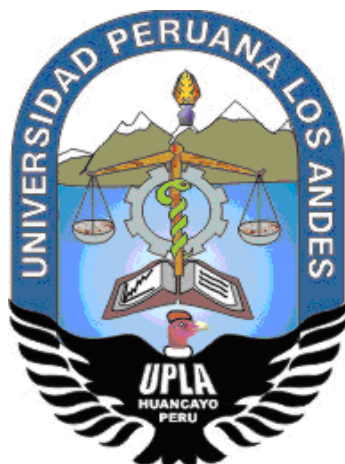


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA DEL RÍO CUNAS PARA
LA DEMANDA POR CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE
YANACANCHA Y CHONGOS BAJO, CHUPACA**

PRESENTADO POR:

Bach. CORDOVA ASTO, SHEYLA SHANDY.

Bach. SALAZAR TORRES, EULER ADAMS.

Línea de investigación Institucional:

Salud y gestión de la salud.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**Huancayo – Perú
2021**

Mg. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL.

Asesor

DEDICATORIA

En primer lugar, agradecer a Dios por ser mi guía espiritual y conducirme hacia el camino del bien y del éxito.

Sobre todo a mis padres quienes gracias a sus dignos ejemplos de superación, me formaron valores que me ayudan a superarme día a día, y así hoy puedo alcanzar mi meta, impulsándome en mi carrera profesional en los momentos más difíciles.

Euler Adams Salazar Torres

Agradecer a Dios ya que toda la felicidad me la has brindado con mi familia maravillosa.

Quiero dedicar este logro, principalmente a los seres más importantes en mi vida: mi papa Jose Luis Córdova Arge y mi madre Betty Asto Bautista, Dios me bendijo enormemente por ponerlos en mi vida.

A mis hermanos Soledad Amalia y Luis Jefferson sé que sin importar el momento ustedes siempre, han estado acompañándome.

Sheyla Shandy Córdova Asto

AGRADECIMIENTO

A nuestro Señor, porque nos ha dado vida, conocimiento, fuerza, salud y nos ha iluminado, en el camino hacia el logro de nuestras metas.

Dedicamos este proyecto a nuestros padres quienes nos impulsaron con su apoyo y amor incondicional.

Al Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil nuestro asesor con su apoyo, ahínco, conocimiento y confianza brindada.

A nuestra casa superior de estudios, La Universidad Peruana Los Andes que nos otorgó todos los medios y materiales que permitieron lograr nuestros objetivos.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Jurado revisor

Jurado revisor

Jurado revisor

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación y sistematización del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Justificación	19
1.3.1. Práctica o social	19
1.3.2. Metodológica	19
1.4. Delimitaciones	20
1.4.1. Espacial	20
1.4.2. Temporal	20
1.4.3. Económica	21
1.5. Limitaciones	21
1.6. Objetivos	21
1.6.1. Objetivo general	21
1.6.2. Objetivos específicos	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedentes nacionales	25
2.2. Marco conceptual	30
2.2.1. Tipos de fuentes del recurso agua	30
2.2.2. El ciclo hidrológico	30
2.2.3. Cuenca hidrográfica	31

2.2.4. Disponibilidad hídrica	32
2.2.5. Oferta hídrica	32
2.2.6. Cálculo de la oferta hídrica	32
2.2.7. Modelación hidrológica	33
2.2.8. Modelo Lutz Scholz	35
2.2.9. Precipitación Efectiva	35
2.2.10. Retención de la cuenca	37
2.2.11. Almacenamiento hídrico	38
2.2.12. Demanda hídrica por consumo humano	42
2.2.13. Proyección de población	43
2.2.14. Sistemas de riego	44
2.2.15. Necesidades de agua de riego	51
2.2.16. Demanda de agua de los cultivos	51
2.2.17. Calidad del recurso hídrico.	52
2.3. Definición de términos	55
2.4. Hipótesis	57
2.4.1. Hipótesis general	57
2.4.2. Hipótesis específicas	57
2.5. Variables	57
2.5.1. Definición conceptual de la variable	57
2.5.2. Definición operacional de la variable	58
2.5.3. Operacionalización de la variable	58

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación	59
3.2. Tipo de investigación	59
3.3. Nivel de investigación	60
3.4. Diseño de investigación	60
3.5. Población y muestra	60
3.5.1. Población	60
3.5.2. Muestra	60
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	61

3.6.1. Técnicas	61
3.7. Procesamiento de la información	62
3.8. Técnicas y análisis de datos	63

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Oferta hídrica del río Cunas	64
4.1.1. Evapotranspiración (ET _o)	64
4.1.2. Precipitación efectiva	66
4.1.3. Coeficiente de escurrimiento	66
4.1.4. Cálculo de la oferta hídrica	67
4.2. Demanda hídrica por riego que abastece el río Cunas	70
4.2.1. Precipitación	71
4.2.2. Precipitación efectiva	72
4.2.3. Temperatura media	72
4.2.4. Evapotranspiración (ET _o)	73
4.2.5. Cultivos	74
4.2.6. Requerimiento hídrico	77
4.2.7. Demanda hídrica por riego	80
4.3. Demanda hídrica por consumo humano	81
4.4. Disponibilidad hídrica	83
4.4.1. Oferta hídrica superficial	83
4.4.2. Demanda hídrica por riego y consumo humano	84
4.4.3. Cálculo de la disponibilidad hídrica	85

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Oferta del recurso hídrico del río Cunas	89
5.2. Demanda hídrica por riego que abastece el río Cunas	91
5.3. Demanda hídrica por consumo humano del distrito	93
5.4. Disponibilidad hídrica	94
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

ANEXOS	102
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	103
ANEXO N° 02: DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN VIQUES	105
ANEXO N° 03: PANEL FOTOGRÁFICO	114
ANEXO N° 04: PLANOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.	37
Tabla 2. Almacenamiento hídrico durante la época de lluvia (valores $-a_i\%$).	40
Tabla 3. Sistemas de riego.	50
Tabla 4. Parámetros físicos – químicos (ECA).	52
Tabla 5. Parámetros inorgánicos - ECA.	53
Tabla 6. Parámetros orgánicos - ECA.	54
Tabla 7. Parámetros plaguicidas - ECA.	54
Tabla 8. Parámetros microbiológicos y parasitológicos – ECA.	55
Tabla 9. Operacionalización de las variables.	58
Tabla 10. Datos obtenidos del programa CLIMWAT.	64
Tabla 11. Valores de la evapotranspiración de referencia.	65
Tabla 12. Precipitación efectiva.	66
Tabla 13. Coeficiente de escurrimiento.	66
Tabla 14. Parámetros relevantes para el cálculo de la oferta hídrica.	67
Tabla 15. Caudal mensual generado.	68
Tabla 16. Oferta hídrica superficial.	69
Tabla 17. Valores de la precipitación media de acuerdo a la estación Viques.	71
Tabla 18. Precipitación efectiva.	72
Tabla 19. Valores de la temperatura media.	72
Tabla 20. Datos obtenidos del programa CLIMWAT para la evapotranspiración.	73
Tabla 21. Valores de la evapotranspiración de referencia.	73
Tabla 22. Área de siembra de los cultivos base.	74
Tabla 23. Área de siembra de los cultivos de rotación.	75
Tabla 24. Características del suelo.	75
Tabla 25. Requerimiento hídrico en los cultivos base (enero – junio).	77
Tabla 26. Requerimiento hídrico en los cultivos base (julio – diciembre).	78
Tabla 27. Requerimiento hídrico en los cultivos de rotación.	79
Tabla 28. Demanda hídrica por riego.	80
Tabla 29. Cálculo de la población futura de los distritos.	81

Tabla 30. Datos para el cálculo de la demanda hídrica poblacional.	82
Tabla 31. Demanda hídrica por consumo humano.	82
Tabla 32. Demanda hídrica por riego y consumo humano.	84
Tabla 33. Balance hídrico mensual.	85
Tabla 34. Disponibilidad hídrica superficial.	87
Tabla 35. Precipitación promedio mensual según la estación Viques.	106
Tabla 36. Temperatura máxima según la estación Viques.	107
Tabla 37. Temperatura mínima según la estación Viques.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.	20
Figura 2. Cuenca hidrográfica.	31
Figura 3. Caudal generado de forma mensualizada.	69
Figura 4. Volumen de la oferta hídrica calculada de forma mensual.	70
Figura 5. Demanda hídrica para riego.	81
Figura 6. Demanda hídrica por consumo humano.	83
Figura 7. Oferta hídrica superficial Vs. Demanda hídrica total.	85
Figura 8. Balance hídrico superficial.	86
Figura 9. Disponibilidad hídrica superficial.	88

RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la disponibilidad hídrica del río Cunas para la demanda por consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca?, el objetivo general fue: Determinar la disponibilidad hídrica del río Cunas para la demanda por consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca, para esto se contrastó la hipótesis general: La disponibilidad hídrica del río Cunas satisface la demanda por consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.

La investigación utilizó el método científico, el tipo de investigación fue el aplicado, el nivel fue explicativo y el diseño fue no experimental; la población correspondió al río Cunas, que abarca la provincia de Chupaca del departamento de Junín y la muestra de acuerdo al método no probabilístico intencional o dirigido correspondió al tramo del río Cunas comprendido desde la laguna Runapahuañunan hasta la quebrada Aguapuasín, que abarca los distritos de Yanacancha y Chongos Bajo, provincia de Chupaca del departamento de Junín.

Palabras clave: disponibilidad hídrica, oferta hídrica, demanda hídrica, río Cunas.

ABSTRACT

The general problem of the investigation was: What is the water availability of the Cunas River for the demand of human consumption in the district of Yanacancha and Chongos Bajo, Chupaca, the general objective was: To evaluate the water availability of the Cunas River for the demand of human consumption in the district of Yanacancha and Chongos Bajo, Chupaca, for this the general hypothesis was contrasted: The water availability of the Cunas River satisfies the demand for human consumption in the Yanacancha and Chongos Bajo districts, Chupaca.

The research used the scientific method, the type of research was that applied, the level was explanatory and the design was non-experimental; the population corresponded to the Cunas River, which covers the Chupaca province of the Department of Junín and the sample according to the intentional or directed non-probabilistic method corresponded to the section of the Cunas River from Runapahuañunan Lagoon to Aguapuasín Creek, which covers the Yanacancha and Chongos Bajo districts, Chupaca province of the Department of Junín.

Keywords: water availability, water supply, water demand, river Cunas.

INTRODUCCIÓN

Una de las mayores problemáticas a nivel mundial es la disponibilidad del recurso hídrico para consumo humano, sobre todo por el desconocimiento de con cuánto recurso se cuenta y cuánta es la demanda del mismo a fin de optar con un uso racional, por lo cual surge la necesidad de analizar la disponibilidad hídrica del río Cunas para la demanda por consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, de la provincia de Chupaca en el departamento de Junín; lo cual se basó en la estimación de la oferta hídrica con el método estocástico – determinístico Lutz Scholz, el cálculo de la demanda hídrica por riego que abastece el río Cunas (considerando los tipos de cultivos y datos meteorológicos) y la demanda hídrica por consumo humano, considerando la población del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, la tasa de crecimiento, el periodo de análisis y la dotación; por último, para la obtención de la disponibilidad hídrica se restó la oferta hídrica con la demanda hídrica total.

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,

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 e 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. Cordova Asto, Sheyla Shandy.

Bach. Salazar Torres, Euler Adams.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial anualmente, cerca de 2 millones de personas fallecen debido a la escasez del recurso hídrico, y es muy probable que en los próximos 15 años, el 50% de la población, habite zonas donde el agua sea insuficiente; asimismo, es dable mencionar que, ninguna forma de vida sería posible sin el consumo de agua, pues en casi todas sus actividades está involucrada (BBC, 2018).

En Latinoamérica, existe una gran brecha de acceso al agua entre las zonas urbanas y rurales; asimismo, se tiene que en algunos países ya se da la privatización del recurso hídrico, sumado a esto el crecimiento demográfico y por tanto la demanda del recurso hídrico, genera tensión entre la población (AFD, 2019). De acuerdo a Gana (2019) alrededor del 70 % de la superficie del planeta está constituida por agua; pero de ese porcentaje solo 2.5 % es agua dulce, y de esta solo un 0.4 % es aprovechable por el hombre

En el Perú, sobre todo en las zonas de menor posición económica, se muestra un déficit de la disponibilidad hídrica, que en algunas regiones se

encuentra por debajo de la demanda, trayendo como resultado la escasez del agua tanto física, por la cantidad, y la económica por la deficiente gestión de los recursos hídricos (Valdez, 2019).

Carlos y Grijalva (2012) indican que, al año 2030 en las zonas urbanas los usuarios del servicio se verán afectados por la escasez del recurso hídrico, en alrededor de 152 432 habitantes, debido a que la dotación de agua promedio disminuirá en dos horas en comparación a lo actual; siendo necesario la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de agua.

Asimismo, esta problemática también se muestra en distritos vecinos como es el caso de Yanacancha y Chongos Bajo que a pesar de contar con varios afluentes no se cubre la necesidad de la población que la habita.

Entonces, con la presente investigación se pretende calcular la disponibilidad hídrica del río Cunas y proponer el abastecimiento de este recurso para la demanda por consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, de la provincia de Chupaca y departamento Junín; asimismo, para analizar y garantizar la disponibilidad requerida, además se propondrá el almacenamiento de este recurso.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la disponibilidad hídrica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la oferta hídrica de la unidad hidrográfica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca?
- b) ¿Cuál es la demanda hídrica de la unidad hidrográfica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

La justificación práctica ó social recae cuando se pretende dar solución a un problema real (Bernal, 2006); por lo tanto, se la presente investigación sí cuenta con justificación práctica o social, pues en primera instancia la problemática es el desconocimiento de la cantidad de recurso hídrico del río Cunas para la satisfacción de la demanda para consumo humano en los distritos de Yanacancha y Chongos Bajo en la provincia de Chupaca del departamento de Junín; con esta información, los encargados de la gestión podrán realizar una distribución racional del recurso hídrico cada vez más escaso y solucionar la falta de agua en estos distritos.

1.3.2. Metodológica

Una investigación presenta justificación metodológica si se propone o desarrolla una nueva metodología o método para su desarrollo, lo cual es útil para investigaciones similares (Bernal, 2006); en este sentido esta investigación propone una secuencia de pasos para el análisis de recursos hídricos de cuencas hidrográficas para el abastecimiento de agua para consumo humano del determinado distrito, que se constituye como una guía especializada para otras investigaciones.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación se desarrolló en los distritos de Yanacancha y Chongos Bajo de la provincia de Chupaca, departamento Junín, los mismos que se delimitan como se muestra en la siguiente figura:



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth (2019).

1.4.2. Temporal

La investigación se ejecutó en los meses de enero hasta abril del año 2020.

1.4.3. Económica

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

1.5. Limitaciones

No se presentó limitación alguna.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar el balance hídrico de la unidad hidrográfica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la oferta hídrica de la unidad hidrográfica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.
- b) Determinar la demanda hídrica de la unidad hidrográfica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Montero-Sánchez, Herrera-Murillo y Ramírez-Granada (2019) desarrollaron el artículo científico: “Sensibilidad y escenarios de disponibilidad de agua para consumo humano en la microcuenca del río Porrosatí, Heredia, Costa Rica”, establecieron como objetivo el analizar la disponibilidad de agua para uso y consumo humano en la microcuenca del río Porrosatí.

Para ello calcularon balances hídricos en base a la recarga de agua subterránea con registros meteorológicos de 15 años (2000 – 2014) y las características hidrológicas; asimismo, consideraron escenarios y el cambio climático en base a la temperatura y precipitación; la población que consideraron fue la microcuenca del río Porrosatí y como muestra a seis zonas de esta microcuenca.

Las conclusiones a las llegaron fueron que, los volúmenes de agua proyectado muestran disminuciones de 15 % hasta 50 %; por último que, las proyecciones climáticas presentan un escenario complejo con limitaciones respecto a la recarga hídrica del agua subterránea.

Izabá-Ruiz y García (2018) realizaron el artículo científico: “Estimación de la disponibilidad hídrica superficial en la microcuenca del río Mapachá, San Lorenzo, Boaco”, donde su objetivo fue el estimar la disponibilidad hídrica en la microcuenca del río Mapachá.

Para ello realizaron el reconocimiento hidrológico y geológico de la misma, midieron los caudales en siete puntos en los ríos principales, realizaron pruebas de infiltración en los diferentes tipos de suelo, utilizaron datos de precipitación y temperatura del periodo entre 1995 a 2011 para calcular el balance hídrico del suelo mediante el método de Schosinsky; la población correspondió a la microcuenca del río Mapachá y la muestra fue siete puntos de aforo en los ríos principales.

Las conclusiones a las que llegan es que, el balance hídrico superficial obtenido en la cuenca revela una pobre disponibilidad hídrica superficial, debido a que la recarga efectiva en el acuífero es mínima, esto se refleja en la escasez de caudal base en la red hídrica y en el río. Así mismo en la parte baja de la microcuenca la falta de caudal base está influenciado por las características

hidráulicas de la roca fracturada y el sistema de fallas predominante. Finalmente otra causa que influye negativamente en la recarga hídrica es la pobre infiltración cual está condicionada por la cobertura.

