó mediante matrices de tabulación y gráficos esto en base a los resultados obtenidos en campo y laboratorio en cuanto a lo concerniente a la calidad del agua; lo cual fue procesado en base a los paquetes computacionales que ofrece Microsoft Office.

Asimismo, para el cálculo de la demanda agrícola se consideró el área de cultivos que abarca el área de influencia del río Achamayo, siendo estos un total 1683.8 ha, esto según la imagen satelital SASPlanet.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación consideraron el enfoque cuantitativo de la investigación científica, siendo así que, se utilizó la estadística descriptiva la cual involucra el promedio y la variación porcentual.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo

Para la evaluación de la cantidad de agua en época de estiaje del río Achamayo, se calculó la oferta y la demanda del recurso hídrico para riego, en todas las áreas de cultivo abarcado por el río Achamayo.

4.1.1. Cálculo de la oferta del agua

Se determinó mediante el método Lutz Scholz, donde se requirió información de precipitación, temperatura, evapotranspiración, etc.

Precipitación media mensual

Se obtuvieron procesando los datos meteorológicos brindados por SENAMHI de la estación Ingenio, ubicado en la provincia de Concepción, elegido por su cercanía al área de estudio.

Mediante estos datos se obtuvo un valor promedio mensual, no obstante, se descartó algunos años por la falta de datos:

Tabla 15. Valores de la precipitación media de la estación Ingenio.

Mes	Precipitación media (mm)
Enero	124.7
Febrero	121.8
Marzo	99.4
Abril	54.9
Mayo	16.9
Junio	8.9
Julio	7.1
Agosto	8.8
Septiembre	32.3
Octubre	66.4
Noviembre	72.8
Diciembre	113.6

La Tabla 15 muestra valores promedio de la precipitación, con una notable diferencia entre época de lluvia y época de estiaje.

Temperatura media mensual

En los datos brindados por SENAMHI, para la temperatura se tiene dos valores: máximos y mínimos, de los cuales primero calculamos la temperatura máxima media y temperatura mínima media de cada mes, finalmente calculamos el promedio de estos valores obteniendo:

Tabla 16. Valores de la temperatura media de la estación Ingenio.

Mes	Temperatura media (°C)
Enero	12.26
Febrero	12.22
Marzo	11.86
Abril	11.76
Mayo	10.88
Junio	9.92
Julio	9.58
Agosto	10.50
Septiembre	11.52
Octubre	12.29
Noviembre	12.64
Diciembre	12.26

En la tabla 16 anterior se aprecia que, la temperatura del área de estudio es casi constante, lo cual no afecta al desarrollo de los cultivos.

Evapotranspiración (ET_o)

Para determinar los valores de evapotranspiración se empleó la base de datos del programa CLIMWAT 2.0, el cual analiza datos en un promedio de 15 años. Los datos considerados fueron de la zona de Huancayo, esto por la colindancia con el área de estudio.

Tabla 17. Datos obtenidos del programa CLIMWAT.

Mes	Humedad promedio (%)	Viento (km/día)	Insolación (horas)	Radiación (MJ/m ² /día)
Enero	74.00	86.00	5.70	19.00
Febrero	78.00	130.00	5.60	18.80
Marzo	78.00	86.00	5.40	17.80
Abril	72.00	43.00	6.60	18.00
Mayo	66.00	43.00	7.30	17.20
Junio	55.00	43.00	8.50	17.60
Julio	54.00	130.00	7.90	17.40
Agosto	55.00	130.00	7.10	17.90
Septiembre	62.00	173.00	6.60	18.90
Octubre	64.00	173.00	7.10	20.90
Noviembre	63.00	173.00	6.60	20.40
Diciembre	69.00	86.00	6.40	20.10

Con los datos de todos los parámetros se determinó la evapotranspiración de referencia mediante el programa CROPWAT 8.0, según (FAO, 2000) el software emplea la ecuación de Penman – Monteith, una ecuación que proporciona valores muy consistentes con datos reales de uso de agua para riego.

Tabla 18. Valores de la evapotranspiración – CROPWAT 8.0.

Mes	Ēto (mm/día)	Ēto (mm/mes)
Enero	3.45	106.95
Febrero	3.36	97.44
Marzo	3.11	96.41
Abril	3.03	90.90
Mayo	2.78	86.18
Junio	2.65	79.50
Julio	3.07	95.17
Agosto	3.31	102.61
Septiembre	3.63	108.90
Octubre	3.94	122.14
Noviembre	4.02	120.60
Diciembre	3.62	112.22

Estos valores de evapotranspiración brindan una idea de cuánta agua se requieren para el abastecimiento de cultivos y los terrenos agrícolas.

Coefficiente de escurrimiento

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se empleó dos métodos: Método Turc y Método de la Misión Alemana, pero se consideró esta última porque fue desarrollada para zonas con características climatológicas parecidas a la sierra de nuestro país.

Tabla 19. Coeficiente de escurrimiento por el método de Turc.

Parámetro	Valor
Precipitación total anual promedio (mm/año)	724.18
Temperatura media anual (°C)	11.48
Coeficiente de temperatura (L)	662.43
Déficit de escurrimiento (mm/año) (D)	500.31
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.31

Tabla 20. Coeficiente de escurrimiento por el método de la Misión Alemana.

Parámetro	Valor
Precipitación total anual promedio (mm/año)	724.18
Evapotranspiración (mm/año)	1219.02
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.31

En la Tabla 19 y Tabla 20 se muestra los cálculos de ambos métodos, donde observamos resultados similares. A partir del coeficiente de escurrimiento se va determinar los otros parámetros para calcular el caudal mensual del río Achamayo.

Gasto de retención mensual (R)

Para determinar el gasto de retención se usó la relación entre el área de lagunas y acuíferos, y el área total de la cuenca. A la relación se multiplicó por el valor de lámina de almacenamiento (L = 500), debido a que la mayor cantidad de almacenamiento se da en lagunas.

Tabla 21. Parámetros para el cálculo del gasto de retención.

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	296.23	km ²
Altitud media de la cuenca	3360.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.09	m/m
Precipitación media anual (P)	724.18	mm
Evapotranspiración total anual (ETP)	1219.02	mm
Temperatura media anual (T)	11.48	°C
Déficit de escurrimiento (D)	500.31	mm/año
Coefficiente de escorrentía (C)	0.31	
Coefficiente de agotamiento (a)	0.02	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.63	
Área de lagunas y acuíferos	0.93	km ²
Retención total de la cuenca (R)	1.57	mm/año

La retención total de la cuenca calculado es de 1.57 mm/año, debido a poca presencia de lagunas que brinden un mayor almacenamiento del agua en épocas de lluvia.

Precipitación efectiva

El cálculo de la precipitación efectiva se realizó mediante el Método de United States Bureau of Reclamation (USBR) con los coeficientes de la Curva III, debido a que la precipitación media es de 60 mm/mes, aplicando la expresión polinómica de la ecuación 9.

Coefficiente de gasto de retención

Para el cálculo del coeficiente de retención usamos la ecuación 18, el cual relaciona el coeficiente de agotamiento y el número de días de cada mes, mediante una expresión exponencial.

Gasto de retención

El gasto de retención se calculó aplicando la ecuación 17, que tiene en cuenta la relación del coeficiente de retención mensual y anual.

Coeficiente de abastecimiento

Se calculó como una proporción de la precipitación efectiva mensual respecto a la precipitación anual.

Abastecimiento de retención

El abastecimiento de retención lo calculamos mediante la ecuación 20, multiplicando el coeficiente de abasteciendo por la retención total de la cuenca.

Tabla 22. Cálculo de caudales generados.

N° de días	Mes	Precipitación		Contribución de la retención				Caudales generados		
		Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto		Abastecimiento		mm/mes	m³/s
			PE Caso-III p=60.3 mm/mes	PE (mm/mes)	b _i	G _i (mm/mes)	a _i	A _i (mm/mes)		
31	Enero	124.74	90.26	90.26	0.62	0.1	0.23	0.4	90.0	9.96
29	Febrero	121.83	86.13	86.13	0.64	0.1	0.22	0.3	85.9	10.16
31	Marzo	99.37	55.74	55.74	0.62	0.1	0.14	0.2	55.6	6.15
30	Abril	54.90	15.39	15.39	0.63	0.1	0.04	0.1	15.5	1.77
31	Mayo	15.80	3.79	3.79	0.62	0.1	0.01	0.0	3.9	0.43
30	Junio	7.72	2.00	2.00	0.63	0.1	0.01	0.0	2.1	0.24
31	Julio	6.19	1.59	1.59	0.62	0.1	0.00	0.0	1.7	0.19
31	Agosto	8.53	2.20	2.20	0.62	0.1	0.01	0.0	2.3	0.26
30	Septiembre	32.29	7.10	7.10	0.63	0.1	0.02	0.0	7.2	0.82
31	Octubre	66.40	22.59	22.59	0.62	0.1	0.06	0.1	22.6	2.50
30	Noviembre	72.84	27.64	27.64	0.63	0.1	0.07	0.1	27.7	3.16
31	Diciembre	113.58	74.56	74.56	0.62	0.1	0.19	0.3	74.4	8.23
	Anual	724.18	389.00	389.00	7.44	1.57	1.00	1.57	389.00	43.87

Caudal mensual generado

Mediante la ecuación 20 se calculó el caudal mensual generado, adicionando el gasto de retención y restando el abastecimiento de retención a los valores de la precipitación efectiva.

Tabla 23. Caudal mensual generado.

Mes	Oferta hídrica superficial (m ³ /s)	Oferta hídrica superficial (m ³)	Oferta hídrica superficial (Mm ³)
Enero	9.96	26668238.54	26.67
Febrero	10.16	25450770.47	25.45
Marzo	6.15	16484737.16	16.48
Abril	1.77	4580096.553	4.58
Mayo	0.43	1156786.94	1.16
Junio	0.24	628565.8418	0.63
Julio	0.19	507893.1652	0.51
Agosto	0.26	688524.8458	0.69
Septiembre	0.82	2132545.136	2.13
Octubre	2.50	6704740.941	6.70
Noviembre	3.16	8194669.147	8.19
Diciembre	8.23	22036907.14	22.04

En la Tabla 23 se muestra que entre los meses de abril y septiembre la oferta hídrica calculada es mínima, y que en los demás meses existe una considerable diferencia, los cuales deberían ser aprovechados.

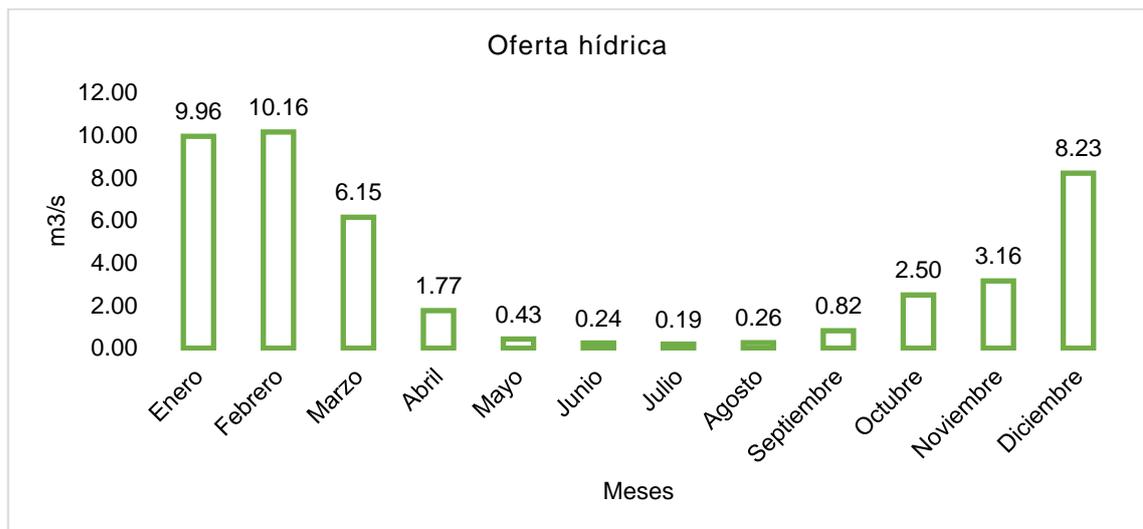


Figura 2. Variación de la oferta hídrica del río Achamayo.

La Figura 2 muestra la variación de caudal en el río Achamayo.

4.1.2. Cálculo de la demanda del agua

Parámetros para el uso del programa CROPWAT

La demanda de agua se determinó mediante el software CROPWAT 8.0, para lo cual se utilizó algunos parámetros ya calculados como la precipitación, temperatura, humedad, viento, insolación, radiación y evapotranspiración.

Tabla 24. Valores de la precipitación efectiva, temperatura y humedad.

Mes	Precipitación mm	Precipitación Efectiva mm	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Humedad %
Enero	124.70	99.80	6.00	18.50	74.00
Febrero	121.80	98.10	6.40	18.00	78.00
Marzo	99.40	83.60	6.30	17.50	78.00
Abril	54.90	50.10	4.90	18.60	72.00
Mayo	15.80	15.40	2.40	19.40	66.00
Junio	7.70	7.60	0.90	18.90	55.00
Julio	6.20	6.10	0.20	18.90	54.00
Agosto	8.50	8.40	1.40	19.60	55.00
Septiembre	32.30	30.60	3.70	19.40	62.00
Octubre	66.40	59.30	5.00	19.60	64.00
Noviembre	72.80	64.30	5.30	20.00	63.00
Diciembre	113.60	93.00	6.10	18.40	69.00

Tabla 25. Valores de viento, insolación, radiación y evapotranspiración.

Mes	Velocidad de viento (km/día)	Insolación (horas)	Rad (MJ/m ² /día)	ET _o (mm/día)
Enero	86.00	5.70	19.10	3.31
Febrero	130.00	5.60	18.80	3.20
Marzo	86.00	5.40	17.80	3.00
Abril	43.00	6.60	18.00	2.92
Mayo	43.00	7.30	17.20	2.61
Junio	43.00	8.50	17.70	2.49
Julio	130.00	7.90	17.30	2.74
Agosto	130.00	7.10	17.90	2.98
Septiembre	173.00	6.60	18.90	3.31
Octubre	173.00	7.10	20.80	3.65
Noviembre	173.00	6.60	20.40	3.71
Diciembre	86.00	6.40	20.10	3.48
Promedio	108.00	6.70	18.70	3.12

Los valores de estos parámetros, de forma mensual, también fueron considerados para el cálculo de la oferta del recurso hídrico, porque es necesario que los datos no varíen para un mejor análisis del área de estudio.

Tipos de cultivo

Para la elección de los cultivos se tuvo en consideración el área de los terrenos empleados para su producción y los valores de Kc que nos da una idea de la demanda de agua.

Debido a que la principal actividad realizada por la población es la agricultura con riego, la producción de los cultivos se da todo el año generando se clasifiquen en cultivos permanentes y cultivos transitorios debido a que su producción se da en meses distintos.

Tabla 26. Cultivos permanentes de mayor área de producción.

Cultivos permanentes	Área (Has)	%
Papa	606.168	36.00%
Alcachofa	84.19	5.00%
Habas	101.028	6.00%
Avena forrajera	134.704	8.00%
Maíz	202.056	12.00%
Trigo	134.704	8.00%
Cebada	336.76	20.00%
Alfalfa	84.19	5.00%
Cultivo (Ha)	1683.8	100%

En la Tabla 26 se muestra los cultivos permanentes, los cuales tiene una producción de mayor cantidad durante todos los años.

Tabla 27. Cultivos transitorios de mayor área de producción.

Cultivos transitorios	Área (Has)	%
Habas	690.358	41.00%
Alfalfa	101.028	6.00%
Cebada	336.76	20.00%
Avena forrajera	555.654	33.00%
Cultivo (Ha)	1683.8	100%

En la Tabla 27 se muestran los cultivos transitorios, los cuales tienen una producción no tan considerable y se da en meses alternos respecto a los cultivos permanentes.

Es dable mencionar que, el área de cultivos se determinó de acuerdo a la imagen satelital obtenida por SASPlanet.

Características del suelo

Las características del suelo de nuestra área de estudio son similares a las del tipo Medio de los datos brindados por el CROPWAT.

Tabla 28. Características del suelo tipo medio.

Características del suelo	Cantidad	Unidades
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	280	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	cm
Agotamiento inicial de humedad de suelo	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	280	mm/metro

Programación de riego

Tabla 29. Programación de riego para los cultivos base y cultivos de rotación.

Cultivos base	Área (Has)	Meses												Cultivos de rotación	Área (Ha)	
	Área	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
Papa	606.17	606.17	606.17		690.36	690.36	690.36	690.36	690.36			606.17	606.17	606.17	Habas	690.358
Alcachofa	84.19	84.19										84.19	84.19	84.19		
Habas	101.03	101.03	101.03									101.03	101.03	101.03	Alfalfa	101.028
Avena forrajera	134.70	134.70	134.70	134.70	101.03	101.03	101.03	101.03				134.70	134.70	134.70		
Maíz	202.06	202.06	202.06									202.06	202.06	202.06	Cebada	336.76
Trigo	134.70	134.70	134.70	336.76	336.76	336.76	336.76	336.76				134.70	134.70	134.70		
Cebada	336.76	336.76										336.76	336.76	336.76	Avena forrajera	555.654
Alfalfa	84.19	84.19	84.19	84.19	84.19	84.19	555.65	555.65	555.65	555.65		84.19	84.19	84.19		
Cultivo (Ha)	1683.80	1683.80	1262.85	1246.01	1212.34	1212.34	1683.80	1683.80	555.65	555.65	1683.80	1683.80	1683.80			1683.8

En la Tabla 29 se especifica los meses donde se realiza la siembra de los cultivos de base, iniciando desde el mes de octubre y llegando a finalizar de acuerdo al tiempo de crecimiento de cada uno, para continuar con la siembra de los cultivos de rotación.

Requerimiento de agua de los cultivos

A partir de los datos ingresados en el programa CROPWAT, nos va calcular el requerimiento de agua real para riego tanto de los cultivos permanentes y transitorios. Para el procesamiento de datos tiene en cuenta el porcentaje de área de producción de cada uno de los cultivos y por cada mes, para nuestro caso no varía el área de producción por mes, excepto de los cultivos transitorios en ciertos meses.

Requerimiento de agua para cultivos

Tabla 30. Cálculo del requerimiento de agua para cultivos base.

Requerimientos	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	31	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Déficit de precipitación (mm)											
1. Papa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	5.40
2. Alcachofa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	6.40	1.20
3. Habas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	0.30
4. Avena forrajera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.40	5.50
5. Maíz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.10	0.00
6. Trigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.40	10.90
7. Cebada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	39.00	11.60
8. Alfalfa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	21.00	0.00
Req. Netos sistema											
en mm/día	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.20
en mm/mes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	14.30	5.70
en l/s/h	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02
Área Irrigada (% del área total)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	100.00	83.00
Req.de riego área real (L/s/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.03
Área (ha)	1683.80	1246.01	1212.34	1212.34	1683.80	1683.80	555.65	555.65	1683.80	1683.80	1683.80
Requerimiento (m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45098.90	261864.58	135296.70

Tabla 31. Cálculo del requerimiento de agua para cultivos de rotación.

Requerimientos	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	31	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Déficit de precipitación (mm)											
1. Habas	0.00	0.00	6.40	51.80	55.70	47.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2. Alfalfa	0.00	0.00	4.00	46.20	49.30	35.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3. Cebada	0.00	0.00	3.40	59.30	64.60	38.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4. Avena forrajera	0.00	0.00	0.00	0.00	14.60	49.50	75.40	59.30	20.00	2.30	0.00
Req. Netos sistema											
en mm/día	0.00	0.00	0.10	1.20	1.50	1.50	0.80	0.70	0.20	0.00	0.00
en mm/mes	0.00	0.00	3.50	35.90	43.50	45.70	24.90	19.60	6.60	0.80	0.00
en l/s/h	0.00	0.00	0.01	0.13	0.17	0.17	0.09	0.08	0.02	0.00	0.00
Área Irrigada (% del área total)	0.00	0.00	67.00	67.00	100.00	100.00	33.00	33.00	33.00	33.00	0.00
Req.de riego área real (L/s/h)	0.00	0.00	0.02	0.20	0.17	0.17	0.28	0.23	0.07	0.01	0.00
Área	1683.80	1246.01	1212.34	1212.34	1683.80	1683.80	555.65	555.65	1683.80	1683.80	1683.80
Requerimiento (m ³)	0.00	0.00	62847.50	649424.15	741949.63	766681.29	416713.83	331258.69	315692.29	43644.10	0.00

El requerimiento de agua de cada uno de los cultivos obtenidos mediante el programa, va proporcionar la demanda de agua para riego, se muestran a continuación:

Tabla 32. Demanda del recurso hídrico.

Mes	Demanda agrícola por los cultivos base (m ³)	Demanda agrícola por los cultivos de rotación (m ³)	Demanda agrícola total (m ³)	Demanda agrícola actual con eficiencia de 40% (m ³)
Ene	71323.65	142647.30	213970.95	534927.37
Feb	96632.04	128842.72	225474.76	563686.91
Mar	178309.12	142647.30	320956.42	802391.05
Abr	310602.99	483160.20	793763.19	1984407.98
May	570589.19	463603.72	1034192.91	2585482.29
Jun	690228.86	724740.31	1414969.17	3537422.93
Jul	962869.27	1212502.04	2175371.30	5438428.26
Ago	927207.44	1176840.21	2104047.65	5260119.13
Sep	345114.43	483160.20	828274.64	2070686.59
Oct	392280.07	677574.67	1069854.74	2674636.85
Nov	724740.31	414137.32	1138877.63	2847194.06
Dic	285294.60	142647.30	427941.90	1069854.74
	5555191.97	6192503.29	11747695.27	29369238.16

En la Tabla 32 se observa que existe mayor demanda de recurso hídrico debido a los cultivos de rotación, esto debido que son sembrados en épocas de estiaje, haciendo un total de demanda hídrica de 29369238.16 Mm³.

Balance del recurso hídrico

Finalmente, se realizó el balance entre la oferta de las aguas del río Achamayo y la demanda de las áreas agrícolas tanto de los cultivos base y de rotación:

Tabla 33. Balance del recurso hídrico.

Mes	Oferta hídrica superficial (m ³ /s)	Oferta hídrica superficial (m ³)	Oferta hídrica superficial (Mm ³)
Enero	9.96	26668462.39	26.67
Febrero	10.16	25450984.08	25.45
Marzo	6.15	16484875.4	16.48
Abril	1.77	4580134.725	4.58
Mayo	0.46	1219260.003	1.22
Junio	0.28	713340.4182	0.71
Julio	0.22	578551.4283	0.58
Agosto	0.26	709258.3136	0.71
Septiembre	0.82	2132562.734	2.13
Octubre	2.50	6704796.979	6.70
Noviembre	3.16	8194737.704	8.19
Diciembre	8.23	22037092.06	22.04
			9.62

Para un mejor entendimiento se realizó un diagrama de barras, donde se muestra la variación del caudal del río Achamayo durante un año, analizados cada mes.

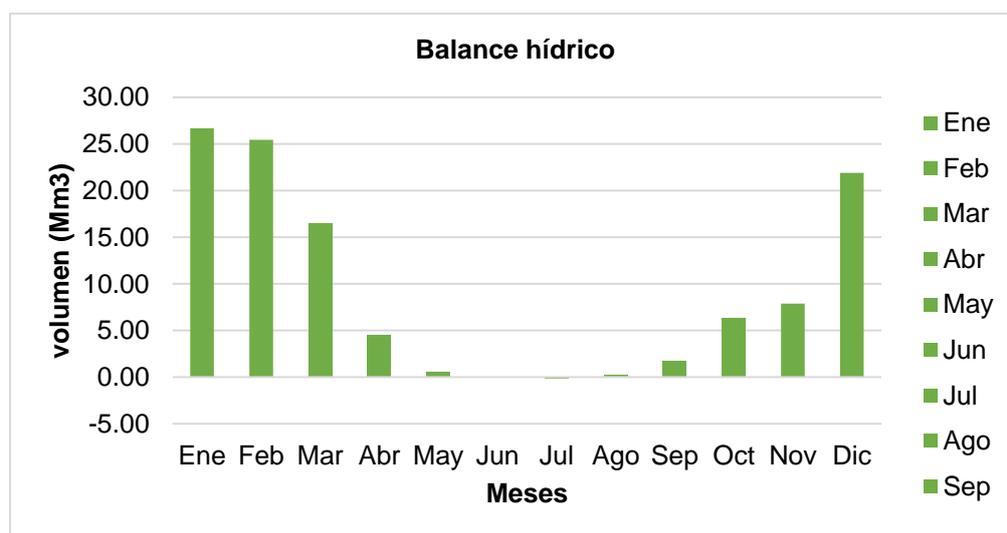


Figura 3. Balance hídrico del río Achamayo.

En la Figura 3 se muestra como varía el caudal restante, donde en los meses de junio y julio se muestra un déficit del recurso hídrico,

mientras que en los demás meses existe un exceso considerable, principalmente en los meses de diciembre, enero y febrero; donde para una mejor gestión del agua para riego es posible sugerir la construcción de una presa que servirá para el almacenamiento del exceso de agua en épocas de lluvia, esto va a asegurar el abastecimiento para el riego de todos los terrenos agrícolas en época de estiaje.

4.2. Calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo.

Para determinar la calidad del agua para el uso de riego se tomó tres muestras en distintos puntos del desarrollo del río Achamayo, las mismas que fueron analizadas en el laboratorio Ambiental Laboratorio S.A.C., este análisis brindó la cantidad contenida de cada una de las sustancias en las aguas del río a fin de comparar con los Estándares de la Calidad del Agua para riego.

4.2.1. Parámetros físicos – químicos

Tabla 34. Parámetros físicos – químicos de la muestra PM – 001.