Álvarez (2018) desarrolló la investigación: “Análisis de la disponibilidad de agua superficial ante escenarios de oferta y demanda en la cuenca del río San Antonio, provincia de Córdoba”, para obtener el grado de magíster en Ciencias de Ingeniería, consideró como objetivo el evaluar las variaciones del caudal del río San Antonio sobre la disponibilidad de agua en las localidades colindantes refiriéndose a proyecciones de precipitación y temperatura.

Siendo así que, se realiza una simulación del comportamiento hidrológico de la cuenca, a partir de un modelo hidrológico continuo y distribuido que contempla escenarios hipotéticos de precipitación y temperatura; asimismo, consideró como población y muestra de estudio a la cuenca del río San Antonio.

A la conclusión que llegó fue que, que de duplicarse la población y de triplicarse, el riesgo de escasez de agua aumentara pero no de manera proporcional.

Batres y Gómez (2014) desarrollaron la investigación: “Balance hídrico y análisis de calidad del agua en la cuenca del río San Antonio, municipio de Nejapa, departamento de San Salvador”,

para lo cual establecieron como objetivo el determinar el caudal del cauce principal de la cuenca del río San Antonio, según la capacidad de infiltración de las diferentes formaciones geológicas y estudiar la calidad del agua de la cuenca de estudio, realizar mediciones de los parámetros de calidad del agua en campo, proponer un programa de monitoreo de la cantidad y calidad del recurso hídrico de la cuenca.

Siendo así que, en primera instancia obtuvieron datos meteorológicos, según lo requerido por el método Thornthwaite, prosiguieron con pruebas de campo para el cálculo de la infiltración y el aforo del río.

Las conclusiones a las que llegaron fueron que, en un periodo de siete años se presenta un déficit en la recarga con un promedio de 16.73 Hm³ anuales, si esta tendencia se mantiene, la cuenca estaría experimentando una reducción en las reservas subterráneas las cuales actualmente cuentan en promedio con un aproximado de 2300 Hm³ disponibles y experimentando una disminución gradual llegando a 500 Hm³ en aproximadamente 100 años; en cuanto a la calidad del agua se califica como mala según el ICA (Índice de calidad de agua).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Chalán (2018) realizó la investigación: “Disponibilidad hídrica empleando información climática de la cuenca río Azufre, distrito de

La Encañada”, consideró como objetivo estimar los caudales promedios mensuales de la cuenca Azufre, a fin de servir como base de información para la formulación de proyectos futuros.

Para ello realizó la recopilación y procesamiento estadístico de información cartográfica e hidrológica de 40 años (1976 – 2015) para así modelar hidrológicamente y generar caudales para un año promedio mediante el modelo Lutz Scholz; asimismo, consideró como población de estudio a la cuenca hidrográfica del río Azufre y la muestra un punto de aforo en el mes de octubre.

Con ello llegó a las siguientes conclusiones que, los meses de mayor caudal corresponde a marzo y abril con 1.72 y 1.73 m³/s, mientras que, los meses de estiaje son agosto y setiembre con 0.20 y 0.26 m³/s.

Tuñoque (2018) desarrolló la investigación: “Plan de aprovechamiento hídrico para el uso multisectorial del agua - valle del río Nepeña” para obtener el grado académico de maestro en gestión integrada de los recursos hídricos; para esto planteó como objetivo el proponer un plan de aprovechamiento hídrico para mejorar la planificación del uso del agua en el valle del río Nepeña.

Para lo cual realizó un análisis documentario evidenciando que, existe un déficit hídrico durante los meses de octubre a diciembre, donde la eficiencia del riego es tan sólo del 49 % representando que, la tecnificación y maquinaria es obsoleta y escasa; asimismo,

consideró como población de estudio a los habitantes de los distritos de Samanco y Nepeña, comprendidos en el valle del río Ñepeña y la muestra de forma aleatoria fue de 200 habitantes.

Las conclusiones que llegaron fueron que, en la zona de estudio existe un déficit hídrico estacional durante los meses de octubre a diciembre, en dicho periodo la organización de usuarios debe priorizar las necesidades hídricas de los usuarios con derechos, aplicando las restricciones que sean necesarias. Además el plan de aprovechamiento hídrico propuesto corresponde un instrumento de gestión donde participan de manera conjunta el Estado a través de la ANA y los operadores hidráulicos, la organización de usuarios y el gobierno regional.

Tito (2018) realizó la investigación “Generación de caudales medios mensuales de la cuenca del río Coata utilizando el modelo hidrológico de Lutz Scholz”, donde la retención en la cuenca del río Coata resultó 42.68 mm/año y coeficiente de agotamiento de 0.0198; asimismo, de la correlación de los caudales generados y caudales aforados obtuvo una correlación del 99.96 %, por otro lado, recomienda que el modelo Lutz Scholz sea utilizado en la generación de los caudales medios mensuales, en cualquier punto de interés de la cuenca del río Coata, esto debido al régimen de aporte y almacenamiento que se da en las subcuencas de comportamiento particular debido a la presencia de los nevados y lagunas.

Julcamoro (2017) realizó la investigación “Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río El Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017” llegó a concluir que, la estimación de la disponibilidad de agua en microcuenca del río El Tuyo ha sido de acuerdo a los caudales medios mensuales de escorrentía, el modelo de caudales generados presentó ciertas restricciones respecto a la geomorfología de la microcuenca presentando dificultad en obtener resultados concluyentes debido a la carencia de información para validar el modelo; asimismo, concluye en que la descarga anual media de la microcuenca es de 8.37 m³/s, y esta se encuentra concentrada en la época de lluvias (octubre – abril) en un 70 % de la misma y el 30 % restante, en la época de estiaje.

Silva (2016) realizó la investigación: “Análisis del recurso hídrico a partir de la disponibilidad y seguridad hídrica para el desarrollo rural sostenible del distrito de Lares, Cusco”, consideró como objetivo el identificar la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Lares para evaluar la atención de los requerimientos hídricos de las actividades económicas y de la seguridad alimentaria, para lo cual utilizó el Quantum Gis (QGis) y el sistema de base de datos climáticos atmosféricos LocClim de la FAO para el cálculo de la precipitación exponencial, la evapotranspiración potencia y el excedente hídrico potencia de la cuenca hidrográfica para sí calcular el balance hídrico; asimismo,

consideró como población de estudio al distrito de Lares en Cusco y muestra a la zona rural de tal distrito.

Dentro de las conclusiones que llegó fueron que, es necesario el desarrollo de una metodología que permita estimar el balance hídrico en las cuencas a fin de controlar su distribución, uso y empleo en toda la cuenca hidrográficas; asimismo, es necesario la implementación de una gestión integrada de los recursos hídricos.

Mamani (2015) realizó la investigación: “Generación de descargas medias mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico – estocástico Lutz Scholz”, llegando a las siguientes conclusiones: Se realizó el análisis de consistencia de la información pluviométrica en la cual no se presentaron variaciones en el histograma, mientras que en el análisis de doble masa se presentó una recta. La correlación lineal entre los caudales generados mediante el modelo Lutz Scholz para un año promedio y los caudales aforados se obtuvo un coeficiente de correlación del 95 %; por último, señala que, de acuerdo a la investigación si es posible determinar los caudales medios mensuales a partir de la precipitación medio mensual utilizando modelos determinísticos – estocásticos.

Terán (2014) realizó la investigación: “Volumen de agua aprovechable en la microcuenca del río Tres ríos, usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz validado, para los años hidrológicos 2008 – 2012”, llegando a las siguientes conclusiones:

El modelo determinístico estocástico Lutz Scholz para el año promedio y el volumen calculado de caudales observados se ajustan en un 99.6 %, mientras que, el volumen para el periodo extendido el ajuste llega a 89.6 % en referencia a lo observado. Para la calibración utilizó el porcentaje de gasto y abastecimiento de la retención. Asimismo, el mejor ajuste del modelo se da en el año promedio, mientras que en un periodo extendido el mejor ajuste se presenta en los meses de setiembre a enero y de mayo, a agosto, presentando el menor ajuste en febrero, marzo y abril.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Tipos de fuentes del recurso agua

Según Carrazón (2007) se tiene los siguientes tipos de fuentes:

- Quebradas.
- Nacientes, manantiales u ojos de agua.
- Pozos, ya sean superficiales (al menos 1.5 m de altura) o profundos (mayor a 1.5 m de altura).

2.2.2. El ciclo hidrológico

Es un proceso que permite dotar de agua, a plantas, animales y al hombre, se fundamenta en que el agua mantiene un ciclo cerrado; además, es dable mencionar que, el desarrollo de la vida en nuestro planeta depende de la relación intrínseca entre la suelo, agua y atmosfera (Maderey, 2005).

Este proceso inicia con la evaporación del agua de mar y de pequeñas fuentes como la transpiración de animales; esta humedad sube hacia la masa continental gracias al viento, de la cual se precipita en forma líquida, sólida o condensada. De toda la cantidad de agua que cae, un porcentaje regresa a la atmósfera gracias a la evapotranspiración de las plantas, mientras que otra parte escurre en el suelo, recargando las fuentes subsuperficiales para así llegar al océano (Maderey, 2005)

2.2.3. Cuenca hidrográfica

Es el área de terreno delimitado geográficamente por líneas imaginarias denominadas divisorias de agua; las cuales son las cimas de las montañas. Las cuencas se forman por los procesos geológicos, incluyéndose patrones geológicos como los tectónico – fluviales, las cuales se destacan en fotografías satelitales (Chalán, 2018).

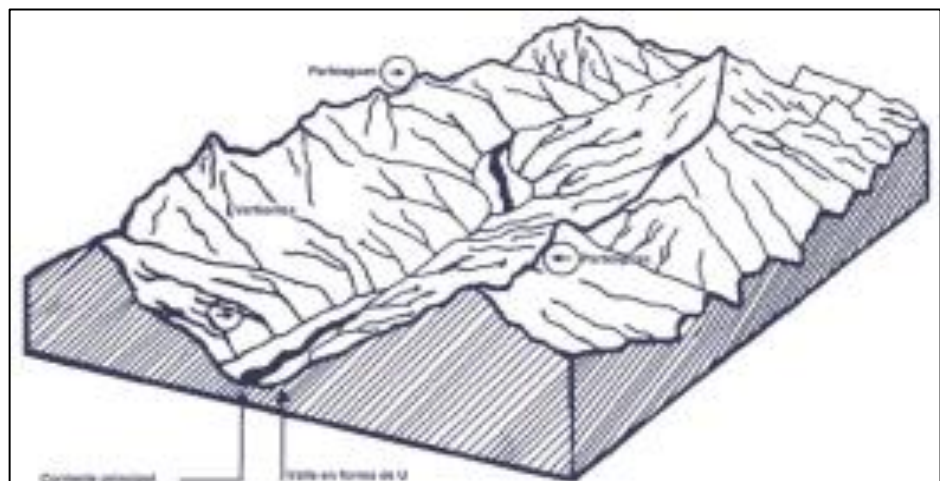


Figura 2. Cuenca hidrográfica.

Fuente: Chalán (2018).

2.2.4. Disponibilidad hídrica

Es la cantidad de agua disponible en cierta cuenca hidrográfica, la cual puede utilizarse en cualquier actividad antrópica; la mayor parte proviene de fuentes superficiales; sin embargo, actualmente se opta por explotar fuentes subterráneas (Chalán, 2018).

2.2.5. Oferta hídrica

Viene a ser el volumen de agua superficial y subterránea proyectado aceptado, utilizando estudios hidrológicos, hidrogeológicos, diversos modelos, herramientas, que se basan en información hidrológica e hidrométrica abundante y confiable (Tuñoque, 2018).

2.2.6. Cálculo de la oferta hídrica

Existen diversos métodos, siendo uno de ellos el corresponde a un modelo hidrológico que se combina con una estructura determinística que permite el cálculo de caudales mensuales anuales promedio y estocástica para la generación de series extendidas de caudal; debido a la ausencia de registro concernientes a caudal, este modelo se desarrolla considerando parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas hidrográficas; siendo la precipitación efectiva uno de los parámetros más importantes, así como el déficit de escurrimiento, retención y agotamiento (Mamani, 2015).

2.2.7. Modelación hidrológica

Es la descripción de forma matemática el comportamiento en una cuenca de una serie de eventos en tiempo determinado. Su aplicación se fundamenta en la simulación hidrológica para la obtención de ideogramas que se generan mediante información de precipitación y sus alternativas de drenaje en escalas temporales pequeñas o grandes (Chalán, 2018).

Para Chalán (2018) los modelos tratan de simplificar la realidad compleja mediante la selección de parámetros que determinen el funcionamiento hidrológico de una cuenca. Si los parámetros utilizados son pocos, la confiabilidad del modelo disminuye; por lo que un buen modelo debe mantener un equilibrio entre lo sencillo para la interpretación y lo complejo para su representación.

Para evaluar la respuesta hidrológica de una cuenca hidrográfica, será necesario elaborar un esquema, que represente simplificada este sistema real, a ello se denomina modelo; este modelo puede utilizarse en la reconstrucción de eventos pasados o predecir eventos futuros; entonces, un modelo hidrológico es una herramienta para interpretar y determinar el comportamiento de los sistemas hidrográficos y prevenir (Tapia, 2016).

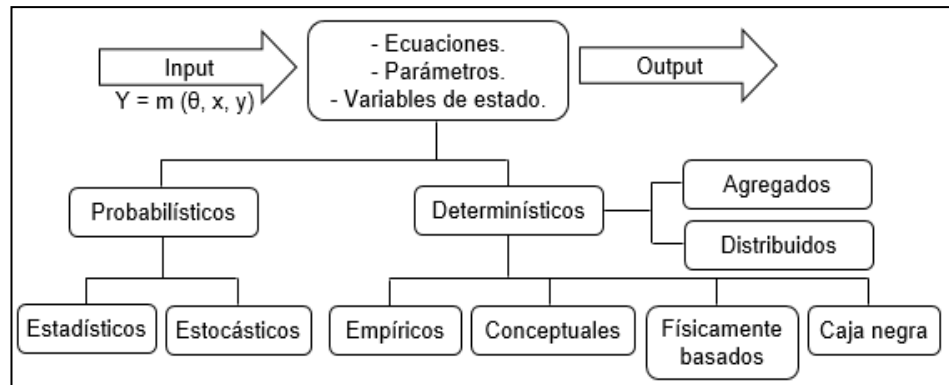


Figura 3. Clasificación de modelos hidrológicos.
Fuente: Ramírez (2012).

Según Tapia (2016), los modelos se clasifican de acuerdo a diferentes criterios, tal como se muestra en la Figura 3, ya sea por las ecuaciones utilizadas:

- Modelos probabilísticos. - Basados en leyes de probabilidades, son de tipo estadístico y estocástico. Los estadísticos tratan con ejemplos observados y los modelos estocásticos con la estructura del azar observada en ciertas series hidrológicas temporales.
- Modelos determinísticos. - Vienen establecidos por leyes físicas consideradas como exactas y que explican toda su variabilidad.

A su vez, los modelos determinísticos se clasifican en cuatro subgrupos (Tapia, 2016):

- Modelos empíricos, y estimación por tablas.
- Conceptuales.
- Físicos.
- Caja negra.

2.2.8. Modelo Lutz Scholz

El cual aplica una estructura determinística en el cálculo de caudales mensuales y otra estocástica para la generación de series extendidas del caudal, se desarrolló gracias a la cooperación técnica de Alemania en 1979; toma en cuenta parámetros físicos y meteorológicos que son relativamente sencillos de obtener tal como la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento (Chalán, 2018). Para su desarrollo se considera:

- Análisis de información hidrometeorológica y cálculo de parámetros necesarios para la generación de escorrentía.
- De establecer un modelo estocástico para el cálculo de caudales en cuencas sin información, se debe regionalizar la información climatológica.
- Generación de caudales para un periodo extendido, por lo que se debe calibrar el modelo mediante aforos.
- El modelo Lutz fue desarrollado con la finalidad de determinar caudales a escala mensual, por lo que su aplicación en proyectos de riego y posteriormente en estudios hidrológicos resultó de importancia en especial en lugares de escasa información climática.

2.2.9. Precipitación Efectiva

Para Chalán (2018) es “la precipitación con la que se origina la escorrentía; esta se puede determinar multiplicando la precipitación

total por el coeficiente escorrentía, considerando el flujo superficial y el flujo base”.

La precipitación efectiva se determina mediante la siguiente ecuación:

$$PE_i = C PT_c \quad (1)$$

Donde:

PE_i : Precipitación efectiva mensual “i” (mm/año).

PT_c : Precipitación total generada (mm/año).

C : Coeficiente de escorrentía.

Teniendo en cuenta que los caudales promedio se encuentran en un estado de equilibrio entre el abastecimiento y el gasto de retención de la cuenca, se determina la precipitación efectiva para el coeficiente de escurrimiento promedio, logrando que la relación entre la precipitación efectiva y total sea igual al coeficiente de escurrimiento. Se tiene que tener en cuenta los siguientes límites:

- Curva I: PE= P - 120.6 cuando P > 177.8 mm/mes
- Curva II: PE= P - 86.4 cuando P > 152.4 mm/mes
- Curva III: PE= P – 59.7 cuando P > 127.0 mm/mes

Para facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha establecido un polinomio de quinto grado:

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

Los valores de a_i se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.