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+B.23nd Ed.2017	7.87	Unidad pH
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23nd Ed.2017	12.70	°C
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part2510 B, 23nd Ed.2017	126.60	µS/cm
Cloro Residual	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CI G, 23nd Ed.2017	0.00	mg/L
Oxígeno disuelto en campo	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O G, 23nd Ed.2017	6.57	mg/L
Oxígeno disuelto en laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O B, 23nd Ed.2017	6.60	mg/L
Aceites y Grasas	Method 1664 EPA-821-R-10-001 Rev. B. Ed. 2010	3.20	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23nd Ed.2017	12.00	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23nd Ed.2017	25.00	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23nd Ed.2017	120.00	mg/L

La Tabla 34 muestra el resultado de análisis de los parámetros físicos

– químicos para el punto de muestreo 1, concerniente al pH, temperatura, conductividad, cloro residual, oxígeno disuelto el campo, oxígeno disuelto en laboratorio, aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos totales disueltos.

Tabla 35. Parámetros físicos – químicos de la muestra PM – 002.

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+B.23nd Ed.2017	7.53	Unidad pH
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23nd Ed.2017	14.70	°C
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23nd Ed.2017	106.50	µS/cm
Cloro Residual	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CI G, 23nd Ed.2017	0.00	mg/L
Oxígeno disuelto en Campo	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O G, 23nd Ed.2017	6.60	mg/L
Oxígeno disuelto en Laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O B, 23nd Ed.2017	6.58	mg/L
Aceites y Grasas	Method 1664 EPA-821-R-10-001 Rev. B. Ed. 2010	2.10	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23nd Ed.2017	9.00	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23nd Ed.2017	22.00	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23nd Ed.2017	110.00	mg/L

La Tabla 35 muestra el resultado de análisis de los parámetros físicos – químicos para el punto de muestreo 2, concerniente al pH, temperatura, conductividad, cloro residual, oxígeno disuelto el campo, oxígeno disuelto en laboratorio, aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos totales disueltos:

Tabla 36. Parámetros físicos – químicos de la muestra PM – 003.

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+B.23nd Ed.2017	8.01	Unidad pH
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23nd Ed.2017	15.50	°C
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part2510 B, 23nd Ed.2017	177.30	µS/cm
Cloro Residual	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CI G, 23nd Ed.2017	0.10	mg/L
Oxígeno disuelto en Campo	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O G, 23nd Ed.2017	5.69	mg/L
Oxígeno disuelto en Laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O B, 23nd Ed.2017	5.67	mg/L
Aceites y Grasas	Method 1664 EPA-821-R-10-001 Rev. B. Ed. 2010	2.60	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23nd Ed.2017	11.00	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23nd Ed.2017	22.50	mg/L
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23nd Ed.2017	105.00	mg/L

La Tabla 36 muestra el resultado de análisis de los parámetros físicos – químicos para el punto de muestreo 3, concerniente al pH, temperatura, conductividad, cloro residual, oxígeno disuelto el campo, oxígeno disuelto en laboratorio, aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos totales disueltos.

4.2.2. Parámetros inorgánicos

Tabla 37. Parámetros inorgánicos de la muestra PM – 001.

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
Cobre	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0085	mg/L
Plomo	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0890	mg/L
Zinc	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0178	mg/L

Tabla 38. Parámetros inorgánicos de la muestra PM – 002.

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
Cobre	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0070	mg/L
Plomo	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0810	mg/L
Zinc	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0076	mg/L

Tabla 39. Parámetros inorgánicos de la muestra PM – 003.

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
Cobre	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0068	mg/L
Plomo	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0796	mg/L
Zinc	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed. 1994	0.0075	mg/L

La Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39 muestra los resultados del análisis de los parámetros inorgánicos para cada uno de los puntos de muestreo, referido al contenido de cobre, plomo y zinc.

4.2.3. Parámetros microbiológicos y parasitológicos

Tabla 40. Parámetros microbiológicos y parasitológicos, muestra PM – 001

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9222 B, 23nd Ed.2017	250.00	NMP/100mL

Tabla 41. Parámetros microbiológicos y parasitológicos, muestra PM – 002

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9222 B, 23nd Ed.2017	280.00	NMP/100mL

Tabla 42. Parámetros microbiológicos y parasitológicos, muestra PM – 003

Ensayo	Método de ensayo	Resultado	Unidad
Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9222 B, 23nd Ed.2017	320.00	NMP/100mL

Del mismo modo, la Tabla 40, Tabla 41 y Tabla 42 muestran los resultados del contenido de coliformes termotolerantes en cada uno de los puntos de muestreo.

4.2.4. Verificación de resultados

Para determinar si el agua del río Achamayo es apto para riego se comparó el promedio de los valores de las tres muestras los valores de

los ensayos y los valores recomendados por los Estándares de la Calidad del Agua del MINAM.

Tabla 43. Promedio de los parámetros físicos – químicos.

Ensayo	Unidad	PM – 001	PM - 002	PM - 003	Prom.	Valores ECA
pH	Unidad pH	7.87	7.53	8.01	7.80	6.5 - 8.5
Conductividad	μS/cm	126.60	106.50	177.30	136.80	2500
Cloro Residual	mg/L	0.00	0.00	0.10	0.03	500
Oxígeno disuelto en Campo	mg/L	6.57	6.60	5.69	6.29	≥ 4
Oxígeno disuelto en Laboratorio	mg/L	6.60	6.58	5.67	6.28	≥ 4
Aceites y Grasas Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3.20	2.10	2.60	2.63	5
Química de Oxígeno	mg/L	12.00	9.00	11.00	10.67	15
	mg/L	25.00	22.00	22.50	23.17	40

La Tabla 43 muestra los valores de los parámetros físicos – químicos, así como el promedio y su comparación con los ECA para riego.

Tabla 44. Promedio de los parámetros inorgánicos.

Ensayo	Unidad	PM - 001	PM - 002	PM - 003	Promedio	Valores ECA
Cobre	mg/L	0.0085	0.007	0.0068	0.0074	0.2
Zinc	mg/L	0.0178	0.0076	0.0075	0.0110	2

La Tabla 44 muestra los valores de los parámetros inorgánicos, así como el promedio y su comparación con los ECA para riego.

Tabla 45. Promedio de los parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Ensayo	Unidad	PM - 001	PM - 002	PM - 003	Prom.	Valores ECA
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	250.00	280.00	320.00	283.33	2000

La Tabla 45 muestra los valores de los parámetros microbiológicos y parasitológicos, así como el promedio y su comparación con los ECA para riego.

4.2.5. Comparación de cada uno de los ensayos

Parámetros físicos – químicos

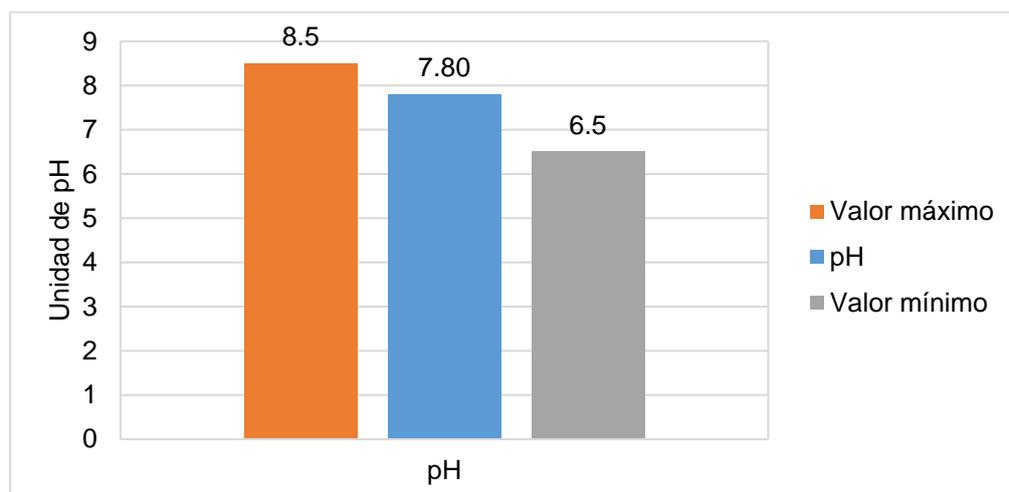


Figura 4. Verificación del pH.

Tal como se muestra en la Figura 4 para el ensayo de pH, el valor obtenido se encuentra entre los límites que proporciona el ECA, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

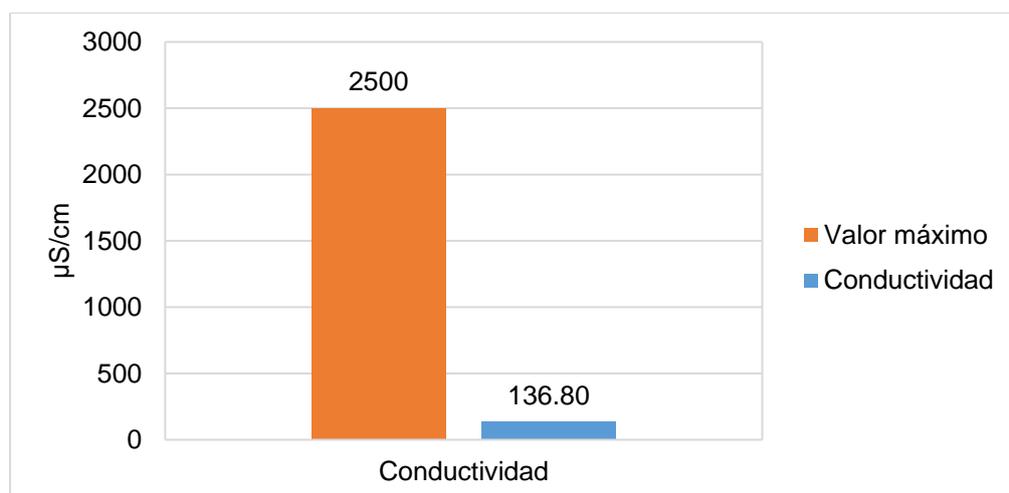


Figura 5. Verificación de la conductividad.

Para el ensayo de conductividad, se muestra que el valor obtenido es mínimo respecto al valor brindado por el ECA, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

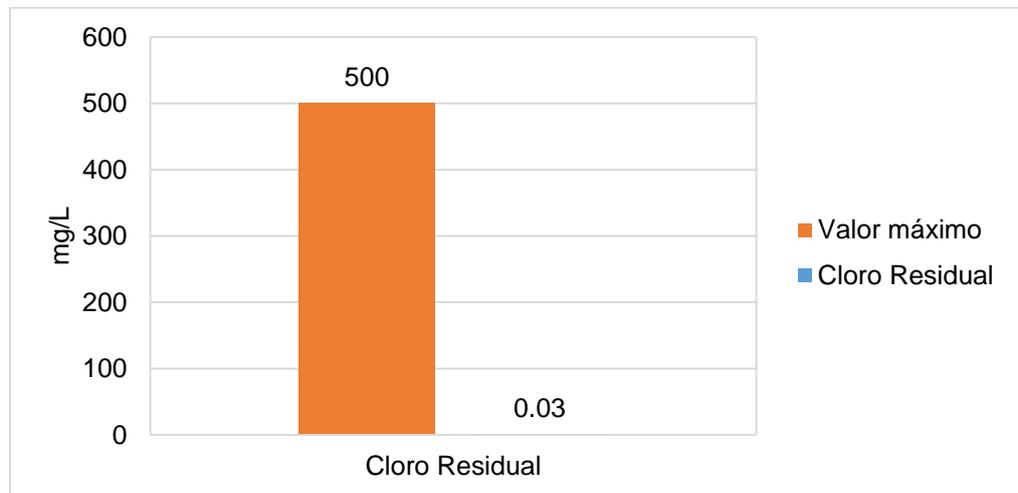


Figura 6. Verificación del contenido de cloro residual.

Para el ensayo de cloro residual, se muestra que el valor obtenido es casi insignificante respecto al valor brindado por el ECA, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

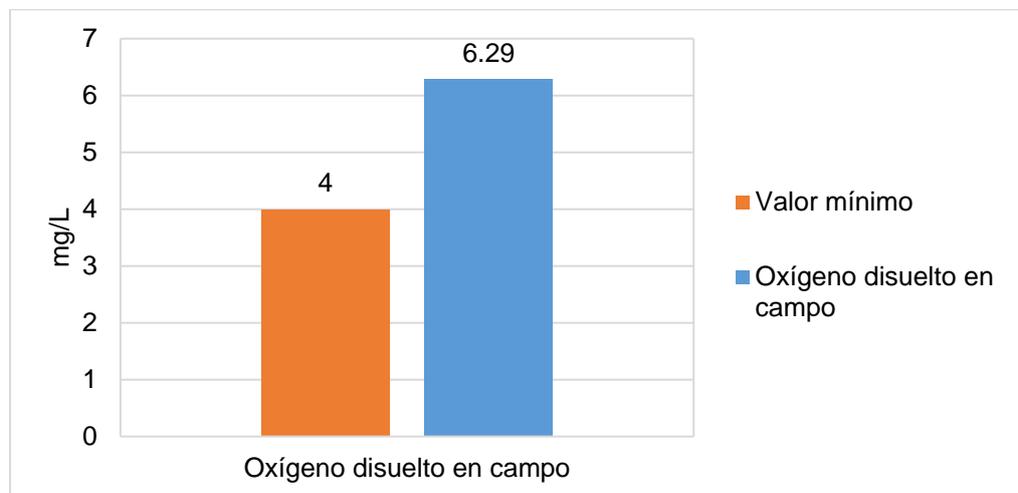


Figura 7. Verificación del contenido de oxígeno disuelto en campo.

Para el ensayo de oxígeno disuelto en campo, el valor brindado por el ECA es la cantidad mínima que debe contener, y como podemos observar el valor obtenido supera esa cantidad, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

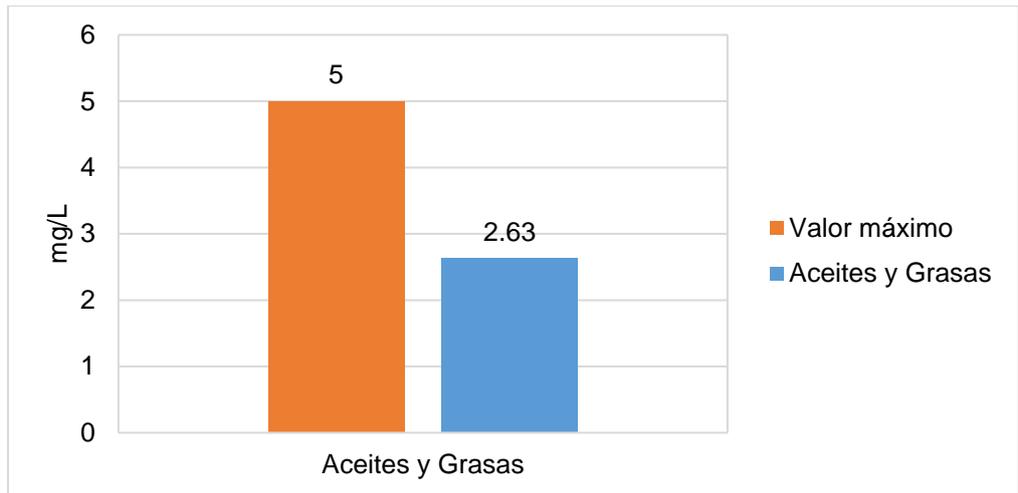


Figura 8. Verificación del contenido de aceites y grasas.

Para el ensayo de aceites y grasas, se muestra que el valor obtenido es menor respecto al valor brindado por el ECA, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

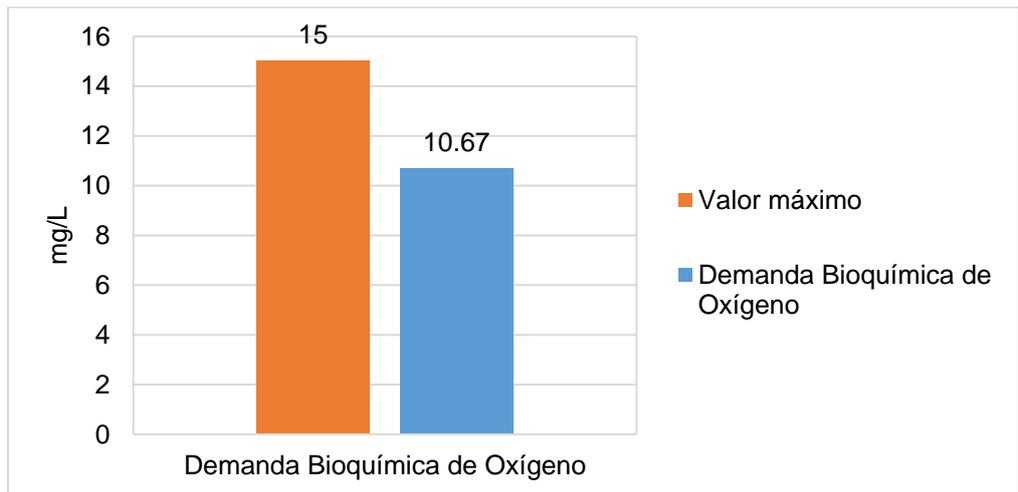


Figura 9. Verificación del contenido de demanda bioquímica de oxígeno.

Para el ensayo de demanda bioquímica de oxígeno, se muestra que el valor obtenido es menor respecto al valor brindado por el ECA, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

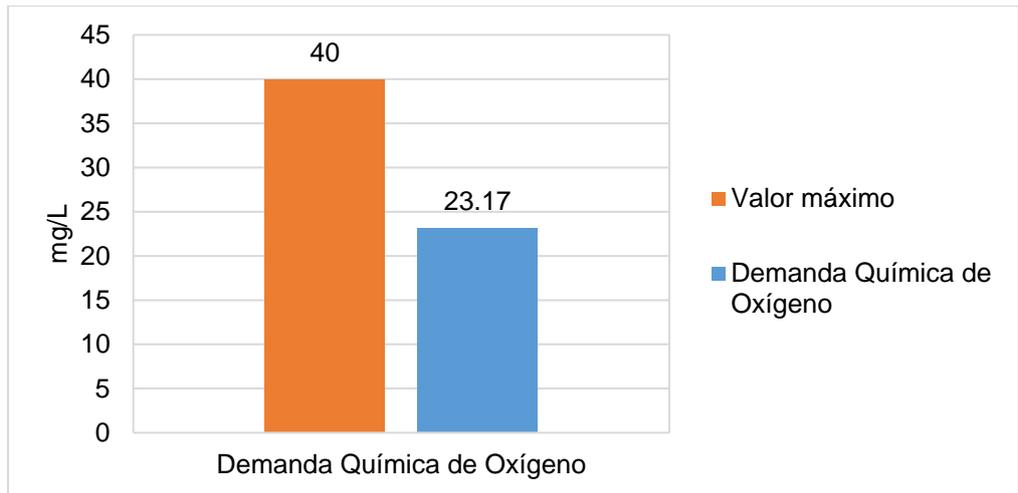


Figura 10. Verificación del contenido de demanda química de oxígeno.

Para el ensayo de demanda química de oxígeno, se muestra que el valor obtenido es menor respecto al valor brindado por el ECA, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

Parámetros inorgánicos

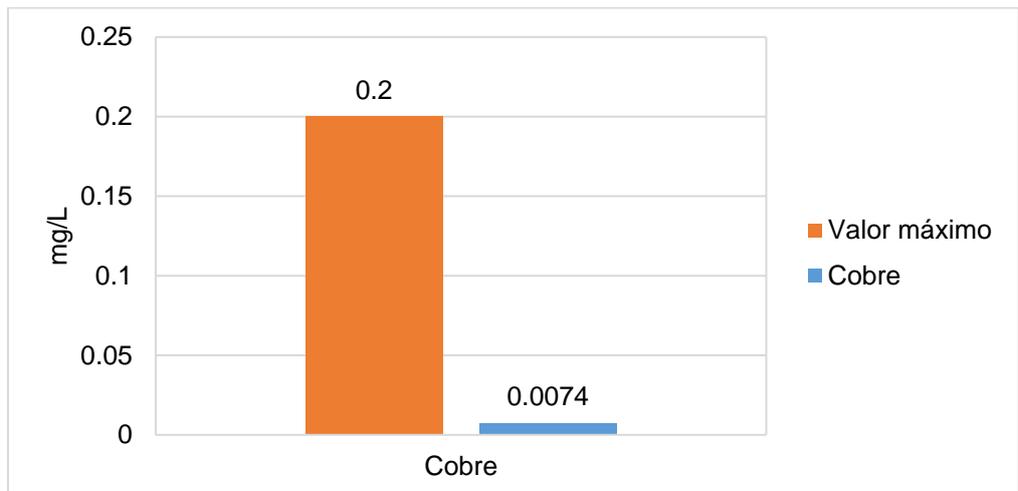


Figura 11. Verificación del contenido de cobre.

Para el ensayo del contenido de cobre, se muestra que el valor obtenido es casi insignificante respecto al valor brindado por el ECA, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

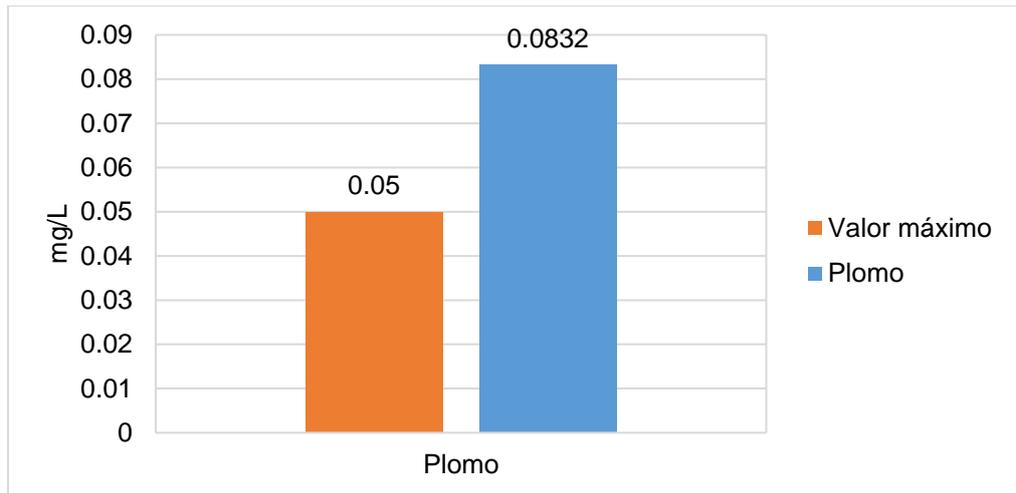


Figura 12. Verificación del contenido de plomo.

Respecto al contenido de plomo, se muestra que el valor obtenido es mayor respecto al valor brindado por el ECA, por lo que no se aceptaría el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

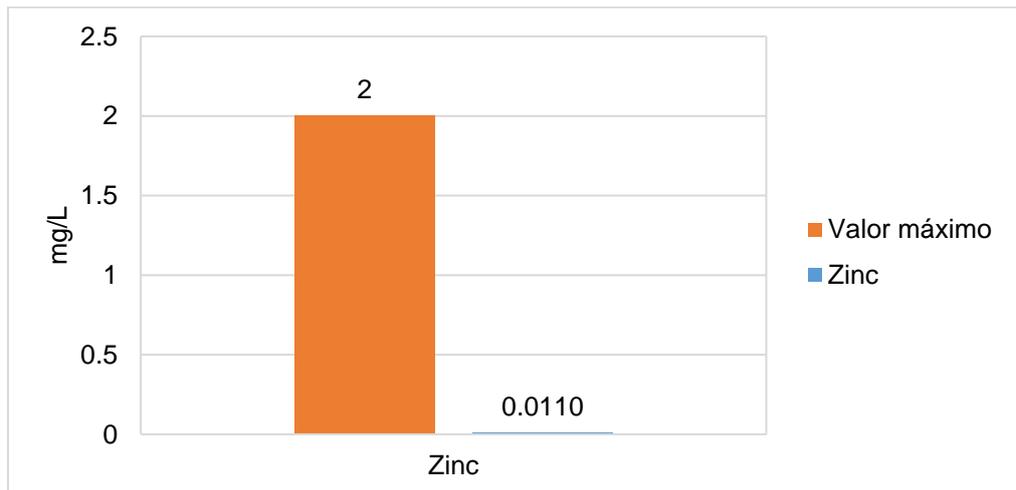


Figura 13. Verificación del contenido de zinc.

Para el ensayo de zinc, se muestra que el valor obtenido es casi insignificante respecto al valor brindado por el ECA, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

Parámetros microbiológicos y parasitológicos

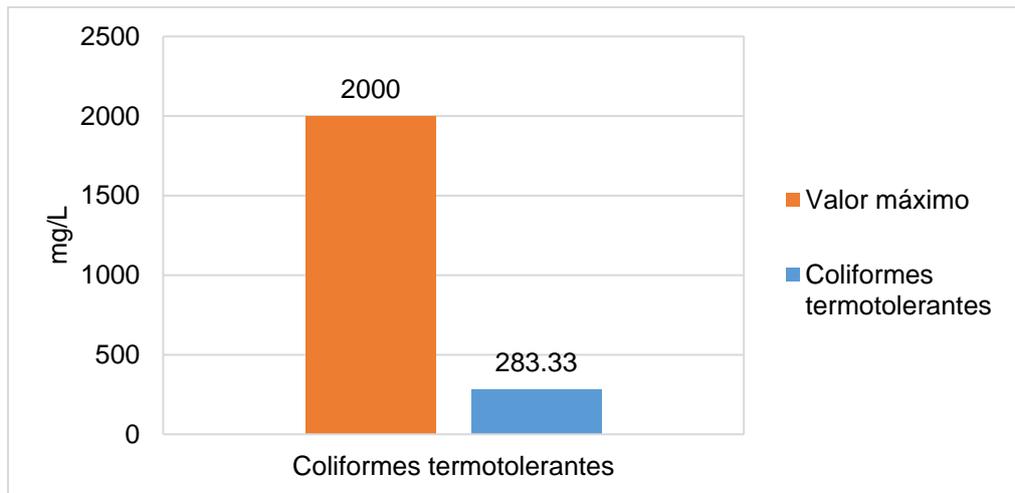


Figura 14. Verificación del contenido de coliformes termotolerantes.