Coef.	Curva I	Curva II	Curva III
a_0	-0.047	-0.1065	-0.4177
a_1	0.0094	0.1477	0.3795
a_2	-0.0005	-0.0029	-0.0101
a_3	0.00002	0.00005	0.0002
a_4	-5.00E-08	-2.00E-07	-9.00E-07
a_5	2.00E-10	2.00E-10	1.00E-09

Fuente: Canaza y Gamarra (2017).

2.2.10. Retención de la cuenca

Según Ortiz (2015) la contribución de la reserva hídrica se puede determinar según las siguientes ecuaciones:

$$R_i = CM_i - PE_i \quad (3)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (4)$$

Dónde:

CM_i : Caudal mensual (mm/mes).

PE_i : Precipitación efectiva mensual (mm/mes).

R_i : Retención de la cuenca (mm/mes).

G_i : Gasto de la retención (mm/mes).

A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes).

$R_i = G_i$: Para valores mayores que cero (mm/mes)

$R_i = A_i$: Para valores menores que cero (mm/mes).

2.2.11. Almacenamiento hídrico

De acuerdo a Aguirre (2006) el modelo Lutz Scholz se basa en tres fuentes para el almacenamiento hídrico: acuíferos, lagunas – pantanos y nevados, para determinar el valor de la lámina “L” se tiene:

a) Acuíferos

$$LA = -750I + 350 \quad (5)$$

Dónde:

LA : Almacenamiento de acuífero.

I : Pendiente del cauce principal ($I \leq 15 \%$).

b) Lagunas y pantanos

$$LL = 500 \left(\frac{mm}{año} \right) \quad (6)$$

Dónde:

LL: Es el almacenamiento de lagunas y pantanos (mm/año).

c) Nevados

$$LN = 500 \left(\frac{mm}{año} \right) \quad (7)$$

Dónde:

LN : Es el almacenamiento de nevados (mm/año).

d) Relación entre descargas y retención

De acuerdo al MINAGRI (2003) en la estación de escasez de lluvias el gasto de retención es la que alimenta los ríos, lo que

constituye el caudal o descarga básica; esto puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_t = Q_0 \exp^{-a} \quad (8)$$

Donde:

Q_t : Descarga en el tiempo t .

Q_0 : Descarga inicial.

a : Coeficiente de agotamiento

t : Es el tiempo.

El proceso de almacenamiento inicia con en la estación lluviosa, empezando a la vez el abastecimiento de los almacenes hídricos.

e) Coeficiente de agotamiento

El coeficiente de agotamiento es determinado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$a = f(\ln AR) \quad (9)$$

Según el MINAGRI (2003) en función a parámetros como el clima, geología y la cobertura vegetal se ha desarrollado la siguiente ecuación específica para la sierra peruana:

$$a = 3.1249E67(AR)^{-0.1144}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429}, r = 0.86 \quad (10)$$

f) Abastecimiento de la retención

Para el MINAGRI (2003) los coeficientes mensuales expresados en porcentajes de almacenamiento se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Almacenamiento hídrico durante la época de lluvia (valores $-a_i\%$).

Región	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Cusco	25	-5	0	20	25	35	100
Huancavelica	0	5	35	40	20	0	100
Junín	10	0	35	30	20	5	100
Cajamarca	10	0	25	30	30	5	100

Fuente: Chalán (2018)

g) Determinación del caudal mensual para el año promedio

Según Chalán (2018) “el caudal mensual se basa en el balance hídrico”, el cual se muestra a continuación:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad (11)$$

Donde:

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

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

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

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

h) Generación de caudales mensuales para periodos extendidos

Al generar los periodos extendidos se debe combinar un proceso Markoviano, con una variable de impulso, que para

descargas será la precipitación efectiva; además para asegurar un comportamiento más complejo es necesario considerar una variable aleatoria. Para aumentar el rango de los valores y aproximarnos adecuadamente a la realidad, se considera además una variable aleatoria (MINAGRI, 2003).

La ecuación integral es:

$$CM_t = B_1 + B_2CM_{t-1} + B_3PE_t + zS(1 - r^2)^{1/2} \quad (12)$$

Donde:

CM_t : Caudal del mes i (mm/mes).

CM_{i-1} : Caudal del mes anterior $i - 1$ (mm/mes).

PE_t : Precipitación efectiva del mes i (mm/mes).

B_1 : Factor constante.

B_2 : Factor de influencia del valor CM_{i-1} .

B_3 : Factor de influencia del valor PE_t .

r : Coeficiente de regresión.

S : Desviación de residuos.

z : Es la variable aleatoria con distribución normal, con media cero y desviación tipo unitaria.

i) Ecuación del balance hídrico

La ecuación se fundamenta en lo siguiente (Mamani, 2015a) :

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad (13)$$

Donde:

C_{Mi} : 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).

Asimismo, de considerarse un año como periodo hidrológico el gasto y abastecimiento de la retención presentarán el mismo valor.

2.2.12. Demanda hídrica por consumo humano

Se determinará de acuerdo a la población total en determinada cuenca, la dotación y la tasa de crecimiento fundamentada en los censos (Silva, 2016).

a) Dotación de agua

Es la cantidad de agua que requiere la población para cubrir sus necesidades básicas, se puede fundamentar de estudios realizados por las empresas prestadoras de servicio (EPS) y de no contar con estudios de consumo, es dable considerar el Reglamento Nacional de Edificaciones de acuerdo al tamaño de lote correspondientemente (MVCS, 2010).

2.2.13. Proyección de población

a) Método aritmético

Según Moya (2000) para la estimación de la población de diseño según este método, se quiere información de la población en dos tiempos distintos y la fórmula es la siguiente:

$$Pd = Pa + rt \quad (14)$$

Donde:

Pd : población de diseño (Hab.)

Pa : población actual (Hab.)

r : tasa de crecimiento (Hab./año).

t : periodo de diseño (años).

b) Método geométrico

En este método se asume que el crecimiento poblacional es proporcional al tamaño de ésta (Moya, 2000).

La fórmula para el cálculo es:

$$Pd = Pa(1 + r)^t \quad (15)$$

Donde:

Pd : población de diseño (Hab.)

Pa : población actual (Hab.)

r : tasa de crecimiento (Hab./año).

t : periodo de diseño (años).

c) Método exponencial

En este método se asume que el crecimiento poblacional se asemeja al tipo exponencial, no obstante, es necesario por lo menos contar con datos de tres censos, pues el k promedio requiere de al menos dos valores (Moya, 2000). La fórmula que lo sustenta es:

$$Pd = Pae^{k.t} \quad (16)$$

Donde:

Pd : población de diseño (Hab.)

Pa : población actual (Hab.)

k : constante.

t : periodo de diseño (años).

2.2.14. Sistemas de riego

a) Métodos de riego

Actualmente se conocen tres métodos de riego diferenciados en la forma de aplicación del agua sobre el suelo, los cuales son: superficial, aplicado sobre la superficie del suelo; presurizado, el cual realiza la conducción a presión del agua empleando tuberías, hasta un emisor en el punto de aplicación; y subsuperficial, siendo el método que aplica el agua por debajo de la superficie del suelo (G. Hernández, 2017).

b) Eficiencia del sistema de riego (Efr)

Se denomina a la relación entre la cantidad de agua proporcionada por la bocatoma y la empleada por las plantas, eficiencia de un sistema de riego, dicha cantidad de agua es captada de una fuente natural de un sistema de riego, luego se trasladará por medio de un canal principal, para luego ser derivada por un canal de distribución y al final, se derivará el agua a la parcela para algún cultivo, se vea beneficiada. Finalmente se determinará características del caudal captado en la bocatoma, cuánta agua de esta es empleada para el riego del cultivo, y por eso es de gran importancia calcular la eficiencia de riego a fin de obtener la demanda de agua por ser un factor determinante requerido en un proyecto de riego, en el cálculo de la demanda hídrica. (DGIAR, 2015).

$$Efr = Efc \times Efd \times Efa \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde:

Efc : eficiencia de conducción.

Efd : eficiencia de distribución.

Efa : eficiencia de aplicación.

c) Eficiencia de conducción (Efc)

Se evalúa la pérdida de agua que es el resultado de pasar desde la bocatoma hasta el final del canal principal mediante este (DGIAR, 2015):

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

d) Eficiencia de distribución (Efd)

La cual se determina a partir de la pérdida que se produce entre la entrega de agua a los regantes y la toma lateral del canal principal, es decir se requiere todos los canales de distribución, los cuales sirven para repartir el agua hacia las parcelas o chacras (DGIAR, 2015).

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

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

e) Eficiencia de aplicación (Efa)

Se refiere a la cantidad de agua útil usado en el cultivo que sobra en el suelo después de realizar la actividad de riego, todo esto en función agua total que se aplicó. En su mayoría es medido en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros que se aplica.

La eficiencia es afectada por la superficie de la parcela, por ello tiene una relación proporcional que se muestra en la siguiente ecuación cuando se tiene varias parcelas (DGIAR, 2015):

$$Ef_{ca} = \frac{A_1 \times Er_1 + A_2 \times Er_2 + \dots + A_n \times Er_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_{1n}}$$

Donde:

An : Área de parcela.

Er : Eficiencia de riego en parcela.

Tabla 3. 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).

f) Evapotranspiración real del cultivo (ETc)

De manera simplificada la evapotranspiración llega a ser la adición entre la evaporación y transpiración de las plantas.

La evapotranspiración es complicada de medir directamente en campo. Pero, se puede determinar con mediciones de parámetro ambientales que resultan de la medición con aparatos específicos. Los cálculos de balance de agua permiten evaluar las cantidades de agua que se agregan y la cantidad de agua disponible en el suelo en la zona radicular de manera diaria o en un determinado tiempo. Debido a tal dificultad de obtener las mediciones precisas, la ETo se llega a calcular con los datos climatológicos obtenidos de las estaciones meteorológicas. Se recomienda el uso del método Penman – Monteith, siendo un método estándar para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia (Steduto et al., 012).

g) Evapotranspiración máxima del cultivo (ET_x)

Según Steduto et al. (2012) Los procedimientos para determinar la ET_x, bajo condiciones estándar, se basaron en las guías de la FAO para calcular los requerimientos de agua en los cultivos (ET_c), y el componente ET_x de la ecuación, equivalente a ET_c, los cuales son calculados a partir del producto de la evapotranspiración de referencia (ET_o) por el coeficiente de cultivo (K_c), como muestra la siguiente ecuación:

$$ET_x = K_c ET_o$$

h) Coeficientes 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 4. Coeficientes de cultivos (kc) 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).

Sistema de riego

Es el conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada, con la aplicación del agua necesaria a los cultivos. Consta de una serie de componentes, no necesariamente el sistema de riego debe constar de todos estos, ya que el conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión, o por goteo.

Tabla 5. Sistemas de riego.

	Riego por superficie	Riego por aspersión a alta presión	Riego por aspersión a baja presión	Riego por goteo
Costo de inversión	Bajo en terreno plano	Elevado	Elevado	Elevado
Necesidades energéticas (para bombeo)	Bajo o nulo	Elevado	Mediano	Bajo
Nivel técnico necesario para la operación y mantenimiento	Bajo	Mediano	Mediano	Elevado
Carga de trabajo para la operación	Elevado	Bajo	Mediano	Bajo
Eficiencia de riego	Baja (40 - 70 %)	Elevada	De mediana a elevada	Elevada
Costo del riego (por hora de trabajo)	De bajo a mediano	Elevado	De mediano a elevado	Elevado
Comentarios	No conviene en terrenos arenosos o accidentados	Utilización muy flexible. Posibles problemas fitosanitarios	Posibles problemas fitosanitarios	Conveniente para cultivos de alto valor agregado o con aguas salinas

Fuente: Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego (Carrazón, 2007).

En la Tabla 5 se muestra los distintos sistemas de riego, además del costo de inversión, las necesidades energéticas, el nivel técnico necesario para la operación y mantenimiento, la carga de trabajo para la operación, la eficiencia de riego, el costo del riego por hora de trabajo y comentarios sobre los mismos.

2.2.15. Necesidades de agua de riego

La principal necesidad de los cultivos es la transpiración, donde las precipitaciones son la que la aportan; asimismo, el suelo actúa como reserva para almacenar parte de esta precipitación y la devuelve cuando se presente déficit o escasez. En lugares que presente climas húmedos se garantiza el crecimiento de los cultivos de secano; no obstante, en climas áridos o cuando se presente periodos secos prolongados es necesario compensar el déficit de la evapotranspiración con el riego (FAO, 2020).

2.2.16. Demanda de agua de los cultivos

Se determinara utilizando del programa CROPWAT 8.0, este programa de computación es usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego considerando los datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos pertenecientes a la zona de estudio. Además, el programa permite la elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos (FAO, 2000).

Para el cálculo de los requerimientos de agua del cultivo (RAC), CROPWAT necesita los datos de evapotranspiración (ET_o), el programa permite ingresar valores manualmente de ET_o, o lo calcula a través de los datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar, que permite aplicar la ecuación de

Penman Monteith, que utiliza el software CROPWAT. Complementando con la utilización de un complemento denominado CLIMWAT (FAO, 2000).

Así mismo es necesario utilizar los datos de precipitación, para calcular la precipitación efectiva para obtener los resultados deseados. Por último, es necesario considerar los datos de los datos de cultivos, y también datos de suelo. (FAO, 2000).

2.2.17. Calidad del recurso hídrico.

a) Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

A través de distintos decretos como: Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, el Ministerio del Ambiente aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para los usos del agua a nivel nacional (MINAM, 2017)

Para la aplicación de los ECA en el uso de agua para riego y consumo humano se deben tener en cuenta la Categoría 1: Poblacional y recreacional y la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

En la Tabla 6 se muestra los parámetros físicos – químicos brindados por los Estándares de la Calidad del Agua, así como la unidad de medida.

Tabla 6. Parámetros físicos – químicos (ECA).

Parámetros	D1: Riego de vegetales
------------	------------------------

	Unidad de medida	Agua para riego no restringido	D2: 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	µS/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	°C	Δ 3	Δ 3

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

En la Tabla 7 se muestra los parámetros inorgánicos brindados por los Estándares de la Calidad del Agua y la unidad de medida de los mismos.

Tabla 7. Parámetros inorgánicos - ECA.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
		Agua para riego no 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	mg/L	0.1	1
Total			
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 8 se muestra los parámetros orgánicos brindados por los Estándares de la Calidad del Agua y las unidades de medidas de los mismos.

Tabla 8. Parámetros orgánicos - ECA.

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

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

En la Tabla 9 se muestra los parámetros físicos – químicos brindados por los Estándares de la Calidad del Agua y las unidades de las mismas.

Tabla 9. Parámetros plaguicidas - ECA.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	
		Agua para riego no restringido	D2: Bebida de animales
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 10 se muestra los parámetros de microbiológicos y parasitológicos, pero considerando valores distintos para agua de riego no restringido y agua de riego restringido.

Tabla 10. Parámetros microbiológicos y parasitológicos – ECA.

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

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

2.3. Definición de términos

- **Balance hídrico.** – Es el equilibrio de todos los recursos hídricos que ingresan y que salen al sistema (cuena hidrográfica) en un determinado lapso (Tuñoque, 2018).
- **Unidad hidrográfica:** Sistema o ámbito geográfico que se delimita por las divisorias de aguas, donde se da el ciclo hidrológico e interactúan los factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales los mismos que varían en el tiempo (Díaz, 2017).
- **Ciclo hidrológico:** Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes,

precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación (Najarro, 2015).

- **Escorrentía:** Corresponde al agua proveniente de la precipitación que excede a la capacidad de retención superficial, fluye por diversos caminos hacia la red de drenaje, se mide y evalúa en algún sitio de interés del cauce como escorrentía o escurrimiento (Mamani, 2015)
- **Caudal.** – Es el volumen de agua que circula por una determinada sección transversal conocida, ya sea de un río, corriente natural o tubería en un intervalo de tiempo, se expresa en litros por segundo o metros cúbicos por segundo (Carrazón, 2007).
- **Evapotranspiración.** – Es el porcentaje de agua que regresa a la atmósfera luego de darse la precipitación y proveniente de la superficie terrestre, se da en los ríos, suelo, transpiración vegetal, entre otros (Chalán, 2018).
- **Demanda de agua.** – Corresponde al volumen de agua que requieren los usuarios para las diferentes tipos de usos otorgados, esto también incluye la demanda ecológica (Tuñoque, 2018).
- **Demanda hídrica por riego.** - Según Pizarro (2010), viene a ser la cantidad de agua necesaria, para satisfacer los requerimientos durante todo el período vegetativo de los cultivos que se desarrollan dentro de un sistema de riego.
- **Dimensionamiento del área de riego.** – Se determina con las visitas de campo, conociendo así el área que puede ser regada (Carrazón, 2007).

- **Hidrostática.** – Corresponde al estudio de los fluidos que se encuentran en reposo; siendo importante en un sistema de riego para conocer el comportamiento del agua cuando no esté en circulación (Carrazón, 2007).
- **Precipitación efectiva.** – Es aquella precipitación que después de caer al suelo, es aprovechable para los cultivos (Carrazón, 2007).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La disponibilidad hídrica del río Cunas satisfecerá la demanda para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La oferta hídrica de la unidad hidrográfica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca, será suficiente.
- b) La demanda hídrica de la unidad hidrográfica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca, será satisfecha.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente (X): Disponibilidad hídrica. – Corresponde a la cantidad de agua presente en determinada cuenca hidrográfica que puede ser aprovechada en cualquier actividad antrópica (Chalán, 2018).

Variable de dependiente (Y): Demanda para consumo humano. - Basada en la población total en determinada cuenca, la dotación y la tasa de crecimiento de acuerdo a los censos (Silva, 2016).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente (X): Disponibilidad hídrica. – Se determinó de la diferencia entre la oferta y la demanda hídrica del río Cunas; así como de las proyecciones de la misma.

Variable dependiente (Y): Demanda para consumo humano. – Se consideró la población del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo (distrito y provincia de Chupaca del departamento de Junín), la tasa de crecimiento de los mismos y la dotación.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 11. Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Variable independiente (X): Disponibilidad hídrica	Oferta hídrica	Cambio climático	adimensional
		Precipitación efectiva	mm
		Coefficiente de escurrimiento	Adimensional
	Demanda hídrica	Evapotranspiración	mm
		Escorrentía	mml
		Infiltración	mm
Variable dependiente (Y): Demanda para consumo humano	Consumo	Número de habitantes	Unidad
		Dotación	L/día
		Tasa de crecimiento poblacional	Porcentaje

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En esta investigación se aplicó el método científico pues según Del Cid, Sandoval y Sandoval (2007), aplicando pasos ordenados para generar conocimiento científico sustentado en evidencias; además de plantearse problemas, hipótesis, experimentar y finalmente obtener conclusiones.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, pues como menciona Del Cid, Sandoval y Sandoval (2007), esta emplea los conocimientos ya existente para solucionar problemas reales; correspondiente a la falta de disponibilidad hídrica en el distrito de Yanacancha y Chongos Bajo para satisfacer las necesidades por consumo humano, para ello se recurrirá a los recursos hídricos del río Cunas.

3.3. Nivel de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) la presente investigación fue explicativa, debido a que se determinó la causalidad de las variables, disponibilidad hídrica (variable independiente) y demanda por consumo humano (variable dependiente).

3.4. Diseño de investigación

En base a lo establecido por Hernández et al. (2014), la presente investigación fue no experimental, pues no se manipuló la variable independiente (disponibilidad hídrica), tan solo se estudió tal como se presenta en la realidad.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población considerada fue el río Cunas, que abarca la provincia de Chupaca del departamento de Junín; esto debido a que según la iniciativa legislativa 636/2014-CR, es considerado como uno de los afluentes de mejor calidad y mayor cantidad del río Mantaro.

3.5.2. Muestra

Se ha considerado el tipo de muestreo no probabilístico o intencional correspondió al tramo del río Cunas comprendido desde la laguna Runapahuañunan hasta la quebrada Aguapuasín, que abarca los distritos de Yanacancha y Chongos Bajo, provincia de

Chupaca del departamento de Junín; esta delimitación se plantea por ser la microcuenca que alberga ambos distritos y porque presenta un abastecimiento importante por la laguna Runapahuañunan.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

a) Observación directa

Se aplicó en la fase de planificación, a través de visitas de campo, que permitieron determinar de los diferentes usos de los recursos hídricos del río Cunas.

b) Análisis de documentos

Se realizó la recopilación de bibliografía en medios digitales y físicos, con la cual se pueda establecer una metodología para determinar la oferta hídrica del río Cunas, así como de las demandas hídricas.

c) Trabajo en campo

Se realizó mediante visitas al área de estudio, a fin de conocer la problemática y contar con datos relevantes para la investigación.

3.7. Procesamiento de la información

Para procesar la información obtenida en campo y gabinete fue necesario crear tablas y gráficos en softwares especializados como Microsoft Excel y ArcGis; estos permitieron una adecuada distribución gráfica de los resultados obtenidos.

Además, se consideró para la información meteorológica, la misma que sirvió para el cálculo de la demanda hídrica agrícola, la estación Viques, que se ubica en el distrito de Viques, provincia de Huancayo, del departamento de Junín, en las coordenadas $12^{\circ}9'47''\text{S}$ y $75^{\circ}14'5''\text{W}$ a una altitud de 3186 msnm.

En cuanto al desarrollo de la investigación se consideró los siguientes pasos:

- **Cálculo de la oferta hídrica del río Cunas.** – Para ello se determinó la evapotranspiración, precipitación efectiva, coeficiente de escurrimiento y parámetros de la microcuenca de estudio.
- **Cálculo de la demanda hídrica por riego.** – Se consideró la precipitación, precipitación efectiva, temperatura media, evapotranspiración, hectáreas de riego por cultivos base y de rotación y tipo de suelo, para así determinar el requerimiento hídrico y con la eficiencia de riego por el sistema del mismo la demanda hídrica total.

- **Cálculo de la demanda hídrica por consumo humano.** – Se consideró la población de los distritos de Yanacancha y Chongos Bajo según datos del INEI, la tasa de crecimiento, el periodo de diseño de 20 años y la dotación.
- **Cálculo de la disponibilidad hídrica.** – Esta resultó de la diferencia entre la oferta hídrica superficial y la demanda hídrica total (por riego y consumo humano).

3.8. Técnicas y análisis de datos

Se aplicaron según el enfoque cuantitativo, utilizamos la estadística descriptiva tales como medidas de tendencia central (media) y medidas de variabilidad (rango, desviación estándar y varianza).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Oferta hídrica del río Cunas

4.1.1. Evapotranspiración (ET_o)

Se determinó a través del programa CROPWAT, para lo cual fue necesario previamente la utilización del programa complementario CLIMWAT a fin de obtener los parámetros climatológicos como: humedad, viento, insolación y radiación; estos datos fueron descargados de la estación Huancayo del programa CLIMWAT, debido a la cercanía del lugar de estudio.

Tabla 12. Datos obtenidos del programa CLIMWAT.

Mes	T° mín. (°C)	T° máx. (°C)	Humedad (%)	Viento (km/día)	Insolación (horas)	Rad (MJ/m ² /día)	Eto (mm/día)
Ene	7.9	19.9	74	86	5.7	19	3.56
Feb	8	19.8	78	130	5.6	18.8	3.50
Mar	7.8	19.4	78	86	5.4	17.8	3.25
Abr	5.8	20.4	72	43	6.6	18	3.13
May	3.6	21.2	66	43	7.3	17.2	2.87
Jun	2.5	21	55	43	8.5	17.6	2.74
Jul	4.3	21	54	130	7.9	17.4	3.25
Ago	3.5	21	55	130	7.1	17.9	3.45

Sep	5.8	21	62	173	6.6	18.9	3.78
Oct	6.8	21.1	64	173	7.1	20.9	4.10
Nov	7	21.6	63	173	6.6	20.4	4.18
Dic	7.9	19.9	69	86	6.4	20.1	3.75

En la Tabla 12, se muestra los valores de la temperatura mínima y máxima, humedad, velocidad de viento, insolación, radiación y evapotranspiración, esto de forma mensualizada. Además, a partir de estos datos, se determinó en el programa CROPWAT la evapotranspiración de referencia, mediante la aplicación del método de FAO Penman – Monteith, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13. Valores de la evapotranspiración de referencia.

Mes	Eto (mm/día)	Eto (mm/mes)
Enero	3.56	110.36
Febrero	3.50	101.50
Marzo	3.25	100.75
Abril	3.13	93.90
Mayo	2.87	88.97
Junio	2.74	82.20
Julio	3.25	100.75
Agosto	3.45	106.95
Septiembre	3.78	113.40
Octubre	4.10	127.10
Noviembre	4.18	125.40
Diciembre	3.75	116.25
Anual	41.56	1267.53
Promedio	3.46	105.63
Máximo	4.18	127.10
Mínimo	2.74	82.20

La Tabla 13 muestra los valores de evapotranspiración de referencia, por día (mm/día) y de forma mensualizada (mm/mes); asimismo, se tiene que la mayor evapotranspiración de referencia se da en el mes de octubre con 127.10

mm/mes, la mínima en el mes de junio con 82.20 mm/mes, el promedio de 105.63 mm/mes y anualmente un total de 1267.53 mm.

4.1.2. Precipitación efectiva

Tabla 14. Precipitación efectiva.

Mes	Pe total (mm/mes)	Pe Curva-III (mm/mes)
Enero	108.54	67.68
Febrero	142.46	114.89
Marzo	90.75	45.43
Abril	28.35	6.22
Mayo	16.4	3.91
Junio	13.37	3.3
Julio	12.5	3.12
Agosto	10.99	2.78
Septiembre	28.54	6.26
Octubre	46.05	11.33
Noviembre	53.92	14.88
Diciembre	92.8	47.8
Anual	644.66	327.59

En la Tabla 14 se muestra la precipitación efectiva que se determinó mediante la ecuación 1 y 2, que relaciona la precipitación total y el coeficiente de escurrimiento, utilizando los coeficientes del caso III, debido a que la precipitación es menor a 127.0 mm/mes.

4.1.3. Coeficiente de escurrimiento

Tabla 15. Coeficiente de escurrimiento.

Parámetro	Valor
Precipitación total anual promedio (mm/año)	644.66
Evapotranspiración (mm/año)	1267.53
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.29

En la Tabla 15 se consigna el coeficiente de escurrimiento, el mismo que se determinó mediante el Método de la Misión Alemana, debido a que fue

desarrollada teniendo en cuenta las características de la sierra peruana, obteniendo el valor de 0.29.

4.1.4. Cálculo de la oferta hídrica

Tabla 16. Parámetros relevantes para el cálculo de la oferta hídrica.

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	1338.53	km ²
Altitud media de la microcuenca	4450.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.08	m/m
Precipitación media anual (P)	644.66	mm
Evapotranspiración total anual (ETP)	1267.53	mm
Temperatura media anual (T)	13.23	°C
Déficit de escurrimiento (D)	502.60	mm/año
Coeficiente de escorrentía (C)	0.29	
Coeficiente de agotamiento (a)	0.01	
Relación de caudales (bo)	0.70	
Área de lagunas	4.60	km ²
Gasto mensual de retención (R)	1.72	mm/año

La Tabla 16 muestra los parámetros relevantes para el cálculo de la oferta hídrica en la microcuenca de estudio, tal como el área, altitud media, pendiente media, precipitación media anual, evapotranspiración total anual, temperatura media anual, déficit de escurrimiento, coeficiente de escurrimiento, coeficiente de agotamiento, relación de caudales, área de lagunas y gasto mensual de retención.

Para las características físicas como área, altitud media, pendiente y área de lagunas en la microcuenca se recurrió al software ArcMap 10.5.

Tabla 17. Caudal mensual generado.

Mes	Precipitación			Contribución de la retención				Caudales generados		
	Total (mm/mes)	Efectiva		b _i	Gasto		Abastecimiento		mm/mes	m ³ /s
		PE Caso-III p=60.3 mm/mes	PE (mm/mes)		G _i (mm/mes)	a _i	A _i (mm/mes)			
Enero	108.54	67.68	67.68	0.69	0.1	0.21	0.4	67.5	33.72	
Febrero	142.46	114.89	114.89	0.71	0.1	0.35	0.6	114.4	61.13	
Marzo	90.75	45.43	45.43	0.69	0.1	0.14	0.2	45.3	22.66	
Abril	28.35	6.22	6.22	0.70	0.1	0.02	0.0	6.3	3.27	
Mayo	16.40	3.91	3.91	0.69	0.1	0.01	0.0	4.0	2.01	
Junio	13.37	3.30	3.30	0.70	0.1	0.01	0.0	3.4	1.77	
Julio	12.50	3.12	3.12	0.69	0.1	0.01	0.0	3.2	1.62	
Agosto	10.99	2.78	2.78	0.69	0.1	0.01	0.0	2.9	1.46	
Septiembre	28.54	6.26	6.26	0.70	0.1	0.02	0.0	6.4	3.29	
Octubre	46.05	11.33	11.33	0.69	0.1	0.03	0.1	11.4	5.70	
Noviembre	53.92	14.88	14.88	0.70	0.1	0.05	0.1	14.9	7.72	
Diciembre	92.80	47.80	47.80	0.69	0.1	0.15	0.3	47.7	23.83	
Anual	644.66	327.59	327.59	8.36	1.72	1.00	1.72	327.59	168.17	
Promedio	53.72	27.30	27.30	0.70	0.14	0.08	0.14	27.30	14.01	
Máximo	142.46	114.89	114.89	0.71	0.15	0.35	0.60	114.43	61.13	
Mínimo	10.99	2.78	2.78	0.69	0.14	0.01	0.01	2.91	1.46	

En la Tabla 17 se muestra los valores de los caudales estimados de forma mensualizada, donde el caudal total anual es de 168.17 m³/s, el promedio es de 14.01 m³/s, el máximo es de 61.13 m³/s (mes de febrero) y mínimo de 1.46 m³/s (mes de agosto).

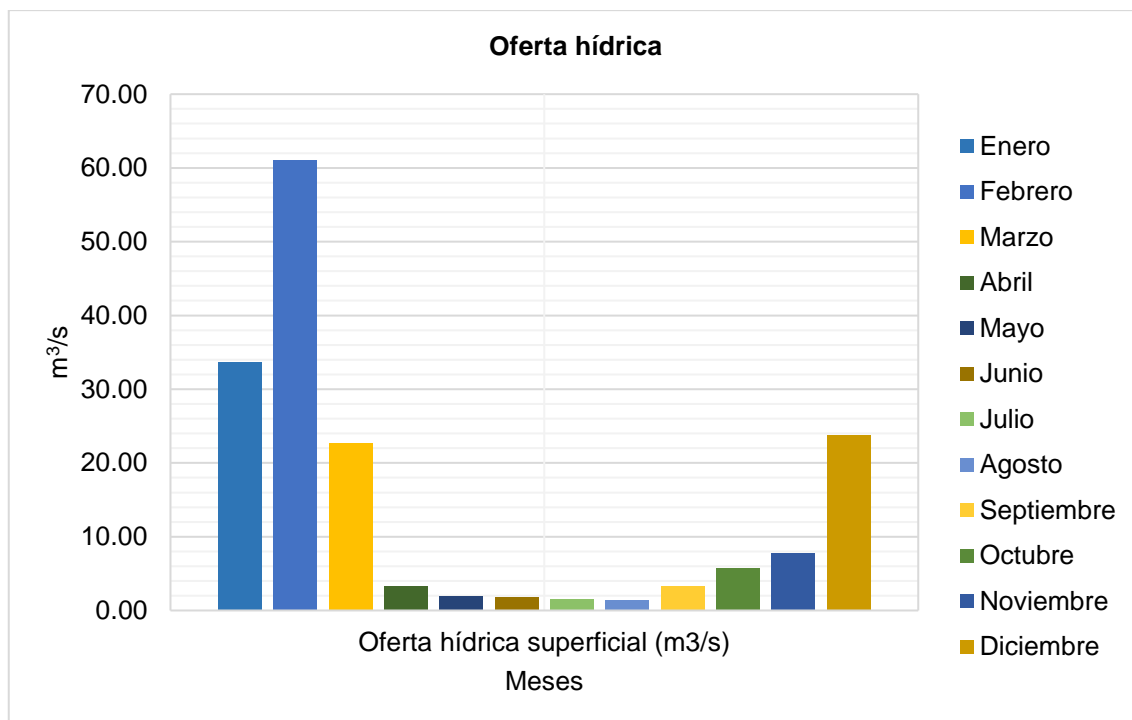


Figura 4. Caudal generado de forma mensualizada.

La Figura 4 representa de forma gráfica la distribución de los caudales generados para la microcuenca de estudio, donde su variabilidad se da fundamentalmente por las precipitaciones.

Tabla 18. Oferta hídrica superficial.

Mes	Oferta hídrica superficial (m³/s)	Oferta hídrica superficial (m³)	Oferta hídrica superficial (Mm³)
Enero	33.72	90303430.20	90.30
Febrero	61.13	153170172.60	153.17
Marzo	22.66	60679380.85	60.68
Abril	3.27	8470757.07	8.47
Mayo	2.01	5394758.06	5.39
Junio	1.77	4586943.31	4.59
Julio	1.62	4341227.30	4.34
Agosto	1.46	3898541.98	3.90
Septiembre	3.29	8524987.26	8.52
Octubre	5.70	15275674.83	15.28
Noviembre	7.72	20005924.30	20.01
Diciembre	23.83	63830844.96	63.83
Anual	168.17	438482642.71	438.48
Promedio	14.01	36540220.23	36.54
Máximo	61.13	153170172.60	153.17
Mínimo	1.46	3898541.98	3.90

Del mismo modo, en la Tabla 18 se consigna el volumen del recurso hídrico, donde de forma anual se tiene un volumen de 438.48 Mm³ (millones de metros cúbicos), promedio de 36.54 Mm³, un máximo de 153.17 Mm³ (mes de febrero) y mínimo de 3.90 Mm³ (mes de agosto).