Para el ensayo de coliformes termotolerantes, se muestra que el valor brindado por el ECA es muy superior respecto al valor obtenido, por lo que se acepta el uso para riego de las aguas del río Achamayo.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo.

En la Tabla 14 se determinó la precipitación media mensual, obteniendo un valor mínimo en julio de 6.2 mm y un valor máximo en enero de 124.7 mm, lo que nos marca claramente la existencia de épocas de estiaje y épocas de lluvia.

En la Tabla 15 se calculó la temperatura media mensual lo cual muestra una mínima diferencia entre los valores de cada mes, siendo el más alto en el mes de noviembre con 12.64 °C y el más bajo en el mes de julio con 9.58 °C, lo que significa que el desarrollo de los cultivos se dará normalmente, ya que a mayor temperatura el proceso de crecimiento se acelera, pero la energía disminuye, afectando el desarrollo de los frutos.

La evapotranspiración es un proceso simultáneo de pérdida de agua a través de evaporación del agua contenido en el suelo y la transpiración de los cultivos, el mayor valor obtenido es en el mes de noviembre con 4.02 mm/día, coincidiendo con el mes de mayor temperatura media.

Para determinar la oferta hídrica, uno de los valores principales es el coeficiente de escurrimiento, en la presente tesis se determinó mediante

dos métodos: el Método Turc y el Método de la Misión Alemana, obteniendo en ambos casos el valor de 0.31, pero el más recomendado es el de la Misión Alemana, ya que fue desarrollada para la sierra de nuestro país.

El método empleado para predecir la oferta hídrica mensual fue el de Lutz Scholz, el cual tiene mucha aceptación porque fue desarrollada para la sierra de nuestro país, obteniendo valores de caudales mensuales aceptables, en la Tabla 22 se muestra que en el mes de enero se genera el 26.67 Mm³ siendo el más alto y en el mes de julio se genera 0.51 Mm³ siendo el más bajo.

Los valores de evapotranspiración son los mismos tanto para el cálculo de la oferta y la demanda hídrica, lo que hace que los resultados sean más confiables.

Los cultivos tratados para el estudio se clasificaron en cultivos permanentes y cultivos transitorios, la diferencia principal entre estos cultivos es la época en que se producen y la cantidad de producción de cada uno de ellos.

En el porcentaje de producción de los cultivos permanentes, la papa es el cultivo principal con 36 % del área total agrícola, mientras que la alcachofa y la alfalfa son de menor área con 5 %.

En el porcentaje de producción de los cultivos transitorios, las habas es el cultivo principal con 41 % del área total agrícola, mientras que la alcachofa y la alfalfa son de menor área con 6 %.

En la Tabla 29 referido al requerimiento de agua para cultivos base se determinó que en los meses de octubre, noviembre y diciembre se requiere 0.01 L/s/ha, 0.06 L/s/ha y 0.03 L/s/ha.

Del mismo modo, en la Tabla 30 para los cultivos de rotación se determinó que los meses de abril a noviembre se requiere recurso hídrico entre 0.01 L/s/ha a 0.28 L/s/ha.

En la demanda agrícola hídrica para riego se consideró un 40 % de eficiencia (valor establecido en el Cropwat), determinando que en el mes

de julio se da la mayor demanda con 7 66681.29 m³ y en abril la menor demanda con 62 847.50 m³.

Haciendo el balance hídrico entre la oferta y la demanda que se observa en la Tabla y la Figura 3 se muestra que en los meses de junio y julio existe un déficit de 0.22 Mm³, y que este déficit coincide con la época de estiaje.

Los proyectos a realizar de acuerdo a los estudios realizados son construcción de sistemas de captación superficial, para una captación en épocas de lluvia, Propuestas de instalación de sistemas de riego tecnificado.

Sistemas de captación (bocatoma tirolesa, desarenador, RBC, etc).

5.2. Calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo.

Las tres muestras se tomaron en el río Achamayo en puntos distintos, en el mes de octubre.

Los resultados del análisis del agua muestran presencia de sustancias del tipo físico – químico, inorgánico y microbiológicos – parasitológicos.

En las muestras 1 y 2 no se presentó ninguna cantidad de cloro residual, solo en la muestra 3 se halló una cantidad mínima de 0.10 mg/L.

Realizando el análisis de cada uno de los parámetros, mediante la comparación de los resultados con los valores proporcionados por el ECA en la Categoría 3: uso de agua para riego, todas las sustancias se encuentran debajo del valor límite, excepto el plomo, el cual excede en 0.332 mg/L al valor límite.

CONCLUSIONES

1. La cantidad de agua para riego que proporciona el río Achamayo no es suficiente para el abastecimiento de los terrenos agrícolas durante la época de estiaje; no obstante, en cuanto a la calidad para riego sí cumple con los parámetros establecidos en los Estándares de la Calidad del Agua.
2. El río Achamayo genera anualmente un volumen de 115.47 Mm³ de recurso hídrico y una demanda hídrica para riego de 3.77 Mm³, con un área agrícola total de 1683.8 ha conformado por el comité de riego Concepción, 9 de Julio, Santa Rosa de Ocopa, Quichuay e Ingenio; no obstante, durante los meses junio y julio, sólo se genera 1.29 Mm³ de recurso hídrico cuando la demanda hídrica es de 1.51 Mm³, generando un déficit hídrico de 0.22 Mm³ para el riego de cultivos en esta época.
3. El agua del río Achamayo cumple con los parámetros físicos – químicos, inorgánicos, microbiológicos y parasitológicos; establecidos por los Estándares de la Calidad del Agua considerándose apta para el uso de riego de los cultivos.

RECOMENDACIONES

1. Para determinar la oferta de agua, que depende de factores meteorológicos, se recomienda tener la mayor cantidad de información anual brindada por SENAMHI, a partir de los registros de la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio.
2. En el balance hídrico se puede observar mucha diferencia entre los caudales generados y demandados, se recomienda desarrollar un mejor sistema de riego con mayor eficiencia y también la construcción de una presa que permita el almacenamiento del agua para su uso en época de estiaje.
3. Para mantener la calidad del agua para riego del río Achamayo, se recomienda no usar fertilizantes ni pesticidas en exceso, ya que estos van a alterar la composición sobrepasando los parámetros físicos – químicos, inorgánicos, microbiológicos y parasitológicos, que van causar daño a la salud y al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2015). Evaluación de recursos hídricos en la cuenca de Mantaro. *Autoridad Nacional Del Agua*, 62.
- Atencio, H. (2018). *Análisis de la calidad de agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco - 2018* (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión). Retrieved from http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/428/1/T026_70776177_T.pdf
- Baldeon, L. (2016). *Modelamiento hidrológico de la Subcuenca del río Achamayo*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Baldomero, O. (2009). *Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos*. 34. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2014.05.061>
- Berlijn, J, D., & Brouwer, I, C. (2008). *Riego y drenaje* (3rd ed.; TRILLAS, Ed.).
- Camelo, M. (2017). *Aprovechamiento de agua lluvia en el desarrollo de obra civil*. Universidad Nacional de Colombia.
- Castellón, J., Bernal, R., & Hernández, M. de L. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19, 39–50. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750924004.pdf>
- DGIAR. (2015). *Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego* (Primera; Dirección General de Infraestructura agraria y riego, Ed.). San Isidro - Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- FAO. (2000). *Manual CROPWAT*. 64.
- Gamarra, H. (2018). *Aplicacion del modelo hidrológico lutz scholz para determinar caudales medios mensuales en la sub cuenca del río quiroz*. Universidad Nacional de Piura.
- Google Earth. (2020). Google Earth Pro. Retrieved from <https://www.google.es/earth/download/gep/agree.html>

- Hernández, G. (2017). *Evaluación y propuesta de mejora en la eficiencia del uso del agua en la zona de riego Los Peroles, Rioverde, S.L.P.* Universidad Autónoma de San Luis de Potosí.
- Lenntech. (2019). glosario-agua @ www.lenntech.es.
- Llanos, R. (2018). *Calidad y cantidad de agua de riego en el desarrollo y rendimiento de la fresa (Fragaria x annanasa) cv. San Andreas* (Universidad Nacional Agraria La Molina). Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3445/llanos-ortiz-rosita-milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Magallanes, C. (2013). Sector Agrario: El Recurso Hídrico Y Su Aprovechamiento Eficiente. *Departamento de Investigación y Documentación Parlamentaria*, 24.
- Mamani, W. (2015). *Generación de descargas medias mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Marín, D. (2015). *Evaluación de la calidad de agua para fines de riego en la sub-cuenca Salado de la cuenca Alto Apurimac*. Universidad Nacional del Altiplano.
- MINAM. Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. , El Peruano § (2017).
- MINAM. (2017b). Ministerio del Ambiente. Retrieved from Estándares de calidad ambiental website: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>
- Muñoz, I. (2011). Desigualdades en la distribución del agua de riego. El caso del valle de Ica. *Desigualdad Distributiva En El Perú: Dimensiones*, 26.
- ONU. (2016). *The United Nations World Water Development Report 2016 - Waters and Jobs*.
- Ordoñez, J. (2011). Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. *Cartilla Técnica, Primera*, 44.

- Ortiz, M., Can, Á., Romero, C., Cruz, E., & Madueño, A. (2019). Calidad del agua para uso agrícola del río Mololoa, México. *Terra Latinoamericana*, 37, 185–195. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v37n2/2395-8030-tl-37-02-185.pdf>
- Rocha, A. (1993). Recursos hidráulicos. In *Colección del ingeniero civil libro n° 16* (Primera ed). Lima - Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Scholz, L. (1980). *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana". Plan Meris II. Cusco* (p. 81). p. 81.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. In FAO (Ed.), *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (Vol. 66). <https://doi.org/978-92-5-308564-4>
- Valdez, D. (2018). *Evaluación de los recursos hídricos en la subcuenca del río San José - Azángaro* (Universidad Nacional del Altiplano). Retrieved from http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7872/Valdez_De_La_Peña_Diana.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ZEE. (2015). *Memoria descriptiva del estudio hidrológico y de cuencas del departamento de Junín a escala 1:100000*. JUNÍN.
- Zegarra, E. (2014). *Grupo de análisis para el desarrollo, aplicaciones para una mejor gestión*. Lima - Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de consistencia

Tesis: “Cantidad y calidad de agua superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo - Junín”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es la cantidad y calidad superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo - Junín?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cuál es el volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo – Junín? b) ¿Cuál es la calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar la cantidad y calidad superficial para riego en épocas de estiaje del río Achamayo - Junín.</p> <p>Objetivos específicos: a) Calcular el volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo – Junín. b) Determinar la calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín.</p>	<p>Hipótesis general: De la evaluación de la cantidad y calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín, resulta factible para este tipo de uso.</p> <p>Hipótesis específicas: a) El volumen de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo- Junín, satisface esta demanda. b) La calidad de agua superficial para riego en época de estiaje del río Achamayo - Junín, cumple con los estándares de calidad ambiental establecidos por el MINAM.</p>	<p>Variable independiente 1 (X₁): Cantidad de agua superficial.</p> <p>Variable independiente 2 (X₂): Calidad de agua superficial.</p> <p>Variable dependiente (Y): Riego</p>	<p>- Volumen.</p> <p>- Calidad.</p> <p>- Riego</p>	<p>-Parámetros morfométricos de la subcuenca. - Precipitación media - Evapotranspiración</p> <p>- Parámetros físico-químicos. - Parámetros inorgánicos. - Parámetros microbiológicos y parasitológico.</p> <p>- Área de riego. - Uso consuntivo. - Eficiencia de riego.</p>	<p>Método general: Método científico.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel: Descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p> <p>Población: Correspondió al río Achamayo, ubicado en la provincia de Concepción del departamento de Junín.</p> <p>Muestra: De acuerdo al muestreo no probabilístico intencional, correspondió a cuatro puntos del río Achamayo para la determinación de la calidad de agua.</p>