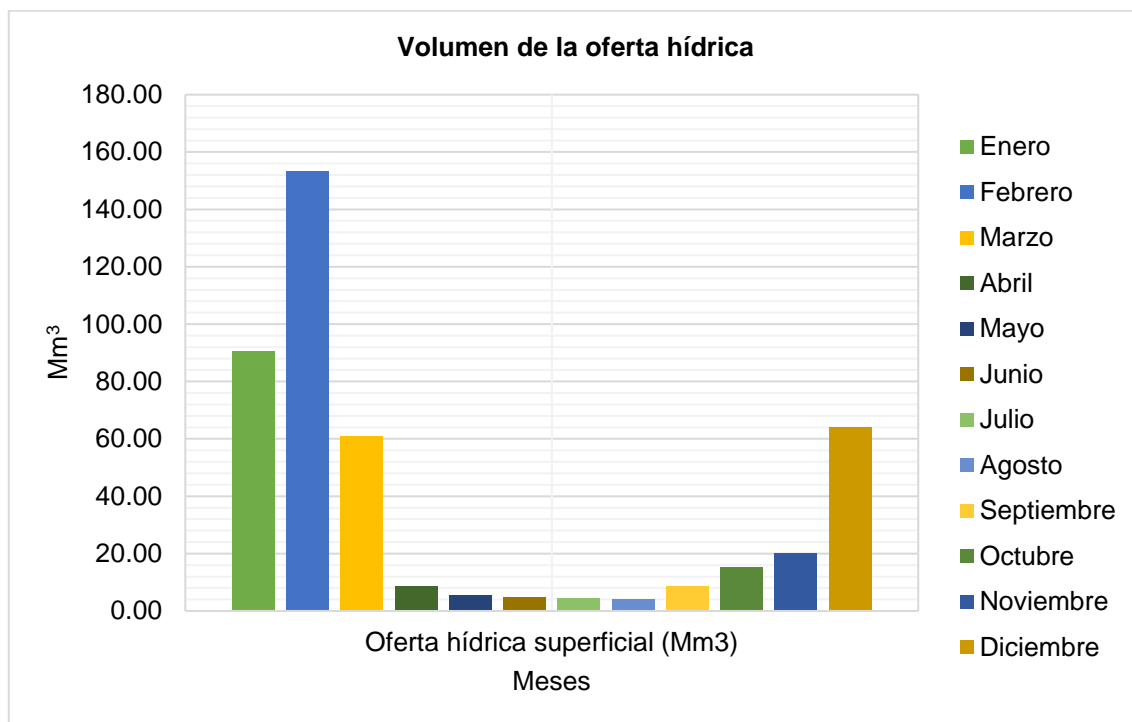


Figura 5. Volumen de la oferta hídrica calculada de forma mensual.

En la Figura 5 se muestra el volumen de la oferta hídrica calculada de forma mensual, esto según los datos de la Tabla 18; donde claramente, el mes de febrero es donde se da la mayor oferta hídrica superficial a diferencia de los meses de mayo hasta agosto.

4.2. Demanda hídrica por riego que abastece el río Cunas

La demanda hídrica para el riego de las áreas de cultivo colindante al río Cunas en los distritos de Chongos Bajo y Yanacancha se realizó a través del programa CROPWAT, considerando los siguientes parámetros:

4.2.1. Precipitación

Para determinar la precipitación promedio mensual, se realizó el procesamiento de los datos publicados por SENAMHI en la página web que administra, recurriendo así a la estación Viques, ubicado en el distrito de Viques, provincia de Huancayo del departamento de Junín, cabe mencionar que, esta estación fue elegida por su proximidad con el área de estudio. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 19. Valores de la precipitación media de acuerdo a la estación Viques.

Mes	Precipitación media (mm)
Enero	108.50
Febrero	142.50
Marzo	90.70
Abril	28.30
Mayo	16.40
Junio	13.40
Julio	12.50
Agosto	11.00
Septiembre	28.50
Octubre	46.00
Noviembre	53.90
Diciembre	92.80
Anual	644.50
Promedio	53.71
Máximo	142.50
Mínimo	11.00

La Tabla 19 muestra la precipitación media mensualizada de acuerdo a la estación Viques, donde la precipitación total anual es de 644.50 mm, el promedio es de 53.71 mm, el máximo de 142.50 mm (en febrero) y mínimo de 11 mm (en agosto).

4.2.2. Precipitación efectiva

Tabla 20. Precipitación efectiva.

Mes	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)
Enero	108.50	89.70
Febrero	142.50	110.00
Marzo	90.70	77.50
Abril	28.30	27.00
Mayo	16.40	16.00
Junio	13.40	13.10
Julio	12.50	12.30
Agosto	11.00	10.80
Septiembre	28.50	27.20
Octubre	46.00	42.60
Noviembre	53.90	49.30
Diciembre	92.80	79.00
Total	644.50	554.50

Con los datos de la precipitación promedio se calculó la precipitación efectiva, a través del programa CROPWAT que utiliza el método del Servicio de conservación de suelos, desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, estos valores se muestran en la Tabla 20.

4.2.3. Temperatura media

Tabla 21. Valores de la temperatura media.

Mes	Temperatura media (°C)
Enero	13.92
Febrero	13.98
Marzo	13.58
Abril	13.10
Mayo	12.39
Junio	11.62
Julio	12.45
Agosto	12.23
Septiembre	13.37
Octubre	13.96
Noviembre	14.32
Diciembre	13.91
Promedio	13.24
Máxima	14.32
Mínima	11.62

En la Tabla 21 se muestra la temperatura media, según la estación Viques, donde el promedio es de 13.24 °C, la máxima temperatura se da en noviembre (14.32 °C) y la mínima en junio (11.62 °C).

4.2.4. Evapotranspiración (ET_o)

Tabla 22. Datos obtenidos del programa CLIMWAT para la evapotranspiración.

Mes	T° mín. (°C)	T° máx. (°C)	Humedad (%)	Viento (km/día)	Insolación (Horas)	Rad (MJ/m ² /día)
Ene	7.9	19.9	74	86	5.7	19
Feb	8	19.8	78	130	5.6	18.8
Mar	7.8	19.4	78	86	5.4	17.8
Abr	5.8	20.4	72	43	6.6	18
May	3.6	21.2	66	43	7.3	17.2
Jun	2.5	21	55	43	8.5	17.6
Jul	4.3	21	54	130	7.9	17.4
Ago	3.5	21	55	130	7.1	17.9
Sep	5.8	21	62	173	6.6	18.9
Oct	6.8	21.1	64	173	7.1	20.9
Nov	7	21.6	63	173	6.6	20.4
Dic	7.9	19.9	69	86	6.4	20.1
Prom.	5.9	20.6	66	108	6.7	18.7
Máx.	8	21.6	78	173	8.5	20.9
Mín.	2.5	19.4	54	43	5.4	17.2

En la Tabla 22 se muestra los datos concernientes a la temperatura mínima, máxima, humedad, velocidad de viento, horas de insolación y radiación correspondientemente, esto para la determinación de la evapotranspiración con el programa CROPWAT.

Tabla 23. Valores de la evapotranspiración de referencia.

Mes	Eto (mm/día)	Eto (mm/mes)
Enero	3.56	110.36
Febrero	3.50	101.50
Marzo	3.25	100.75
Abril	3.13	93.90
Mayo	2.87	88.97

Junio	2.74	82.20
Julio	3.25	100.75
Agosto	3.45	106.95
Septiembre	3.78	113.40
Octubre	4.10	127.10
Noviembre	4.18	125.40
Diciembre	3.75	116.25

La Tabla 23 consigna el resultado de la evapotranspiración de referencia a partir de la Tabla 22 y con la aplicación del método Penman Monteith.

4.2.5. Cultivos

Se determinó los cultivos que utilizan el mayor porcentaje de agua para riego, considerando la cantidad de producción, área de los cultivos y período de desarrollo de cada uno de estos. Para ello se dividió en:

a) Cultivos base

Tabla 24. Área de siembra de los cultivos base.

Cultivos base	Área (Ha)	
	Área	Porcentaje
Maíz	997.91	29.00%
Trigo	722.62	21.00%
Papa	653.8	19.00%
Cebada	481.75	14.00%
Zanahoria	240.87	7.00%
Arveja	137.64	4.00%
Habas	103.23	3.00%
Quinoa	103.23	3.00%
Total (Ha)	3441.07	100%

En la Tabla 23 se muestra los cultivos base, tales como: maíz en 29 %, trigo en 21 %, papa en 19 %, cebada en 14 %, zanahoria en 7 %, arveja en 4 %, habas en 3 % y quinua en 3 %, lo cual hace un total de 3441.07 hectáreas.

b) Cultivos de rotación

Tabla 25. Área de siembra de los cultivos de rotación.

Cultivos de rotación	Área (Ha)	
	Área	Porcentaje
Alfalfa	1651.71	48%
Avena	1169.96	34%
Cebada	619.39	18%
Total (Ha)	3441.07	100%

De la misma forma, en la Tabla 25 se muestra los cultivos de rotación, siendo estos: alfalfa en 48 %, avena en 34 % y cebada en 18 %; lo cual abarca un total también de 3441.07 hectáreas.

c) Suelo

Tabla 26. Características del suelo.

Características del suelo medio	Valor	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

Para definir el tipo de suelo en el programa CROPWAT, se utilizó los conceptos de capacidad de campo, que es la máxima capacidad de retención en condiciones de libre drenaje; y de la marchites permanente, que es el contenido de humedad del suelo al cual las plantas experimentan marchites irreversible.

En la investigación el tipo de suelo es medio, debido a que el nivel de capacidad de suelo presente en el lugar de estudio es de 22 %, mientras que el

nivel de punto de marchitez permanente es de 9 %. En base a esto, se tiene la Tabla 26 que especifica la humedad del suelo disponible total, la tasa máxima de infiltración de la precipitación, la profundidad radicular máxima, el agotamiento inicial de humedad de suelo y la humedad inicialmente disponible.

4.2.6. Requerimiento hídrico

Tabla 27. Requerimiento hídrico en los cultivos base (enero – junio).

Requerimientos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
	31	28	31	30	31	30
Déficit de precipitación (mm)						
Maíz	0	0	0	0	0	0
Trigo	28.1	4.3	0	0	0	0
Papa	11.6	0	0	0	0	0
Cebada	36.1	3.8	0	0	0	0
Zanahoria	0	0	0	0	0	0
Arveja	13.6	0	0	0	0	0
Habas	0	0	0	0	0	0
Quinoa	0	0	19.7	18.4	0	0
Req. Netos sistema						
en mm/día	0.4	0.1	0	0	0	0
en mm/mes	13.7	1.4	0.6	0.6	0	0
en l/s/h	0.05	0.01	0	0	0	0
Area Irrigada (% del área total)	58	35	3	3	0	0
Req.de riego area real (L/s/h)	0.09	0.02	0.07	0.07	0	0
Área	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07
Requerimiento (m ³)	829490.57	166492.73	645159.33	624347.74	0.00	0.00

En la Tabla 27 se consigna los cultivos base, durante los meses de enero y junio.

Tabla 28. Requerimiento hídrico en los cultivos base (julio – diciembre).

Requerimientos	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	31	31	30	31	30	31
Déficit de precipitación (mm)						
Maíz	0	0	2.6	34.5	95.2	52
Trigo	0	0	0	0	0	0
Papa	0	0	14.6	41.3	88.3	52.8
Cebada	0	0	0	0	0	22.5
Zanahoria	0	34.3	67.5	88.5	39.5	0
Arveja	0	0	0	11.3	38.6	42.6
Habas	0	16.9	53.4	100.8	62.8	2.8
Quinoa	0	0	0	0	0	0
Req. Netos sistema						
en mm/día	0	0.1	0.3	0.9	1.7	1
en mm/mes	0	2.9	9.9	27.5	50.6	30.1
en l/s/h	0	0.01	0.04	0.1	0.2	0.11
Area Irrigada (% del área total)	0	10	58	62	62	69
Req.de riego area real (L/s/h)	0	0.11	0.07	0.17	0.31	0.16
Área	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07
Requerimiento (m ³)	0.00	1013821.81	624347.74	1566815.52	2764968.57	1474649.90

Como continuación del requerimiento hídrico en los cultivos base desde julio a diciembre, se tiene la Tabla 28.

Tabla 29. Requerimiento hídrico en los cultivos de rotación.

Requerimientos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
	31	28	31	30	31	30
Déficit de precipitación (mm)						
Alfalfa	13.8	0	17.2	58.7	31.3	19.2
Avena	2.2	0	8.9	50.8	57.4	40.6
Cebada	0	0	0	0	0	0
Req. Netos sistema						
en mm/día	0.2	0	0.4	1.5	1.1	0.8
en mm/mes	7.4	0	11.3	45.5	34.5	23
en l/s/h	0.03	0	0.04	0.18	0.13	0.09
Area Irrigada (% del área total)	82	0	82	82	82	82
Req.de riego area real (L/s/h)	0.03	0	0.05	0.21	0.16	0.11
Área	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07
Requerimiento (m ³)	276496.86	0.00	460828.09	1873043.22	1474649.90	981117.88
Requerimientos	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	31	31	30	31	30	31
Déficit de precipitación (mm)						
Alfalfa	25.7	30.6	16.9	23.9	63.7	31.4
Avena	63.6	72.2	61	55.2	47	17.8
Cebada	11.5	81.4	97.4	71.1	0.3	0
Req. Netos sistema						
en mm/día	1.2	1.7	1.5	1.4	1.6	0.7
en mm/mes	36	53.9	46.4	43	46.6	21.1
en l/s/h	0.13	0.2	0.18	0.16	0.18	0.08
Area Irrigada (% del área total)	100	100	100	100	100	82
Req.de riego area real (L/s/h)	0.13	0.02	0.18	0.16	0.18	0.1
Área	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07
Requerimiento (m ³)	1198153.05	184331.24	1605465.62	1474649.90	1605465.62	921656.19

En la Tabla 29 se muestra el requerimiento hídrico por los cultivos de rotación durante todo el año.

4.2.7. Demanda hídrica por riego

Tabla 30. Demanda hídrica por riego.

Mes	Requerimiento hídrico por los cultivos base (m ³)	Requerimiento hídrico por los cultivos de rotación (m ³)	Demanda agrícola total (m ³)	Demanda agrícola actual con eficiencia de 40% (m ³)	Demanda agrícola actual con eficiencia de 40% (Mm ³)
Ene	829490.57	276496.86	1105987.43	2764968.57	2.76
Feb	166492.73	0.00	166492.73	416231.83	0.42
Mar	645159.33	460828.09	1105987.43	2764968.57	2.76
Abr	624347.74	1873043.22	2497390.96	6243477.41	6.24
May	0.00	1474649.90	1474649.90	3686624.76	3.69
Jun	0.00	981117.88	981117.88	2452794.70	2.45
Jul	0.00	1198153.05	1198153.05	2995382.61	3.00
Ago	1013821.81	184331.24	1198153.05	2995382.61	3.00
Sep	624347.74	1605465.62	2229813.36	5574533.40	5.57
Oct	1566815.52	1474649.90	3041465.42	7603663.56	7.60
Nov	2764968.57	1605465.62	4370434.19	10926085.46	10.93
Dic	1474649.90	921656.19	2396306.09	5990765.23	5.99
Total	9710093.91	12055857.57	21765951.48	54414878.70	54.41
Promedio	809174.49	1004654.80	1813829.29	4534573.22	4.53
Máximo	2764968.57	1873043.22	4370434.19	10926085.46	10.93
Mínimo	0.00	0.00	166492.73	416231.83	0.42

En la Tabla 30 se consigna la demanda hídrica para riego de manera mensual, considerando una eficiencia del 40 %, por contar con un sistema de riego por gravedad; donde anualmente se requiere 54.41 Mm³ (millones de metros cúbicos), en promedio de 4.53 Mm³, un máximo de 10.93 Mm³ en noviembre y un mínimo de 0.42 Mm³ en el mes de febrero.

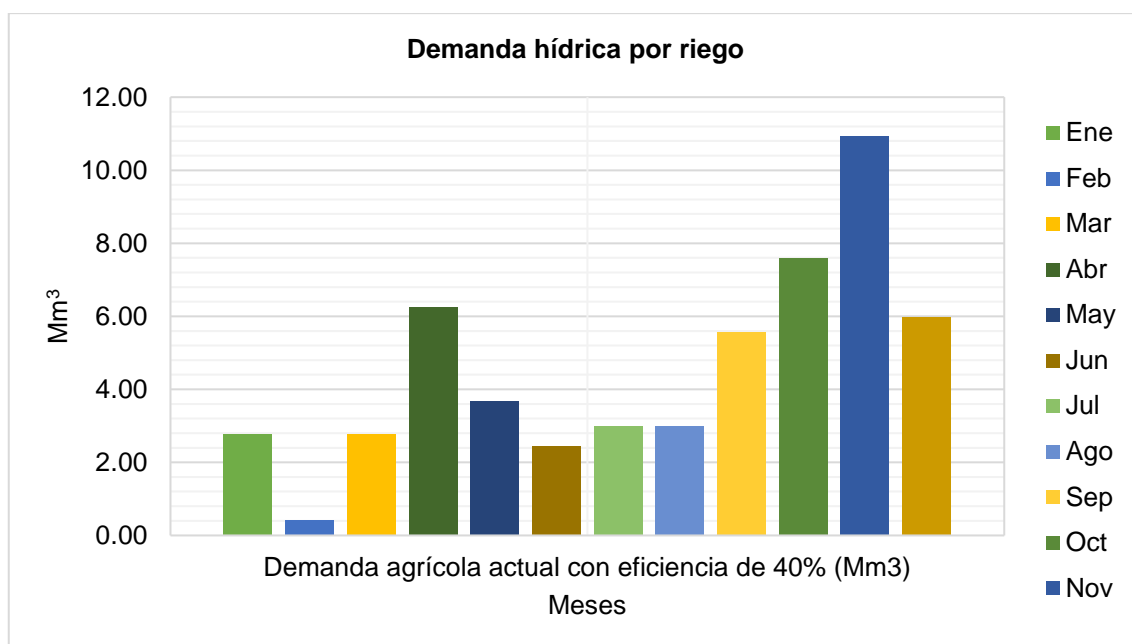


Figura 6. Demanda hídrica para riego.

En la Figura 6 se muestra gráficamente la demanda hídrica por riego de manera mensual, donde su variabilidad es por las distintas fechas de siembra de los cultivos base y de rotación; además, por la presencia de lluvias.

4.3. Demanda hídrica por consumo humano del distrito

La demanda hídrica para consumo poblacional se determinó en base a la población futura de los distritos de Chongos Bajo y Yanacancha, considerando la tasa de crecimiento considerado por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI, 2019) y un periodo de retorno de 20 años, mediante el método geométrico.

Esto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 31. Cálculo de la población futura de los distritos.

	Chongos Bajo	Yanacancha
Población inicial:	4688	2769
Tasa de crecimiento:	0	1.06
Periodo retorno:	20	20
Población futura:	4688	8640

En la Tabla 32 se muestra la población en los distritos de Chongos Bajo (4688 habitantes) y Yanacancha (2769 habitantes), con una tasa de crecimiento de 0 % y 1.06 %, lo cual resulta para un periodo de diseño de 20 años, una población de 4688 y 8640 habitantes.

Tabla 32. Datos para el cálculo de la demanda hídrica poblacional.

Distrito	Número de habitantes	Dotación (L/día)	Consumo (m ³ /día)	Consumo anual (m ³)
Chongos Bajo	4688	100	468.80	171580.80
Yanacancha	8640	100	864.00	316224.00
Total	13328	100	1332.80	487804.80

Con los datos de la Tabla 31 se calculó la cantidad de agua necesaria para abastecer a los distritos de Chongos Bajo y Yanacancha, tal como se especifica en la Tabla 32.

Tabla 33. Demanda hídrica por consumo humano.

Mes	Demanda hídrica poblacional (m ³)
Ene	41316.80
Feb	38651.20
Mar	41316.80
Abr	39984.00
May	41316.80
Jun	39984.00
Jul	41316.80
Ago	41316.80
Sep	39984.00
Oct	41316.80
Nov	39984.00
Dic	41316.80
Total	487804.80
Promedio	40650.40

En la Tabla 33 se especifica la demanda hídrica por consumo humano, donde anualmente es de 487804.80 m³ y un promedio de 40650.40 m³.

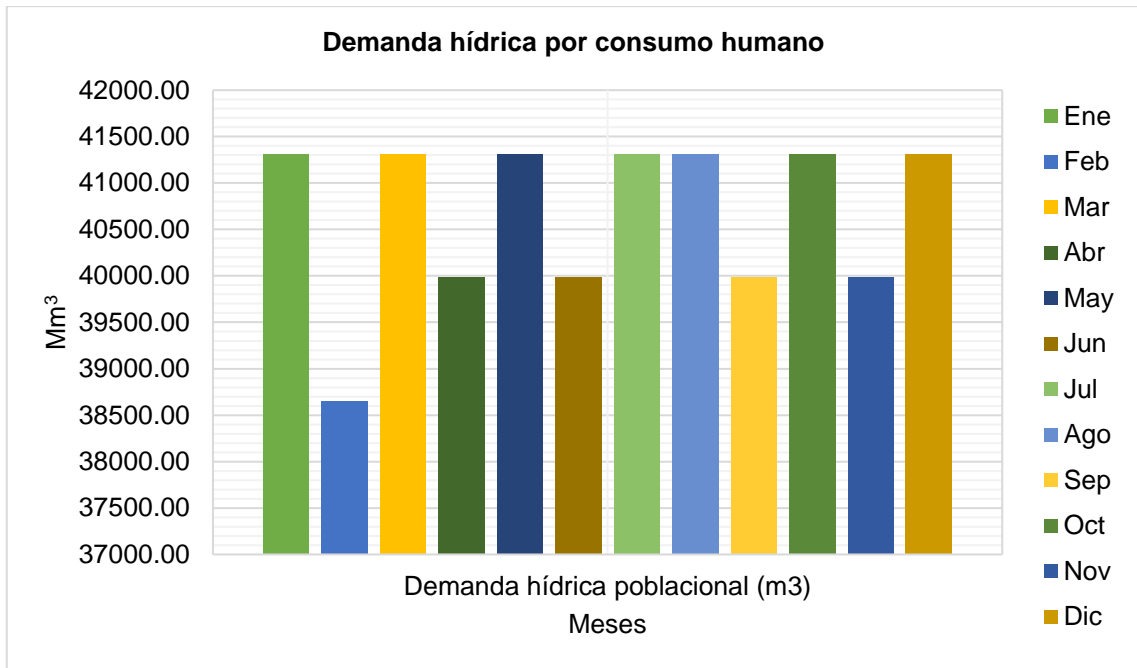


Figura 7. Demanda hídrica por consumo humano.

La Figura 7 muestra la demanda hídrica por consumo humano de manera gráfica, donde los meses de menor demanda son febrero, abril, junio, setiembre y noviembre.

4.4. Disponibilidad hídrica

4.4.1. Oferta hídrica superficial

Tabla 18. Oferta hídrica superficial.

Mes	Oferta hídrica en m ³ /s	Oferta hídrica en m ³	Oferta hídrica en Mm ³
Enero	33.72	90303430.20	90.30
Febrero	61.13	153170172.60	153.17
Marzo	22.66	60679380.85	60.68
Abril	3.27	8470757.07	8.47
Mayo	2.01	5394758.06	5.39
Junio	1.77	4586943.31	4.59
Julio	1.62	4341227.30	4.34
Agosto	1.46	3898541.98	3.90
Septiembre	3.29	8524987.26	8.52
Octubre	5.70	15275674.83	15.28
Noviembre	7.72	20005924.30	20.01

Diciembre	23.83	63830844.96	63.83
Anual	168.17	438482642.71	438.48
Promedio	14.01	36540220.23	36.54
Máximo	61.13	153170172.60	153.17
Mínimo	1.46	3898541.98	3.90

En la tabla anterior se muestra la oferta hídrica superficial calculada en el numeral 4.1.4.

4.4.2. Demanda hídrica por riego y consumo humano

Tabla 34. Demanda hídrica por riego y consumo humano.

Mes	Demanda agrícola por los cultivos bajo riego (m ³)	Demanda poblacional total (m ³)	Demanda hídrica total (m ³)	Demanda hídrica total (Mm ³)
Ene	2764968.57	41316.80	2806285.37	2.81
Feb	416231.83	38651.20	454883.03	0.45
Mar	2764968.57	41316.80	2806285.37	2.81
Abr	6243477.41	39984.00	6283461.41	6.28
May	3686624.76	41316.80	3727941.56	3.73
Jun	2452794.70	39984.00	2492778.70	2.49
Jul	2995382.61	41316.80	3036699.41	3.04
Ago	2995382.61	41316.80	3036699.41	3.04
Sep	5574533.40	39984.00	5614517.40	5.61
Oct	7603663.56	41316.80	7644980.36	7.64
Nov	10926085.46	39984.00	10966069.46	10.97
Dic	5990765.23	41316.80	6032082.03	6.03
Total	54414878.70	487804.80	54902683.50	54.90
Promedio	4534573.22	40650.40	4575223.62	4.58
Máximo	10926085.46	41316.80	10966069.46	10.97
Mínimo	416231.83	38651.20	454883.03	0.45

En la Tabla 34 se consignó la demanda hídrica por riego (calculada en el numeral 4.2.7) y la demanda hídrica por consumo humano (determinada en el numeral 4.3), resultando así la cantidad que es necesario abastecer; de lo cual se tiene que anualmente es necesario 54.90 Mm³ (millones de metros cúbicos), en promedio de 4.58 Mm³, un máximo de 10.97 Mm³ y un mínimo de 0.45 Mm³.

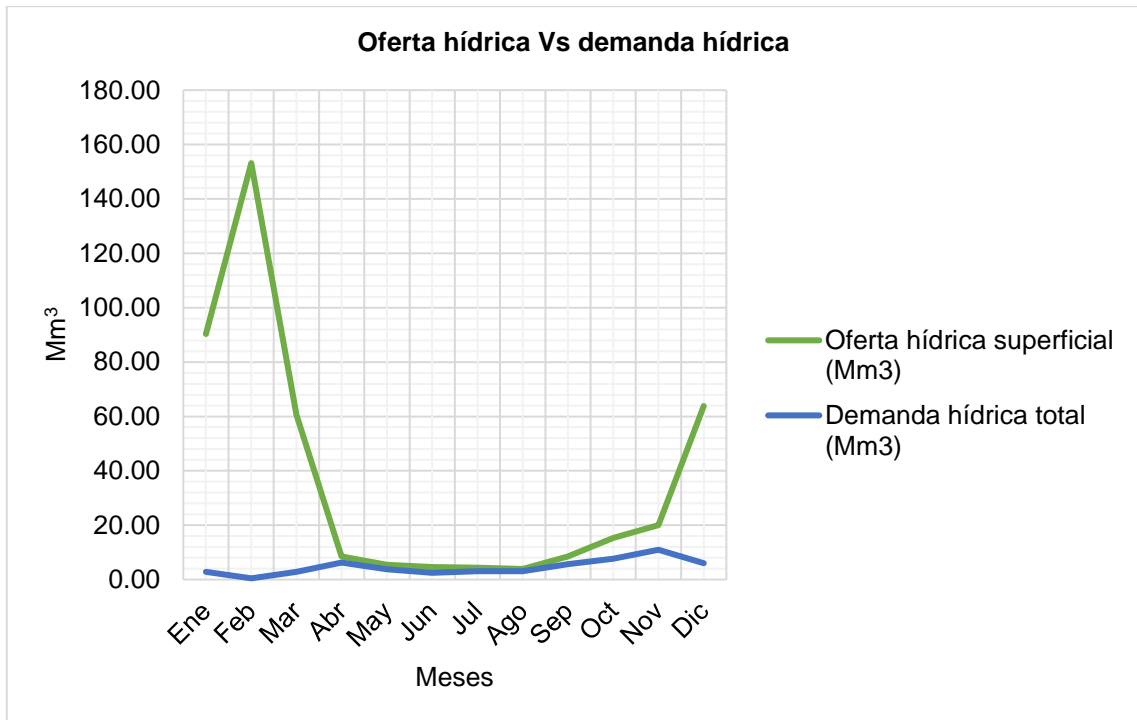


Figura 8. Oferta hídrica superficial Vs. Demanda hídrica total.

En la Figura 8 se muestra la comparación entre la oferta hídrica y la demanda hídrica total (por riego y consumo humano); donde es claro que la primera es mayor a lo que se requiere.

4.4.3. Cálculo de la disponibilidad hídrica

Para el cálculo de la disponibilidad hídrica, en primera instancia es dable determinar el balance hídrico considerando la oferta obtenida y la demanda hídrica tanto por riego y consumo humano.

Esto se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 35. Balance hídrico mensual.

Mes	Oferta hídrica total (m³)	Demanda hídrica total (m³)	Balance hídrico superficial total (m³)	Balance hídrico superficial total (Mm³)
Ene	90303430.20	2806285.37	87497144.84	87.50
Feb	153170172.60	454883.03	152715289.58	152.72
Mar	60679380.85	2806285.37	57873095.48	57.87
Abr	8470757.07	6283461.41	2187295.66	2.19

May	5394758.06	3727941.56	1666816.51	1.67
Jun	4586943.31	2492778.70	2094164.61	2.09
Jul	4341227.30	3036699.41	1304527.88	1.30
Ago	3898541.98	3036699.41	861842.56	0.86
Sep	8524987.26	5614517.40	2910469.86	2.91
Oct	15275674.83	7644980.36	7630694.47	7.63
Nov	20005924.30	10966069.46	9039854.84	9.04
Dic	63830844.96	6032082.03	57798762.93	57.80
Total	438482642.71	54902683.50	383579959.22	383.58

En la Tabla 35 se especifica la resta de la oferta hídrica con la demanda hídrica, donde se obtuvo que no existe déficit de recurso en ninguno de los meses, más por el contrario, anualmente se tiene 383.58 Mm³ de recurso hídrico disponible.

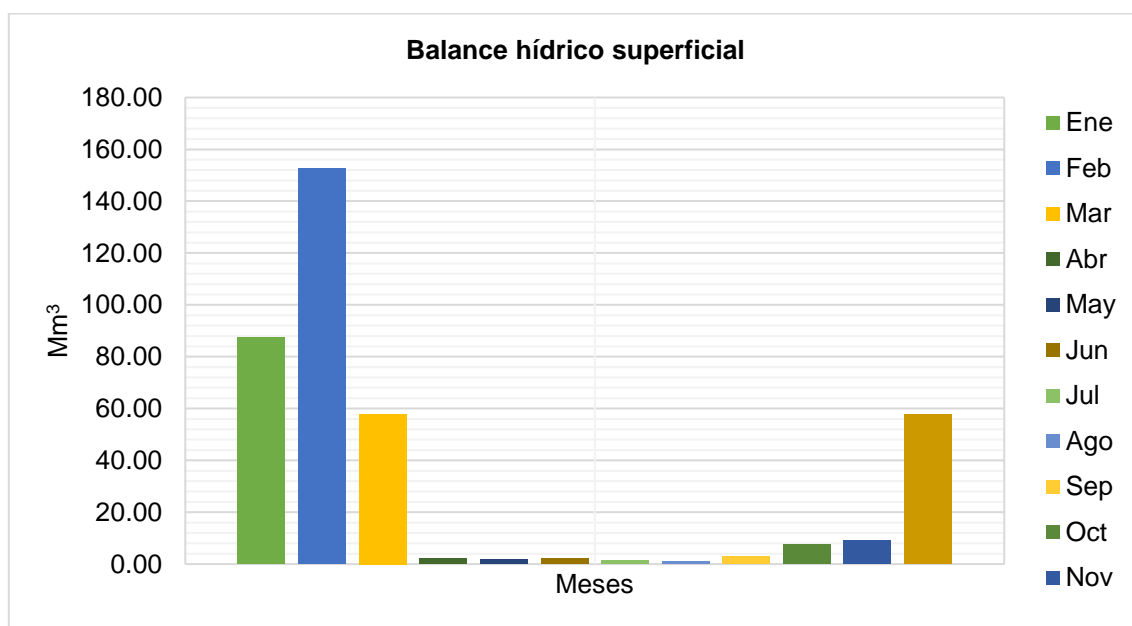


Figura 9. Balance hídrico superficial.

En la Figura 9 se representa el balance hídrico superficial, para el distrito de Yanacancha y Chongos Bajo.

Siendo los meses de enero, febrero, marzo y diciembre donde mayor disponibilidad del recurso hídrico se presenta, a diferencia de los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre.

Tabla 36. Disponibilidad hídrica superficial.

Mes	Disponibilidad hídrica superficial total (Mm ³)
Ene	87.50
Feb	152.72
Mar	57.87
Abr	2.19
May	1.67
Jun	2.09
Jul	1.30
Ago	0.86
Sep	2.91
Oct	7.63
Nov	9.04
Dic	57.80
Total	383.58
Promedio	31.96
Máximo	152.72
Mínimo	0.86

Por lo tanto, en la Tabla 36 se muestra la disponibilidad hídrica superficial total en millones de 383.58 Mm³, un promedio de 31.96 Mm³, una máxima de 152.72 Mm³ en el mes de febrero y un mínimo de 0.86 Mm³ en el mes de agosto.