**ANEXO N° 02: DATOS PROCESADOS DE SENAMHI DE LA ESTACIÓN
INGENIO**

Precipitación - Estación INGENIO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1971	95.80	70.80	143.20	35.20	42.80	1.50	2.70	7.20	52.60	132.40	95.20	64.70
1972	99.30	157.30	159.50	21.10	11.90	0.70	8.50	10.80	49.70	15.50	46.60	154.40
1973	101.20	59.90	29.00	12.10	30.60	0.00	0.50	7.40	38.20	94.80	84.60	110.60
1974	52.60	208.90	205.24	20.00	27.35	4.90	22.00	21.90	21.41	95.51	40.90	109.20
1976	102.41	131.40	119.31	79.80	0.00	23.51	19.80	8.70	46.90	73.30	97.00	188.20
1977	240.70	121.00	118.00	97.50	11.10	24.60	6.00	0.03	72.72	97.60	72.20	152.93
1978	180.30	230.20	153.92	45.30	6.80	14.61	0.02	18.92	20.90	74.72	63.70	126.50
1982	162.20	93.20	209.71	132.80	30.20	0.00	7.10	9.71	48.61	74.20	60.50	128.40
1988	162.10	196.40	163.60	83.20	23.60	8.50	44.90	17.80	45.00	110.80	62.70	169.30
1991	216.60	246.80	147.50	77.40	0.00	25.70	3.60	25.20	1.90	91.10	90.40	123.50
1992	141.10	221.10	90.50	25.10	8.20	12.60	1.10	6.10	7.27	16.30	35.90	72.40
1993	117.70	136.50	129.30	59.80	37.60	1.10	0.00	7.00	38.60	63.40	108.80	107.70
1994	194.70	143.70	132.20	32.60	18.30	3.70	7.30	0.00	59.00	38.30	135.30	119.00
1995	185.20	188.60	73.80	78.50	0.00	5.10	6.20	12.70	44.00	96.30	122.90	126.70
1996	202.20	47.70	39.20	27.20	20.30	5.30	9.30	9.80	62.80	55.50	41.00	11.80
1997	22.80	23.00	23.00	6.80	5.20	0.30	0.50	0.50	3.20	17.10	1.60	3.10
1999	4.20	6.20	4.30	2.30	0.90	16.00	0.70	13.50	6.30	15.90	18.20	7.60
2000	24.30	49.20	0.00	81.20	17.10	0.60	0.50	2.10	10.90	70.90	181.30	90.60
2004	96.20	66.40	46.40	35.60	12.80	3.80	1.60	2.50	10.00	39.70	68.70	53.70
2006	59.50	66.40	39.60	91.70	4.60	3.00	1.50	1.60	23.10	60.40	26.20	26.50
2007	69.60	76.60	27.60	36.00	0.00	1.90	0.03	14.02	25.64	79.20	55.50	156.30
2008	194.90	134.90	72.00	54.60	22.10	8.40	0.10	2.94	36.53	69.92	108.30	223.00
2009	129.10	171.40	94.70	123.60	29.60	11.30	9.30	1.00	66.60	56.60	89.00	113.90
2012	211.50	168.80	116.22	31.23	11.50	0.00	8.70	8.40	25.40	59.40	37.70	119.80
2013	100.90	155.31	147.00	24.80	8.10	6.40	12.00	6.80	27.00	66.90	83.80	143.30

Precipitación - Estación INGENIO												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	135.12	85.01	127.52	39.31	0.00	2.30	1.50	1.31	21.10	58.52	105.41	90.14
2015	87.41	91.61	136.01	48.93	12.90	0.00	7.51	0.01	18.21	53.21	57.70	100.52
2016	118.32	86.40	64.90	26.00	6.81	11.80	8.10	2.72	38.90	82.31	36.71	96.82
2017	113.80	98.91	104.30	84.10	16.60	4.90	0.00	9.30	32.30	70.31	95.90	172.90
2018	88.60	132.20	75.70	135.70	19.90	28.00	0.00	3.80	28.40	51.60	67.10	186.10
2019	156.70	110.90	87.30	52.40	52.90	8.70	0.90	30.60	17.80	76.60	67.10	171.40
Promedio	124.74	121.83	99.37	54.90	15.80	7.72	6.19	8.53	32.29	66.40	72.84	113.58

Temperatura máxima - Estación INGENIO												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2006	19.23	17.50	17.66	18.02	18.56	18.51	17.66	18.66	18.47	18.74	18.13	19.00
2007	18.26	18.28	16.81	18.08	18.63	18.99	18.47	18.86	19.69	20.96	21.46	17.59
2008	20.22	18.01	17.25	19.16	20.10	17.99	18.05	17.70	17.82	18.25	19.96	18.06
2009	19.38	19.26	18.10	19.30	20.29	19.73	19.82	20.25	19.99	18.97	20.48	17.96
2012	18.11	18.20	17.37	18.73	20.01	18.64	18.62	19.13	19.62	19.70	18.72	19.30
2013	19.35	18.66	17.18	18.12	19.36	19.41	19.02	20.23	18.81	20.02	21.04	19.63
2014	17.29	17.73	17.73	19.48	19.82	19.79	19.86	20.30	20.46	19.32	21.10	20.08
2015	17.60	17.73	17.29	18.52	19.51	19.96	19.55	20.06	20.63	20.47	19.55	18.77
2016	18.31	18.84	18.45	19.57	20.32	19.54	20.94	20.57	19.77	20.05	19.73	18.05
2017	17.25	16.92	16.96	17.54	18.59	19.05	18.51	19.89	18.64	19.88	20.18	17.84
2018	18.92	17.15	16.70	17.23	18.66	18.22	19.34	20.10	18.89	19.35	19.62	17.50
2019	18.55	17.64	18.12	19.47	18.65	17.37	17.40	18.84	19.71	19.51	19.70	16.84
Promedio	18.54	17.99	17.47	18.60	19.38	18.93	18.94	19.55	19.37	19.60	19.97	18.38

Temperatura mínima - Estación INGENIO												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2006	5.05	6.25	6.15	5.13	2.66	1.10	1.26	1.24	4.14	4.75	5.26	5.33
2007	5.32	5.98	5.92	4.44	2.85	-0.11	-1.40	0.79	2.71	3.10	3.92	5.75
2008	5.61	5.81	5.59	3.97	1.95	0.45	0.97	0.63	3.68	4.62	4.15	5.94
2009	4.95	5.44	5.72	4.35	0.93	-0.70	-0.52	0.60	3.47	4.94	4.23	6.11
2012	5.93	6.89	6.84	5.77	1.01	2.59	-0.36	3.09	3.98	6.01	5.96	6.27
2013	6.67	6.43	6.19	5.48	2.74	0.10	1.24	1.57	3.58	4.57	5.24	5.34
2014	6.99	6.23	5.34	4.44	1.45	0.84	-0.01	2.06	3.81	5.44	5.81	6.33
2015	5.99	7.14	6.15	5.12	2.88	0.85	1.55	2.63	3.69	5.08	6.07	6.69
2016	6.75	7.23	7.22	5.35	3.14	1.59	-0.35	0.75	3.79	4.70	5.13	6.06
2017	6.23	6.11	6.40	4.79	2.29	0.22	-0.09	1.09	4.90	5.32	5.69	5.75
2018	5.69	6.37	5.84	5.49	2.80	0.65	-1.37	0.19	2.53	5.28	6.38	7.77
2019	6.62	7.50	7.68	4.75	4.03	3.29	1.86	2.76	3.65	5.86	5.81	6.38
Promedio	5.98	6.45	6.25	4.92	2.39	0.91	0.23	1.45	3.66	4.97	5.31	6.14

ANEXO N° 03: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE AGUA

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C
LABORATORIO LABORATORIOS

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C
CADENA DE CUSTODIA AGUA

CÓDIGO: CC-LAB-01
REV: 01
F.E: 01/2019

Cliente: *Orthona Cabañero Corobco*
RUC: *20120155493384*
Dirección: *Tr. Paramo 868 - Hdo*
e-mail: *paramo868@hdo.com*

Lugar de muestreo: *Imprenta - Achamayo*
Proyecto: *Control de calidad de agua superficial para uso en procesos de empaque en el no. Achamayo - Tarma*

N° de cadena de custodia (1): *A466-032-19*
N° de informe de ensayo (1): *A466-042-19*
N° de orden de servicio (1): *A466-042-19*
Año: *2019*

PARAMETROS:
Tel: *980008894*

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE LABORATORIO ⁽¹⁾	PUNTO DE MONITOREO ó CODIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		UBICACIÓN UTM ⁽²⁾	N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO	VOLUMEN TOTAL	PH	Temperatura	Conductividad	Clor Residual	OD	A _{v6}	Coliforme Total	DB5	DBO	STD	C	P _B	Zn	OBSERVACIONES
			FECHA (d-m-a)	HORA (24:00)																	
01	M-078-19	PM-001	23/10/19	10:58	8886675 6471435	04	03	12L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
02	M-079-19	PM-002	23/10/19	11:58	8685773 0470266	04	03	12L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
03	M-080-19	PM-003	23/10/19	12:10	8685594 0470652	04	03	12L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
TOTAL						12	09														

RECIBIDO
23/10/19
PROF. A. G. GARCIA

(1) Campo exclusivo para el laboratorio.
(2) Planimétricas según requerimiento del cliente.
(3) Tomar las coordenadas UTM utilizando un GPS.
(4) AP(Agua Potable); AR(Agua Residual); AS(Agua Superficial); AT(Agua Subterránea); AM(Agua de Mar); AL(Agua Pluvial); EF(Efluente); VE(Ventilación); SE(Sedimento); BV(Blanco Vajero); DP(Duplicado); BC(Blanco de Campo).

LABORATORIO - RECEPCION DE MUESTRAS
MUESTRAS RECIBIDAS INTACTAS
TIPO DE RECIPENTE ADECUADO
MUESTRAS DENTRO DEL PERIODO DE ANALISIS
CONSERVACION DE MUESTRAS
FRIO: AMBIENTE:

LABORATORIO - RESPONSABLE O SUPERVISOR EN CAMPO
MUESTREO POR ANALISTA DE CAMPO
NOMBRES Y APELLIDOS: *Joseluis Rojas Garcia*
FIRMA: *Joseluis Rojas Garcia*
OBSERVACIONES:

LABORATORIO - RESPONSABLE O SUPERVISOR EN CAMPO
MUESTREO POR ANALISTA DE CAMPO
NOMBRES Y APELLIDOS: *Andrés*
FIRMA: *Andrés*
OBSERVACIONES:



Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 - Chilca - Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N - Barrio Chanchas - Huayucachi
Central tel.: 064-413789 Cel.: 998900666 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-042-19

Código de Laboratorio:	Código del Cliente:	Coordenadas UTM:	Fecha de Muestreo:	
M-080-19	PM-003	E 0470632 N 8685594	23/10/2019 12:10 pm	
		Producto Declarado:	Agua Superficial	
Ensayo	Método de Ensayo	Resultado	Unidad	
pH ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+ B.23nd Ed.2017	8.01	Unidad pH	
Temperatura ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23nd Ed.2017	15.5	°C	
Conductividad ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23nd Ed.2017	177.3	µS/cm	
Cloro Residual ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl G, 23nd Ed.2017	0.10	mg/L	
Oxígeno disuelto en Campo ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O G, 23nd Ed.2017	5.69	mg/L	
Oxígeno disuelto en Laboratorio ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O B, 23nd Ed.2017	5.67	mg/L	
Aceites y Grasas ^(*)	Method 1664 EPA-821-R-10-001 Rev. B. Ed. 2010	2.60	mg/L	
Coliformes Termotolerantes ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9222 B, 23nd Ed.2017	320	NMP/100mL	
Demanda Bioquímica de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23nd Ed.2017	11.0	mg/L	
Demanda Química de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23nd Ed.2017	22.5	mg/L	
Sólidos Totales ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23nd Ed.2017	105	mg/L	
Cobre ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0068	mg/L	
Plomo ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0796	mg/L	
Zinc ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0075	mg/L	

(*) Los parámetros indicados no han sido acreditados por INACAL-DA, por lo que los resultados son referenciales.
(e) Los parámetros indicados han sido analizados en un laboratorio externo.

05, de Noviembre del 2019



LAB-FR-002/REV.01/F.E.01/2019

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia, Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación.

Página 3 de 3

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas- Huayucachi
Central tel.: 064-413789 Cel.: 998900666 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

Escaneado con CamScanner



LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-042-19

Código de Laboratorio:	Código del Cliente:	Coordenadas UTM:	Fecha de Muestreo:	23/10/2019
M-079-19	PM-002	E 0470966 N 8685793	Hora: 11:38 am	
			Producto Declarado:	Agua Superficial
Ensayo	Método de Ensayo	Resultado	Unidad	
pH ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+ B.23nd Ed.2017	7.53	Unidad pH	
Temperatura ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23nd Ed.2017	14.7	°C	
Conductividad ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23nd Ed.2017	106.5	µS/cm	
Cloro Residual ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CI G, 23nd Ed.2017	0.00	mg/L	
Oxígeno disuelto en Campo ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O G, 23nd Ed.2017	6.60	mg/L	
Oxígeno disuelto en Laboratorio ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O B, 23nd Ed.2017	6.58	mg/L	
Aceites y Grasas ^(*)	Method 1664 EPA-821-R-10-001 Rev. B. Ed. 2010	2.10	mg/L	
Coliformes Termotolerantes ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9222 B, 23nd Ed.2017	280	NMP/100mL	
Demanda Bioquímica de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23nd Ed.2017	9.0	mg/L	
Demanda Química de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23nd Ed.2017	22.0	mg/L	
Sólidos Totales ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23nd Ed.2017	110	mg/L	
Cobre ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0070	mg/L	
Plomo ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0810	mg/L	
Zinc ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0076	mg/L	

(*) Los parámetros indicados no han sido acreditados por INACAL-DA, por lo que los resultados son referenciales.
(e) Los parámetros indicados han sido analizados en un laboratorio externo.