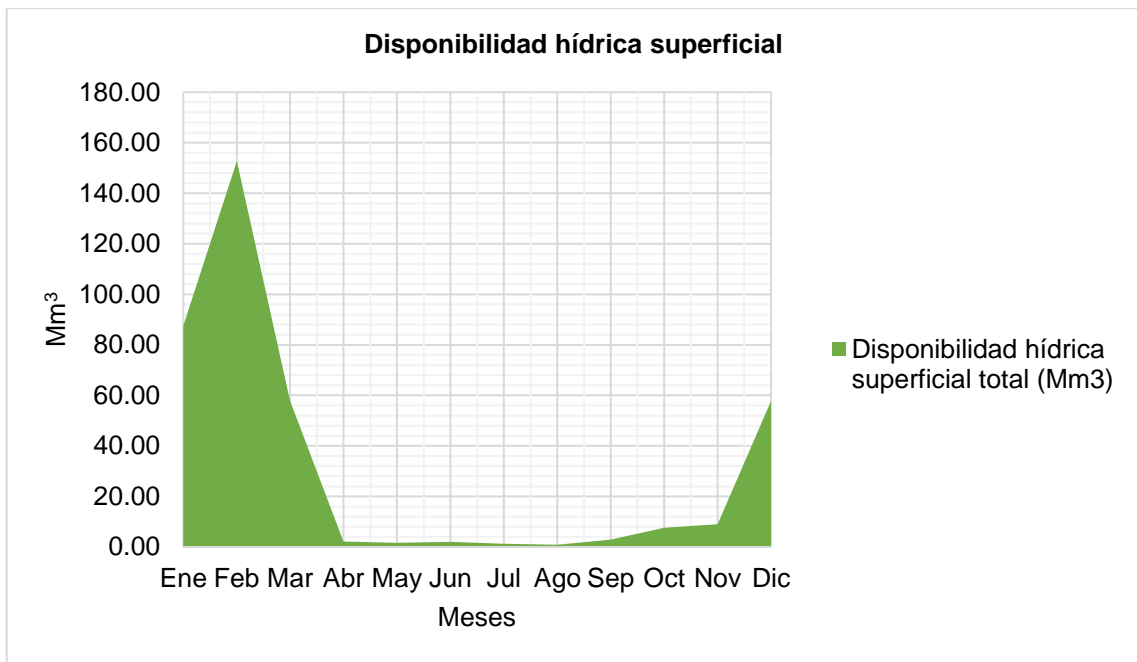


Figura 10. Disponibilidad hídrica superficial.

En la Figura 10 se representa la disponibilidad hídrica superficial para los distritos de Yanacancha y Chongos Bajo, de la provincia de Chupaca en el departamento de Junín.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Oferta del recurso hídrico del río Cunas

Para determinar la oferta hídrica del río Cunas, se utilizó el método estocástico – determinístico, para lo cual en primer lugar es contar con la evapotranspiración (ET_o), requiriendo valores de temperatura mínima, máxima, humedad, velocidad de viento, horas de insolación y radiación solar tal como se muestra en la Tabla 12, esto fue procesado en el programa CROPWAT mediante la aplicación del método de FAO Penman – Monteith (Tabla 13).

Otra consideración importante es la precipitación efectiva que se determinó mediante la ecuación 1 y 2, que relaciona la precipitación total y el coeficiente de escurrimiento, utilizando los coeficientes del caso III, debido a que la precipitación es menor a 127.0 mm/mes, de esto se tiene que la precipitación efectiva anual es de 327.59 mm (Tabla 14).

En cuanto al coeficiente de escurrimiento, este se determinó mediante el Método de la Misión Alemana, debido a que fue desarrollada teniendo en cuenta las características de la sierra peruana, obteniendo el valor de 0.29, tal como se especifica en la Tabla 15.

Finalmente, se tiene la oferta hídrica superficial, donde previamente según la Tabla 16 se muestra los parámetros relevantes para su cálculo, tal como el área, altitud media, pendiente media, precipitación media anual, evapotranspiración total anual, temperatura media anual, déficit de escurrimiento, coeficiente de escurrimiento, coeficiente de agotamiento, relación de caudales, área de lagunas y gasto mensual de retención; cabe señalar que las características físicas como área, altitud media, pendiente y área de lagunas en la microcuenca se recurrió al software ArcMap 10.5, tal como sugiere Chalán (2018); en la Tabla 17 y Figura 4 se especifica el cálculo detallado del caudal generado, siendo el caudal total anual es de 168.17 m³/s, el promedio es de 14.01 m³/s, el máximo es de 61.13 m³/s (mes de febrero) y mínimo de 1.46 m³/s (mes de agosto), siendo así que en la Tabla 18 se consigna el volumen del recurso hídrico, donde de forma anual se tiene un volumen de 438.48 Mm³ (millones de metros cúbicos), promedio de 36.54 Mm³, un máximo de 153.17 Mm³ (mes de febrero) y mínimo de 3.90 Mm³ (mes de agosto).

5.2. Demanda hídrica por riego que abastece el río Cunas

La demanda hídrica para el riego de las áreas de cultivo colindante al río Cunas en los distritos de Chongos Bajo y Yanacancha se realizó a través del programa CROPWAT, considerando la precipitación, precipitación efectiva, temperatura media, evapotranspiración, evapotranspiración y el requerimiento hídrico.

En la Tabla 19 muestra la precipitación media mensualizada de acuerdo a la estación Viques, donde la precipitación total anual es de 644.50 mm, el promedio es de 53.71 mm, el máximo de 142.50 mm (en febrero) y mínimo de 11 mm (en agosto).

Asimismo, en la con los datos de la precipitación promedio se calculó la precipitación efectiva, a través del programa CROPWAT que utiliza el método del Servicio de conservación de suelos, desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, estos valores se muestran en la Tabla 20.

En cuanto a la temperatura media, en la Tabla 21 se muestra esta, según la estación Viques, donde el promedio es de 13.24 °C, la máxima temperatura se da en noviembre (14.32 °C) y la mínima en junio (11.62 °C).

Seguidamente, en la Tabla 22 se muestra los datos concernientes a la temperatura mínima, máxima, humedad, velocidad de viento, horas de insolación y radiación correspondientemente, esto para la determinación de la evapotranspiración con el programa CROPWAT, para así tener la evapotranspiración de referencia tal como se muestra en la Tabla 23 a partir

de la Tabla 22 y el programa CROPWAT con la aplicación del método de FAO Penman – Monteith.

Lo referente a los cultivos, en la Tabla 23 se muestra los cultivos base, tales como: maíz en 29 %, trigo en 21 %, papa en 19 %, cebada en 14 %, zanahoria en 7 %, arveja en 4 %, habas en 3 % y quinua en 3 %, lo cual hace un total de 3441.07 hectáreas. De la misma forma, en la Tabla 25 se muestra los cultivos de rotación, siendo estos: alfalfa en 48 %, avena en 34 % y cebada en 18 %; lo cual abarca un total también de 3441.07 hectáreas.

Otra consideración importante son las características del suelo, para definirlo en el programa CROPWAT, se utilizó los conceptos de capacidad de campo, que es la máxima capacidad de retención en condiciones de libre drenaje; y de la marchites permanente, que es el contenido de humedad del suelo al cual las plantas experimentan marchites irreversible. En la investigación el tipo de suelo es medio, debido a que el nivel de capacidad de suelo presente en el lugar de estudio es de 22 %, mientras que el nivel de punto de marchitez permanente es de 9 %. En base a esto, se tiene la Tabla 26 que especifica la humedad del suelo disponible total, la tasa máxima de infiltración de la precipitación, la profundidad radicular máxima, el agotamiento inicial de humedad de suelo y la humedad inicialmente disponible.

En base a esta información y con el apoyo del software Cropwat, se calculó el requerimiento hídrico, presentándose así la Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29 correspondientemente; más esto no es considerado como la demanda hídrica pues es necesario incluir la eficiencia de riego, y de

acuerdo a lo visto en campo el riego se da por gravedad e inundación, siendo su eficiencia de 40 %, es así que se tiene la Tabla 30 donde se consigna la demanda hídrica para riego de manera mensual, donde anualmente se requiere 54.41 Mm³ (millones de metros cúbicos), en promedio de 4.53 Mm³, un máximo de 10.93 Mm³ en noviembre y un mínimo de 0.42 Mm³ en el mes de febrero.

5.3. Demanda hídrica por consumo humano del distrito

La demanda hídrica para consumo poblacional se determinó en base a la población futura de los distritos de Chongos Bajo y Yanacancha, considerando la tasa de crecimiento considerado por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI, 2019) y un periodo de retorno de 20 años, mediante el método geométrico; siendo así en la Tabla 32 se muestra la población en los distritos de Chongos Bajo (4688 habitantes) y Yanacancha (2769 habitantes), con una tasa de crecimiento de 0 % y 1.06 %, lo cual resulta con un periodo de diseño de 20 años, una población de 4688 y 8640 habitantes, para luego con los datos de la Tabla 31 se calculó la cantidad de agua necesaria para abastecer a los distritos de Chongos Bajo y Yanacancha, tal como se especifica en la Tabla 32; no obstante, en la Tabla 33 se especifica la demanda hídrica por consumo humano, donde anualmente es de 487804.80 m³ y un promedio de 40650.40 m³.

5.4. Disponibilidad hídrica

Para la disponibilidad hídrica, fue necesario considerar la oferta hídrica superficial de la según la Tabla 18, calculada en el numeral 4.1.4, y la demanda hídrica por riego (calculada en el numeral 4.2.7) y consumo población (determinada en el numeral 4.3) según se muestra en la Tabla 34. Asimismo, en la Figura 8 se muestra la comparación entre la oferta hídrica y la demanda hídrica total (por riego y consumo humano); donde es claro que la primera es mayor a lo que se requiere.

Finalmente, en la Tabla 35 se especifica la resta de la oferta hídrica con la demanda hídrica, donde se obtuvo que no existe déficit de recurso en ninguno de los meses, más por el contrario, anualmente se tiene 383.58 Mm³ de recurso hídrico disponible, un promedio de 31.96 Mm³, una máxima de 152.72 Mm³ en el mes de febrero y un mínimo de 0.86 Mm³ en el mes de agosto (ver Figura 10).

CONCLUSIONES

1. La disponibilidad hídrica del río Cunas para la demanda de consumo humano de los distritos de Chongos Bajo y Yanacancha, es de 383.58 Mm³ anualmente, un promedio de 31.96 Mm³, una máxima de 152.72 Mm³ en el mes de febrero y un mínimo de 0.86 Mm³ en el mes de agosto., con lo cual se podrá satisfacer la demanda hídrica, para consumo humano.
2. La oferta hídrica total del río Cunas es 438.48 Mm³ (millones de metros cúbicos), promedio de 36.54 Mm³, un máximo de 153.17 Mm³ (mes de febrero) y mínimo de 3.90 Mm³ (mes de agosto). La que será suficiente para los fines y objetivos de la investigación.
3. La demanda hídrica por riego en las zonas colindantes al río Cunas, considerando una eficiencia del 40 %, por contar con un sistema de riego por gravedad; donde anualmente se requiere 54.41 Mm³ (millones de metros cúbicos), en promedio de 4.53 Mm³, un máximo de 10.93 Mm³ en noviembre y un mínimo de 0.42 Mm³ en el mes de febrero. La demanda hídrica que abastece el río Cunas por consumo humano anualmente es de 487804.80 m³ y un promedio de 40650.40 m³, esto considerando la población en los distritos de Chongos Bajo (4688 habitantes) y Yanacancha (2769 habitantes), una tasa de crecimiento de 0 % y 1.06 %, considerando un periodo de diseño de veinte años satisficará los objetivos de la población de 4688 y 8640 habitantes.

RECOMENDACIONES

1. Para el cálculo de los datos meteorológicos se recomienda utilizar los registros de la estación más cercana al área de investigación.
2. El cálculo del coeficiente de escurrimiento se puede realizar por varios métodos, se recomienda comparar los resultados para tener mayor precisión en los cálculos.
3. El programa CLIMWAT genera datos meteorológicos, pero se recomienda que para los parámetros de precipitación y temperatura se debe utilizar los datos de los registros proporcionados por las estaciones meteorológicas de SENAMHI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFD. (2019). América Latina: El agua...y los problemas. Retrieved from <https://www.afd.fr/es/america-latina-del-agua-y-los-problemas>
- Aguirre, M. (2006). *Modelos matemáticos en hidrología*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Álvarez, J. (2018). *Análisis de la disponibilidad de agua superficial ante escenarios de oferta y demanda en la cuenca del río San Antonio, provincia de Córdoba* (Universidad Nacional de Córdoba). Retrieved from https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/8896/Tesis_Maestria_Alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Batres, I., & Gómez, L. (2014). *Balance hídrico y análisis de calidad del agua en la cuenca del río San Antonio, municipio de Nejapa, departamento de San Salvador*. Universidad de El Salvador.
- BBC. (2018, January 22). *Las razones de la escasez del agua en el mundo*. p. 1. Retrieved from <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/razones-escasez-agua-mundo-noticia-490577#targetText=Es probable que en una,agua no alcance para todos&targetText=Casi dos millones de personas,por falta de agua potable.&targetText=Más del 97%25 del agua,y capas>
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (Segunda; L. Gaona, Ed.). México: Pearson Educación.
- Canaza, M., & Gamarra, E. (2017). *Alteración de los caudales del río Asmayacu por la presencia de los fenómenos del Niño y de la Niña en los últimos 30*

años para la determinación de las probables zonas de inundación en la cuenca Asmayacu-Curahuasi. Universidad Andina del Cusco.

Carlos, G., & Grijalva, R. (2012). Riesgos de escasez de agua en la ciudad de Huancato al año 2030. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 1, 1. Retrieved from <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/42/41>

Carrazón, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego* (p. 2018). p. 2018. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-at787s.pdf>

Chalán, R. (2018). *Disponibilidad hídrica empleando información climática de la cuenca río Azufre, distrito de La Encañada* (Universidad Nacional de Cajamarca). Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2580>

Del Cid, A., Sandoval, R., & Sandoval, F. (2007). *Investigación. Fundamentos y metodología* (Primera; H. Rivera, Ed.). México: Pearson Educación.

FAO. (2000). *Manual CROPWAT*. 64.

FAO. (2020). Necesidades de agua de riego. Retrieved from <http://www.fao.org/aquastat/es/data-analysis/irrig-water-use/conclusions/>

Google Earth. (2019). Google Earth Pro. Retrieved from <https://www.google.es/earth/download/gep/agree.html>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta; J. Mares, Ed.). México: McGRAW-HILL.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta; J. Mares, Ed.). México: McGRAW-HILL.

INEI. (2019). Sistema de difusión de los censos nacionales. Retrieved from

<http://ineidw.inei.gob.pe/ineidw/#>

- Izabá-Ruiz, R., & García, D. (2018). Estimación de la disponibilidad hídrica superficial en la microcuenca del río Mapachá, San Lorenzo, Boaco. *Revista Científica Agua y Conocimiento*, 3(2411 0027), 23–27. Retrieved from <https://revistacira.unan.edu.ni/index.php/AyC/article/view/70/59>
- Julcamoro, J. (2017). *Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río El Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel - Cajamarca, 2017*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Maderey, L. (2005). *Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico*. Mexico D.F.: Instituto de Geografía.
- Mamani, W. (2015a). *Generación de descargas medias mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Mamani, W. (2015b). *Generación de descargas medias mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz*. Universidad Nacional del Altiplano.
- MINAGRI. (2003). *Estudio de inventario de fuentes de agua superficiales en la cuenca del río Yauca*. Lima.
- MINAM. Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. , El Peruano § (2017).
- Montero-Sánchez, E., Herrera-Murillo, J., & Ramírez-Granada, P. (2019). Sensibilidad y escenarios de disponibilidad de agua para consumo humano en la microcuenca del río Porrosatí, Heredia, Costa Rica. *Revista Geográfica*

de América Central, 62(1011-484X), 81–103. Retrieved from <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/11262/143>
84

Moya, P. (2000). *Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado* (Primera). Lima - Perú: Universidad San Martín de Porres.

MVCS. (2010). *Reglamento Nacional de Edificaciones* (Tercera; Empresa Editora Macro E.I.R.L., Ed.). Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Ortiz, O. (2015). *Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Pizarro, J. (2010). *Gestión de la demanda y oferta de agua de riego en el ámbito de la irrigación SISA-San Martín*. Universidad Nacional de Trujillo.

Silva, H. (2016). *Análisis del recurso hídrico a partir de la disponibilidad y seguridad hídrica para el desarrollo rural sostenible del distrito de Lares, Cusco* (Pontificia Universidad Católica del Perú). Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8464>

Terán, C. (2014). *Volumen de agua aprovechable en la microcuenca del río Tres ríos, usando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz validado, para los años hidrológico 2008 - 2012*. Universidad Nacional de Cajamarca.

Tito, D. (2018). *Generación de caudales medios mensuales de la cuenca del río Coata utilizando el modelo hidrológico de Lutz Scholz*. Universidad Peruana Unión.

Tuñoque, A. (2018). *Plan de aprovechamiento hídrico para el uso multisectorial del agua - valle del río Nepeña* (Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo).