LAB-FR-002/ REV01/ F.E.01/2019

El presente Informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se repite por las disposiciones civiles y penales en la materia, Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un período máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación.

Página 2 de 3

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Central tel.: 064-413789 Cel.: 998900666 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

Escaneado con CamScanner



LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-042-19

Cliente : CINTHYA TATIANA CABALLERO CORDERO.
Domicilio legal : Jr. Panama N° 868 – Huancayo.
Referencia del cliente : "Cantidad y Calidad de Agua Superficial Para Riego en Epocas de Estiaje del Rio Achamayo – Junín.
Procedencia de la muestra : Rio Achamayo – Distrito de Ingenio – Huancayo – Junín.
Orden de servicio N° : AL/OS-042-19.
Cantidad de muestra : 12 muestras en frasco de plástico.
09 frasco de vidrio.
Fecha de recepción de muestra : 23/10/2019.
Periodo de ensayo : 23/10/2019 – 04/11/2019.
Toma de muestra : Por Ambiental Laboratorios S.A.C.
Condición de la muestra : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

Código de Laboratorio:	Código del Cliente:	Coordenadas UTM:	Fecha de Muestreo:	23/10/2019
M-078-19	PM-001	E 0471435 N 8686075	Hora:	10:58 am
			Producto Declarado:	Agua Superficial
Ensayo	Método de Ensayo	Resultado	Unidad	
pH ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+ B.23nd Ed.2017	7.87	Unidad pH	
Temperatura ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23nd Ed.2017	12.7	°C	
Conductividad ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23nd Ed.2017	126.6	µS/cm	
Cloro Residual ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CI G, 23nd Ed.2017	0.00	mg/L	
Oxígeno disuelto en Campo ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O G, 23nd Ed.2017	6.57	mg/L	
Oxígeno disuelto en Laboratorio ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 24500-O B, 23nd Ed.2017	6.60	mg/L	
Aceites y Grasas ^(*)	Method 1664 EPA-821-R-10-001 Rev. B. Ed. 2010	3.20	mg/L	
Coliformes Termotolerantes ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9222 B, 23nd Ed.2017	250	NMP/100mL	
Demanda Bioquímica de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23nd Ed.2017	12	mg/L	
Demanda Química de Oxígeno ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23nd Ed.2017	25	mg/L	
Sólidos Totales Disueltos ^(*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23nd Ed.2017	120	mg/L	
Cobre ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0085	mg/L	
Plomo ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0890	mg/L	
Zinc ^(e)	Method 200.8 EPA Rev. 5.4. Ed.1994	0.0178	mg/L	

(*) Los parámetros indicados no han sido acreditados por INACAL-DA, por lo que los resultados son referenciales.
(e) Los parámetros indicados han sido analizados en un laboratorio externo.

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación.

Página 1 de 3

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Central tel.: 064-413789 Cel.: 998900666 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

Escaneado con CamScanner

LAB-FR-002/REV01/F.E.01/2019



ANEXO N° 04: MODELACIÓN DE DEMANDA HÍDRICA EN CROPWAT

ETo Penman-Monteith Mensual - D:\Tesis concluidas\58. Riego en el Achamayo\Cropwat\Cli...

País Estación

Altitud m. Latitud °S Longitud °W

Mes	Prom Temp °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	12.3	74	86	5.7	19.1	3.31
Febrero	12.2	78	130	5.6	18.8	3.20
Marzo	11.9	78	86	5.4	17.8	3.00
Abril	11.8	72	43	6.6	18.0	2.92
Mayo	10.9	66	43	7.3	17.2	2.61
Junio	9.9	55	43	8.5	17.7	2.49
Julio	9.6	54	130	7.9	17.3	2.74
Agosto	10.5	55	130	7.1	17.9	2.98
Septiembre	11.5	62	173	6.6	18.9	3.31
Octubre	12.3	64	173	7.1	20.8	3.65
Noviembre	12.6	63	173	6.6	20.4	3.71
Diciembre	12.3	69	86	6.4	20.1	3.48
Promedio	11.5	66	108	6.7	18.7	3.12

Figura 15. Ingreso de datos climáticos según la estación Ingenio.

Precipitación mensual - D:\Tesis concluidas\58. Riego en el Achamayo\Cropwat\Pre...

Estación Método Prec. Ef

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	124.7	75.8
Febrero	121.8	73.4
Marzo	99.4	55.5
Abril	54.9	22.9
Mayo	16.9	0.1
Junio	8.9	0.0
Julio	7.1	0.0
Agosto	8.8	0.0
Septiembre	32.3	9.4
Octubre	66.4	29.8
Noviembre	72.8	34.2
Diciembre	113.6	66.9
Total	727.6	368.1

Figura 16. Precipitación efectiva en la zona de estudio.

Suelo - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\FAO\MEDIUM.SOI

Nombre del suelo: Suelo medio

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	290.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	290.0	mm/metro

Figura 17. Características del suelo.

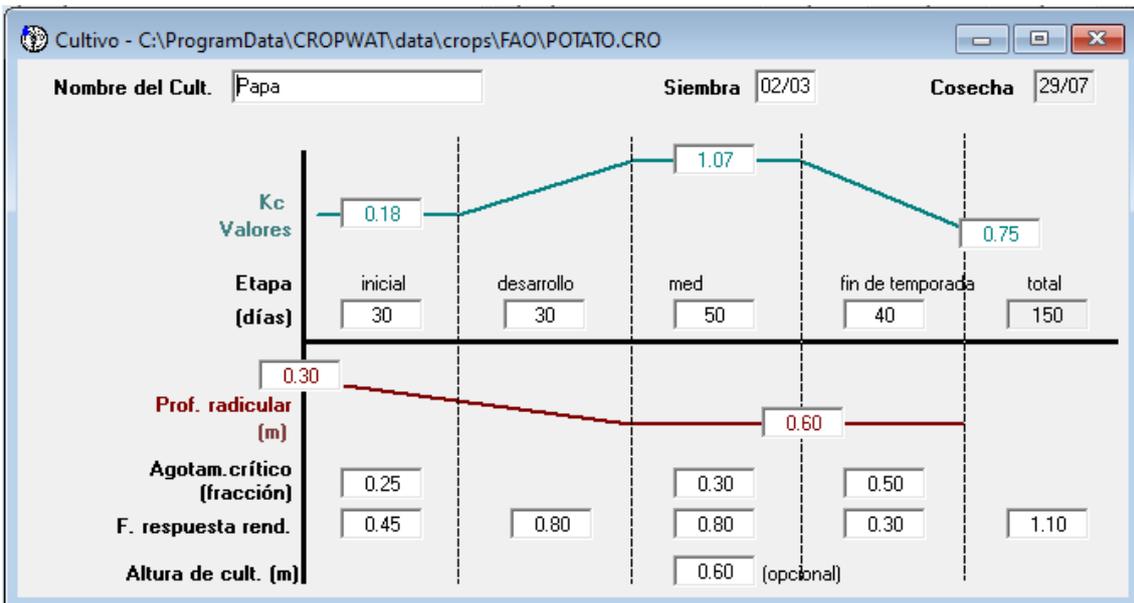


Figura 18. Kc de cultivo de papa.

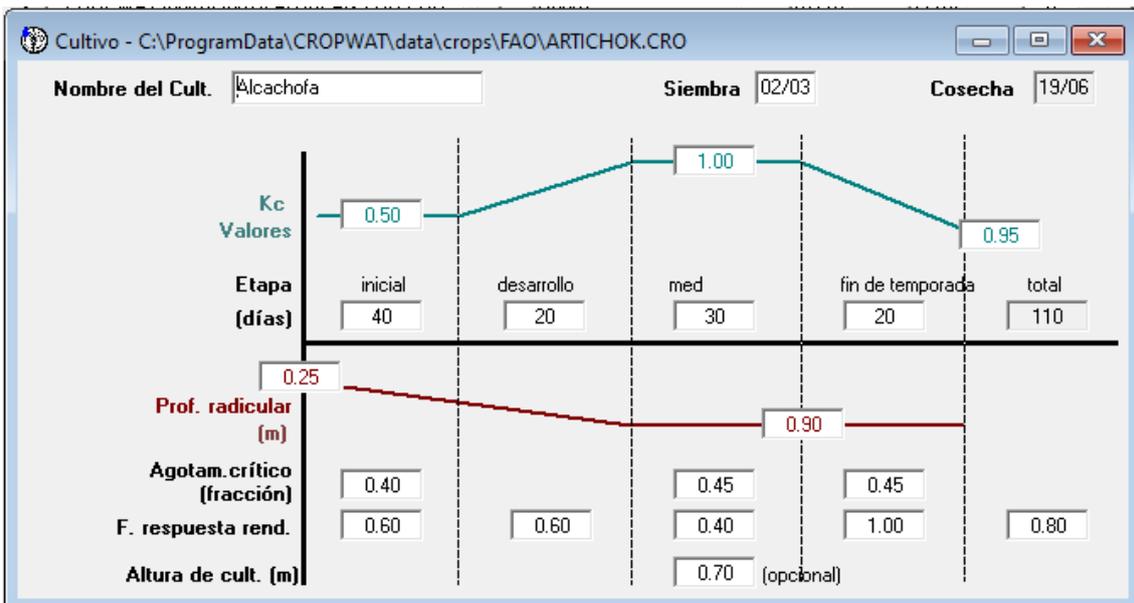


Figura 19. Kc de cultivo de alcachofa.

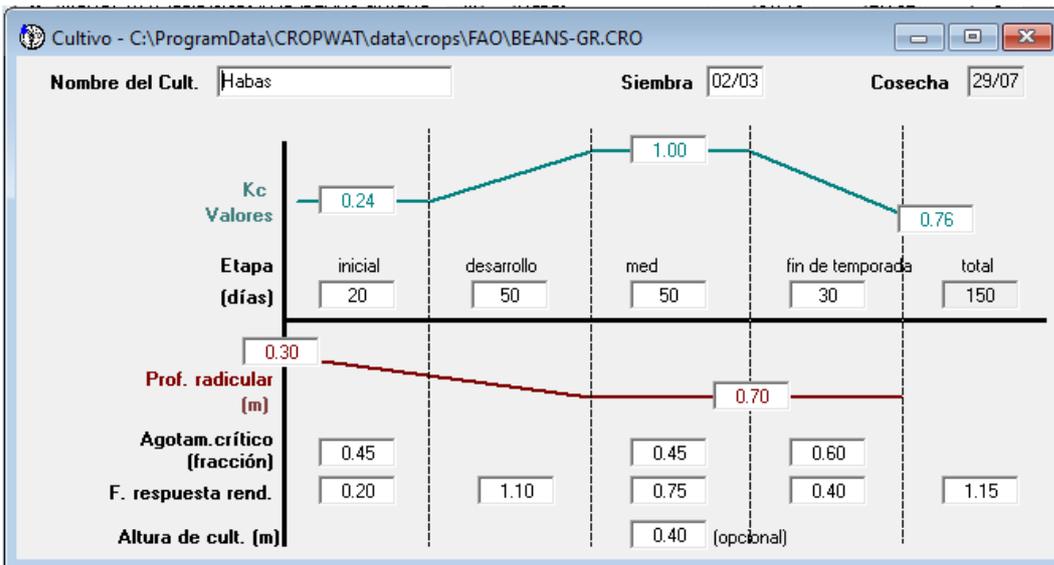


Figura 20. Kc de cultivo de habas.

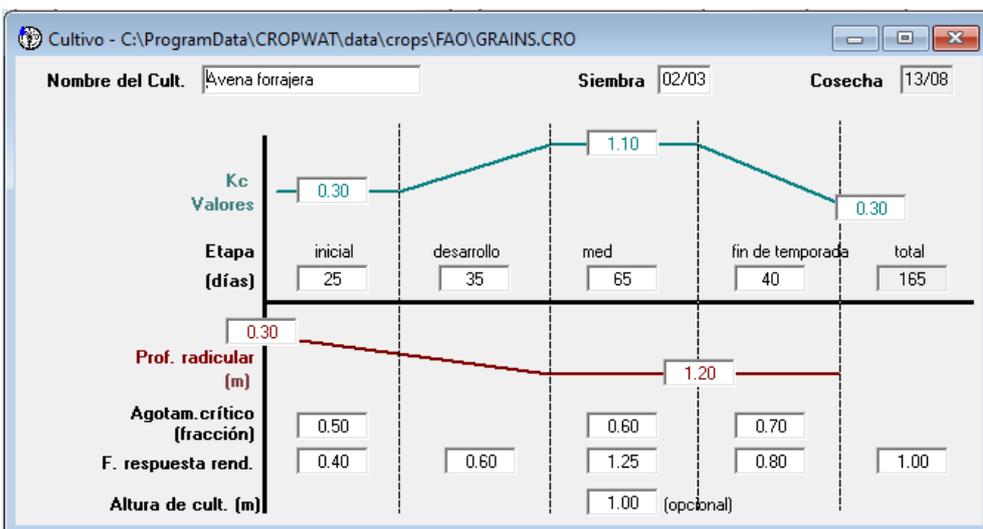


Figura 21. Kc de cultivo de avena forrajera.

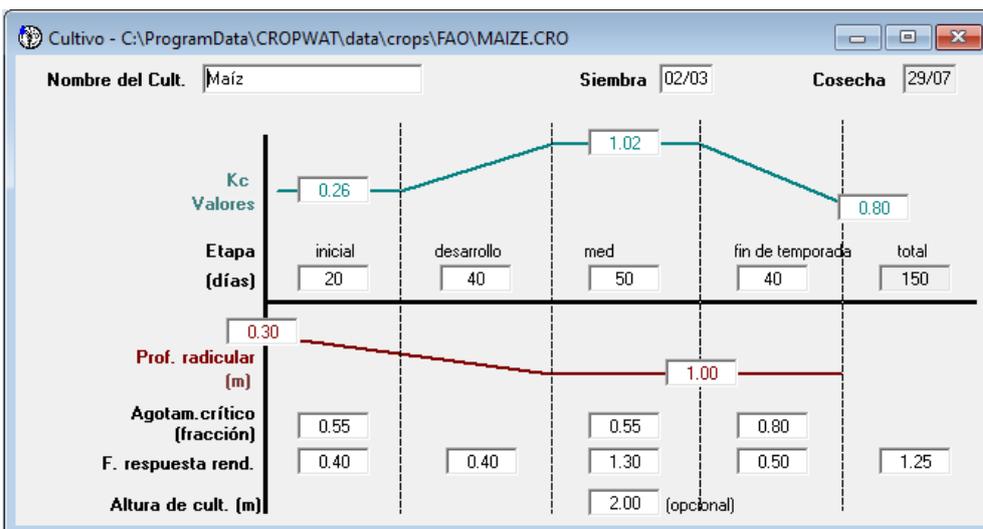


Figura 22. Kc de cultivo de maíz.

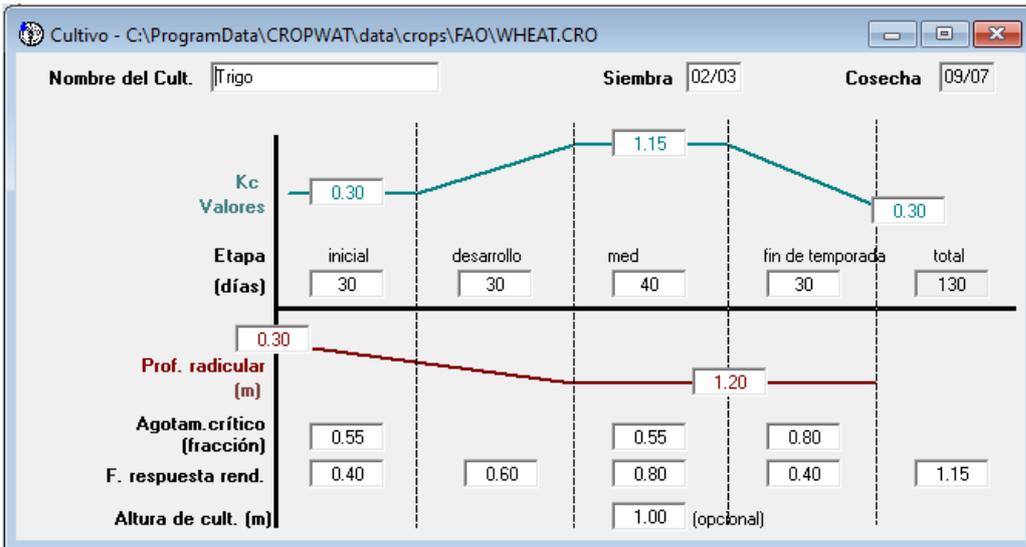


Figura 23. Kc de cultivo de trigo.

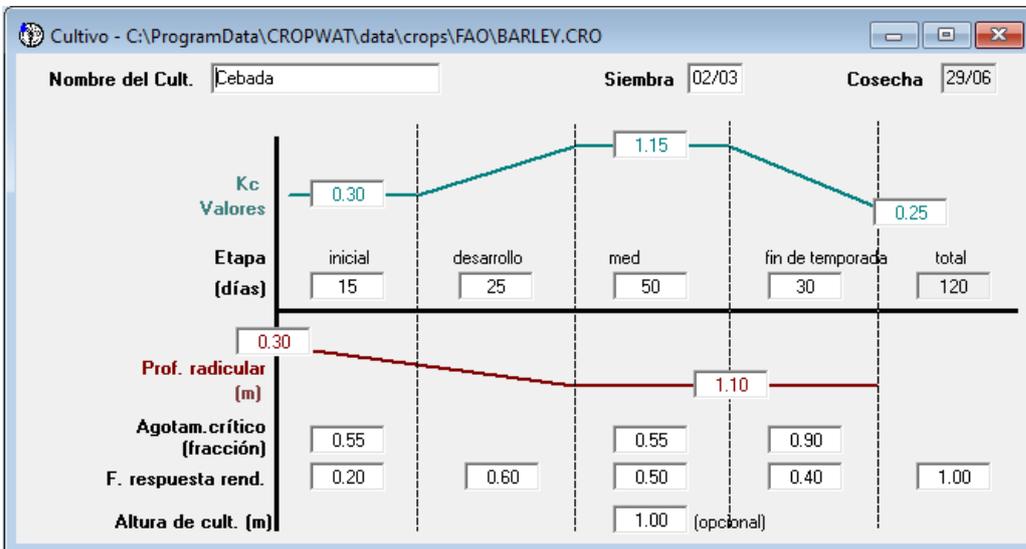


Figura 24. Kc de cultivo de cebada.

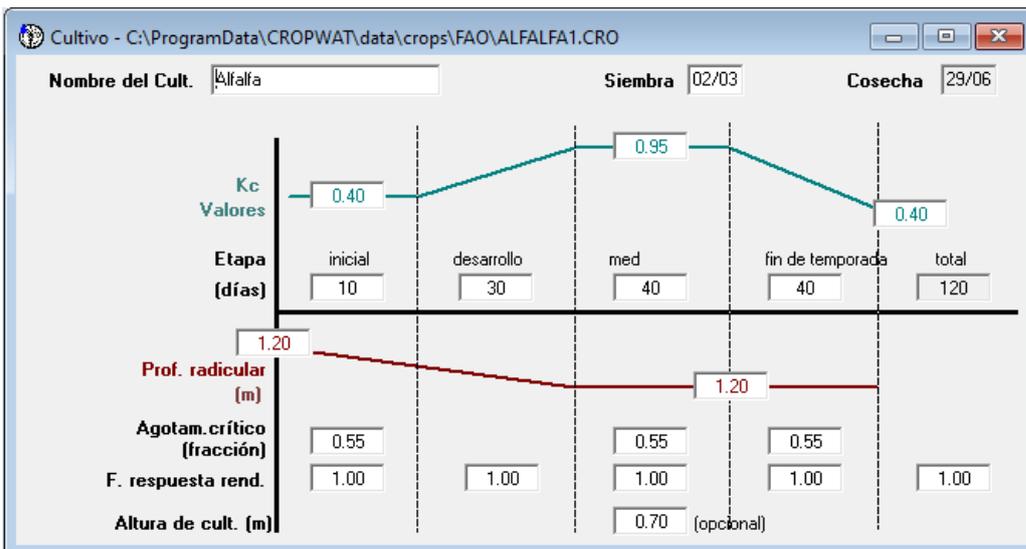


Figura 25. Kc de cultivo de alfalfa.

Patrón de cultivo - D:\Tesis concluidas\58. Riego en el Achamayo\Cropwat\Cultivos base.PAT

Nombre de patrón de cultivo: Cultivos base

No.	Archivo de cultivo	Nombre del cult.	Siembra fecha	Cosecha fecha	Área %
1.	...\CROPWAT\data\crops\FAO\POTATO.CRO	Papa	01/10	27/02	36
2.	...\CROPWAT\data\crops\FAO\ARTICHOK.CRO	Alcachofa	01/10	18/01	5
3.	...\CROPWAT\data\crops\FAO\BEANS-GR.CRO	Habas	01/10	27/02	6
4.	...\a\CROPWAT\data\crops\FAO\GRAINS.CRO	Avena forrajera	01/10	14/03	8
5.	...\ata\CROPWAT\data\crops\FAO\MAIZE.CRO	Maíz	01/10	27/02	12
6.	...\a\CROPWAT\data\crops\FAO\WHEAT.CRO	Trigo	01/10	07/02	8
7.	...\a\CROPWAT\data\crops\FAO\BARLEY.CRO	Cebada	01/10	28/01	20
8.	...\CROPWAT\data\crops\FAO\ALFALFA1.CRO	Alfalfa	01/10	28/01	5
9.			26/02		
10.			26/02		
11.			26/02		
12.			26/02		
13.			26/02		
14.			26/02		
15.			26/02		
16.			26/02		

Figura 26. Patrón de cultivos base en Cropwat.

Patrón de cultivo - D:\Tesis concluidas\58. Riego en el Achamayo\Cropwat\Cultivos de rotación.PAT

Nombre de patrón de cultivo: Cultivos de rotación

No.	Archivo de cultivo	Nombre del cult.	Siembra fecha	Cosecha fecha	Área %
1.	...CROPWAT\data\crops\FAD\BEANS-GR.CRO	Habas	01/03	28/07	41
2.	...\CROPWAT\data\crops\FAD\ALFALFA1.CRO	Alfalfa	01/04	29/07	6
3.	...a\CROPWAT\data\crops\FAD\BARLEY.CRO	Cebada	01/04	29/07	20
4.	...a\CROPWAT\data\crops\FAD\GRAINS.CRO	Avena forrajera	01/06	12/11	33
5.			26/02		
6.			26/02		
7.			26/02		
8.			26/02		
9.			26/02		
10.			26/02		
11.			26/02		
12.			26/02		
13.			26/02		
14.			26/02		
15.			26/02		
16.			26/02		

Figura 27. Patrón de cultivos base en Cropwat.

ETo estación		Patrón de cultivo										
Ingenio		Cultivos base										
Est. de lluvia												
Ingenio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Déficit de Precipitación												
1. Papa	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.6	31.5
2. Alcachofa	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.4	34.8	23.2
3. Habas	12.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	28.2	24.3
4. Avena forrajera	18.1	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	40.2	31.9
5. Maíz	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	33.0	18.6
6. Trigo	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	38.8	37.3
7. Cebada	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4	69.7	38.3
8. Alfalfa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3	51.7	16.5
Req. Netos sistema												
en mm/día	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	1.0
en mm/mes	9.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	40.9	30.2
en l/s/h	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.16	0.11
Area Irrigada	95.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.0	100.0	100.0
(% del area total)												
Req. de riego area real	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.16	0.11
(l/s/h)												

Figura 28. Requerimiento hídrico para cultivos base según Cropwat.

ETo estación		Patrón de cultivo											
Ingenio		Cultivos de rotación											
Est. de lluvia													
Ingenio													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Déficit de Precipitación													
1. Habas	0.0	0.0	0.0	26.1	68.5	65.0	55.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2. Alfalfa	0.0	0.0	0.0	19.6	63.0	58.7	42.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3. Cebada	0.0	0.0	0.0	14.4	76.0	73.9	46.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4. Avena forrajera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.4	57.0	84.7	81.3	50.0	7.0	0.0	
Req. Netos sistema													
en mm/día	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5	1.8	1.7	0.9	0.9	0.5	0.1	0.0	
en mm/mes	0.0	0.0	0.0	14.8	47.1	52.7	53.5	28.0	26.8	16.5	2.3	0.0	
en l/s/h	0.00	0.00	0.00	0.06	0.18	0.20	0.20	0.10	0.10	0.06	0.01	0.00	
Area Irrigada	0.0	0.0	0.0	67.0	67.0	100.0	100.0	33.0	33.0	33.0	33.0	0.0	
(% del area total)													
Req. de riego area real	0.00	0.00	0.00	0.09	0.26	0.20	0.20	0.32	0.31	0.19	0.03	0.00	
(l/s/h)													

Figura 29. Requerimiento hídrico para cultivos de rotación según Cropwat.

ANEXO N° 05: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Inspección de la fluencia de agua del río Achamayo en el mes de marzo del 2022.



Fotografía 2. Toma de muestra ensayo de aceites y grasas del río Achamayo.



Fotografía 3. Toma de muestra ensayo de conductividad del río Achamayo.



Fotografía 4. Toma de muestra ensayo de demanda bioquímica de oxígeno del río Achamayo.



Fotografía 5. Toma de muestra ensayo de Ph del rio Achamayo.



Fotografía 6. Toma de muestra de agua del rio Achamayo.

ANEXO N° 06: PLANOS