Retrieved

from

<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3616/BC-TES-TMP-2423.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valdez, J. (2019, March 22). *Día mundial del agua: gota a gota el mundo se agota*. p. 1. Retrieved from <https://larepublica.pe/mundo/1435407-escasez-agua-causas-consecuencias-problematica-mundial-atmp/>

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de consistencia

Título de la investigación: “Análisis de la disponibilidad hídrica del río Cunas para la demanda por consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es la disponibilidad del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cuál es la oferta hídrica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca? b) ¿Cuál es la demanda hídrica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca?</p>	<p>Objetivo general: Determinar la disponibilidad del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.</p> <p>Objetivos específicos: a) Determinar la oferta hídrica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca. b) Determinar la demanda hídrica del río Cunas para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.</p>	<p>Hipótesis general: La disponibilidad hídrica del río Cunas satisficará la demanda para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.</p> <p>Hipótesis específicas: a) La oferta hídrica del río Cunas, será suficiente para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca. b) La demanda hídrica del río Cunas, será satisfecha para consumo humano del distrito de Yanacancha y Chongos Bajo, Chupaca.</p>	<p>Variable independiente: Disponibilidad hídrica.</p> <p>Variable dependiente: Demanda para consumo humano.</p>	<p>- Oferta hídrica.</p> <p>- Demanda hídrica</p> <p>- Demanda hídrica por riego.</p> <p>- Consumo</p>	<p>-Cambio climático.</p> <p>- Precipitación efectiva</p> <p>- Coeficiente de escurrimiento</p> <p>Evapotranspiración</p> <p>Escorrentía</p> <p>Infiltración</p> <p>Número de habitantes</p> <p>Dotación</p> <p>Tasa de crecimiento poblacional</p>	<p>Método general: Método científico.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel: Explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p> <p>Población: Corresponderá al río Cunas, que abarca la provincia de Chupaca del departamento de Junín.</p> <p>Muestra: Corresponderá al tramo del río Cunas comprendido desde la laguna Runapahuañunan hasta la quebrada Aguapuasín, que abarca los distritos de Yanacancha y Chongos Bajo, provincia de Chupaca del departamento de Junín.</p>

**ANEXO N° 02: DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN
VIQUES**

Tabla 37. Precipitación promedio mensual según la estación Viques.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1965	55.41	278.30	123.20	18.60	1.00	**	1.00	0.50	30.50	0.40	18.80	7.40
1967	5.10	35.60	31.92	2.80	0.93	**	1.30	1.23	2.41	2.70	1.10	2.30
1968	9.40	3.70	26.61	1.60	0.21	**	3.20	1.50	1.30	4.60	9.50	5.80
1970	35.60	24.00	5.96	4.04	**	0.02	0.02	0.82	7.41	5.50	2.86	18.10
1973	421.01	515.01	128.72	28.31	0.01	0.90	0.01	1.01	1.60	13.60	5.90	52.50
1974	32.30	241.60	9.90	2.12	**	3.90	0.80	1.00	0.11	1.30	2.80	3.21
1978	49.12	37.30	22.40	24.70	5.01	2.50	**	0.40	8.70	21.40	123.00	351.60
1981	46.30	64.10	299.30	6.50	2.50	1.00	**	1.60	17.40	33.30	150.80	220.30
1982	56.20	242.73	145.13	2.84	**	0.02	**	1.00	34.90	10.80	30.90	16.80
1988	**	**	65.30	22.10	3.90	7.20	1.00	11.30	10.00	30.30	33.80	104.80
1990	212.50	136.70	81.80	14.60	110.20	136.70	7.30	31.10	74.00	158.30	234.30	130.90
1992	130.70	163.90	144.20	44.60	**	14.40	96.10	35.00	8.00	83.00	25.50	9.10
1996	226.00	85.90	66.50	22.21	**	5.81	0.01	10.00	50.50	32.20	49.00	72.20
1997	126.30	134.50	74.30	34.10	4.90	0.02	21.10	11.70	69.90	41.30	38.71	139.10
1998	123.30	123.20	23.80	22.50	**	2.70	**	10.40	5.60	112.30	69.00	34.90
1999	89.40	167.00	59.20	29.70	**	3.40	5.80	**	36.10	22.90	50.70	46.80
2000	82.30	99.00	89.30	18.30	13.00	2.80	5.80	35.10	36.10	68.40	34.20	84.30
2001	163.70	103.80	143.10	29.30	23.00	**	23.60	8.80	53.50	116.90	47.00	104.60
2002	121.40	127.90	81.30	19.60	**	1.10	20.80	**	41.60	72.40	98.20	51.20
2003	75.40	166.30	129.30	43.00	14.20	**	**	7.40	30.40	26.00	79.90	90.80
2004	22.00	135.30	67.10	40.50	25.80	23.50	11.10	14.20	29.60	33.00	52.30	97.30
2005	54.10	76.20	61.80	21.20	11.90	**	**	17.50	32.40	108.00	51.10	80.60
2006	131.70	81.00	87.80	34.80	**	4.40	**	27.70	21.60	51.80	39.90	110.30
2009	87.80	57.50	118.90	39.90	22.10	**	5.80	21.40	9.90	59.00	83.10	171.80
2010	150.00	89.50	103.50	38.00	**	22.10	38.00	6.80	15.40	33.10	59.20	188.60
2011	202.60	300.10	180.70	96.70	17.30	**	8.40	11.00	69.40	53.40	56.00	128.60
2012	115.50	203.80	92.10	122.10	21.00	19.70	5.60	6.20	55.70	42.90	42.20	144.50
2013	105.40	152.40	77.80	9.00	18.30	15.20	5.80	**	45.10	50.50	19.90	130.10
Promedio	108.54	142.46	90.75	28.35	16.40	13.37	12.50	10.99	28.54	46.05	53.92	92.80

Tabla 38. Temperatura máxima según la estación Viques.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2000	18.47	19.44	18.46	19.67	20.43	20.71	19.61	19.71	21.17	**	**	**
2003	19.36	19.47	18.86	19.35	20.18	21.09	20.78	21.45	19.93	19.72	20.27	18.78
2004	21.83	20.66	19.74	21.32	21.83	19.83	20.19	19.72	20.40	20.64	21.84	20.02
2005	21.46	21.36	20.80	21.34	22.39	21.02	21.33	21.39	21.62	21.08	23.10	19.59
2006	19.37	19.43	19.38	20.28	21.32	21.00	20.72	20.50	21.24	20.92	20.50	21.27
2007	20.91	21.02	19.18	19.84	21.18	20.89	20.55	21.09	19.72	20.58	20.67	20.49
2008	18.94	19.33	19.44	21.89	21.20	21.21	21.71	21.55	20.97	20.55	22.21	21.38
2009	20.07	19.48	18.88	19.96	21.17	20.95	20.19	21.36	22.00	21.71	21.08	19.83
2010	19.95	20.27	20.55	20.83	22.33	20.77	21.98	22.04	21.71	22.15	21.94	19.34
2011	18.20	17.93	18.17	19.51	20.34	21.25	20.36	21.25	20.76	21.70	22.31	19.06
2012	19.96	19.80	18.76	19.23	20.62	20.36	20.76	21.08	20.51	21.63	22.07	19.99
2013	20.25	19.72	20.07	21.84	20.91	19.84	19.15	20.63	21.04	21.05	22.06	19.66
Promedio	19.90	19.82	19.36	20.42	21.16	20.74	20.61	20.98	20.92	21.07	21.64	19.95

Tabla 39. Temperatura mínima según la estación Viques.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2000	7.93	8.46	7.16	4.64	2.75	2.91	1.81	4.46	4.63	7.04	4.77	6.76
2001	8.00	8.32	7.98	3.94	3.29	1.00	3.36	1.09	5.91	7.85	7.92	6.85
2002	7.18	6.74	7.23	6.12	3.27	2.91	4.76	3.50	6.08	6.40	6.90	6.78
2003	6.96	7.58	7.29	5.62	4.89	2.18	2.45	5.63	5.16	3.59	3.24	7.57
2004	8.09	8.41	7.80	5.33	3.22	2.09	3.94	4.18	6.88	7.57	7.07	8.29
2005	7.27	9.14	8.38	6.69	3.45	0.35	1.12	2.05	6.64	7.79	7.65	8.71
2006	7.39	7.36	7.82	6.14	1.43	3.64	0.04	4.70	5.83	7.38	8.05	8.11
2007	8.81	8.30	8.38	6.12	3.81	1.80	3.47	3.02	5.38	5.52	6.45	7.07
2008	8.99	7.02	6.19	4.75	2.19	2.36	2.29	3.57	4.87	7.07	7.60	7.55
2009	7.84	8.54	7.82	6.88	4.65	2.96	3.27	4.86	6.37	6.57	8.47	8.40
2010	8.55	8.61	8.78	6.15	4.43	3.27	1.42	2.24	6.06	6.61	7.14	8.56
2011	8.03	8.48	8.27	6.00	4.39	1.90	1.59	2.91	7.34	7.39	7.86	7.92
2012	7.66	8.17	7.66	6.99	4.40	2.66	27.90	2.60	4.93	7.16	7.79	9.08
2013	8.42	8.78	8.34	5.52	4.66	4.97	2.74	3.75	5.33	8.00	6.96	8.50
Promedio	7.94	8.14	7.79	5.78	3.63	2.50	4.30	3.47	5.82	6.85	6.99	7.87

Mes	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Mes	T° mín. (°C)	T° máx. (°C)	Humedad (%)	Viento (km/día)	Insolación (horas)	Rad (MJ/m²/día)	Eto (mm/día)
Enero	108.5	89.7	Enero	7.9	19.9	74	86	5.7	19	3.56
Febrero	142.5	110	Febrero	8	19.8	78	130	5.6	18.8	3.50
Marzo	90.7	77.5	Marzo	7.8	19.4	78	86	5.4	17.8	3.25
Abril	28.3	27	Abril	5.8	20.4	72	43	6.6	18	3.13
Mayo	16.4	16	Mayo	3.6	21.2	66	43	7.3	17.2	2.87
Junio	13.4	13.1	Junio	2.5	21	55	43	8.5	17.6	2.74
Julio	12.5	12.3	Julio	4.3	21	54	130	7.9	17.4	3.25
Agosto	11	10.8	Agosto	3.5	21	55	130	7.1	17.9	3.45
Septiembre	28.5	27.2	Septiembre	5.8	21	62	173	6.6	18.9	3.78
Octubre	46	42.6	Octubre	6.8	21.1	64	173	7.1	20.9	4.10
Noviembre	53.9	49.3	Noviembre	7	21.6	63	173	6.6	20.4	4.18
Diciembre	92.8	79	Diciembre	7.9	19.9	69	86	6.4	20.1	3.75
Total	644.5	554.5	Promedio	5.9	20.6	66	108	6.7	18.7	3.47

Mes	Precipitación			Contribución de la retención				Caudales generados	
	Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto		Abastecimiento		mm/mes	m ³ /s
		PE Caso-III p=60.3 mm/mes	PE (mm/mes)	b _i	G _i (mm/mes)	a _i	A _i (mm/mes)		
Enero	108.54	67.68	67.68	0.69	0.1	0.21	0.4	67.5	33.72
Febrero	142.46	114.89	114.89	0.71	0.1	0.35	0.6	114.4	61.13
Marzo	90.75	45.43	45.43	0.69	0.1	0.14	0.2	45.3	22.66
Abril	28.35	6.22	6.22	0.70	0.1	0.02	0.0	6.3	3.27
Mayo	16.40	3.91	3.91	0.69	0.1	0.01	0.0	4.0	2.01
Junio	13.37	3.30	3.30	0.70	0.1	0.01	0.0	3.4	1.77
Julio	12.50	3.12	3.12	0.69	0.1	0.01	0.0	3.2	1.62
Agosto	10.99	2.78	2.78	0.69	0.1	0.01	0.0	2.9	1.46
Septiembre	28.54	6.26	6.26	0.70	0.1	0.02	0.0	6.4	3.29
Octubre	46.05	11.33	11.33	0.69	0.1	0.03	0.1	11.4	5.70
Noviembre	53.92	14.88	14.88	0.70	0.1	0.05	0.1	14.9	7.72
Diciembre	92.80	47.80	47.80	0.69	0.1	0.15	0.3	47.7	23.83
Anual	644.66	327.59	327.59	8.36	1.72	1.00	1.72	327.59	168.17
Promedio	53.72	27.30	27.30	0.70	0.14	0.08	0.14	27.30	14.01
Máximo	142.46	114.89	114.89	0.71	0.15	0.35	0.60	114.43	61.13
Mínimo	10.99	2.78	2.78	0.69	0.14	0.01	0.01	2.91	1.46

Cultivos base	Área (Has)		Meses												Cultivos de rotación	Área (Ha)	%
	Área	%	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
Maíz	997.91	29.00%	997.91	997.91	997.91	997.91						997.91	997.91	997.91			
Trigo	722.62	21.00%	722.62	722.62	722.62	722.62	1651.71	1651.71	1651.71	1651.71	1651.71	722.62	722.62	722.62	Alfalfa	1651.7136	48%
Papa	653.80	19.00%	653.80	653.80	653.80	653.80						653.80	653.80	653.80			
Cebada	481.75	14.00%	481.75	481.75	481.75	481.75						481.75	481.75	481.75			
Zanahoria	240.87	7.00%	240.87	240.87	240.87	240.87	1169.96	1169.96	1169.96	1169.96	1169.96	240.87	240.87	240.87	Avena	1169.9638	34%
Arveja	137.64	4.00%	137.64	137.64	137.64	137.64						137.64	137.64	137.64			
Habas	103.23	3.00%	103.23	103.23	103.23	103.23						103.23	103.23	103.23			
Quinoa	103.23	3.00%	103.23	103.23	103.23	103.23	619.39	619.39	619.39	619.39	619.39	103.23	103.23	103.23	Cebada	619.3926	18%
Cultivo (Ha)	3441.07	100%	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07		3441.07	100%

Requerimientos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Déficit de precipitación (mm)												
Maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	34.5	95.2	52
Trigo	28.1	4.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papa	11.6	0	0	0	0	0	0	0	14.6	41.3	88.3	52.8
Cebada	36.1	3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.5
Zanahoria	0	0	0	0	0	0	0	34.3	67.5	88.5	39.5	0
Arveja	13.6	0	0	0	0	0	0	0	0	11.3	38.6	42.6
Habas	0	0	0	0	0	0	0	16.9	53.4	100.8	62.8	2.8
Quinua	0	0	19.7	18.4	0	0	0	0	0	0	0	0
Req. Netos sistema												
en mm/día	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.9	1.7	1
en mm/mes	13.7	1.4	0.6	0.6	0	0	0	2.9	9.9	27.5	50.6	30.1
en l/s/h	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0.04	0.1	0.2	0.11
Area Irrigada (% del área total)	58	35	3	3	0	0	0	10	58	62	62	69
Req.de riego area real (L/s/h)	0.09	0.02	0.07	0.07	0	0	0	0.11	0.07	0.17	0.31	0.16
Área	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07
Requerimiento (m ³)	829490.57	166492.73	645159.33	624347.74	0.00	0.00	0.00	1013821.81	624347.74	1566815.52	2764968.57	1474649.90

Requerimientos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Déficit de precipitación (mm)												
Alfalfa	13.8	0	17.2	58.7	31.3	19.2	25.7	30.6	16.9	23.9	63.7	31.4
Avena	2.2	0	8.9	50.8	57.4	40.6	63.6	72.2	61	55.2	47	17.8
Cebada	0	0	0	0	0	0	11.5	81.4	97.4	71.1	0.3	0
Req. Netos sistema												
en mm/día	0.2	0	0.4	1.5	1.1	0.8	1.2	1.7	1.5	1.4	1.6	0.7

en mm/mes	7.4	0	11.3	45.5	34.5	23	36	53.9	46.4	43	46.6	21.1
en l/s/h	0.03	0	0.04	0.18	0.13	0.09	0.13	0.2	0.18	0.16	0.18	0.08
Area Irrigada (% del área total)	82	0	82	82	82	82	100	100	100	100	100	82
Req.de riego area real (L/s/h)	0.03	0	0.05	0.21	0.16	0.11	0.13	0.02	0.18	0.16	0.18	0.1
Área	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07	3441.07
Requerimiento (m ³)	276496.86	0.00	460828.09	1873043.22	1474649.90	981117.88	1198153.05	184331.24	1605465.62	1474649.90	1605465.62	921656.19

ANEXO N° 03: PANEL FOTOGRÁFICO

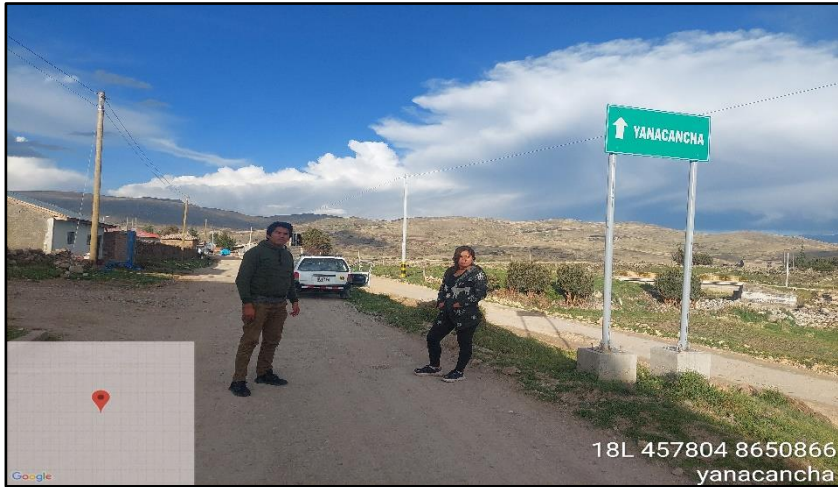


FOTO N° 01: INGRESO AL AREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO.



FOTO N° 02: INSTALACION DEL EQUIPO TOPOGRAFICO.



FOTO N° 03: INICIO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL AREA DE ESTUDIO.



FOTO N° 04: LEVANTMIENTO DEL BORDE DEL AREA DE ESTUDIO DE LA LAGUNA RUNAPAHUAÑINAN EN TIEMPOS DE ESTIAJE.



FOTO N° 05: REALIZACIÓN DE LA LIMITACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.



FOTO N° 06: VISTA PANORAMICA DEL NACIMIENTO DEL RÍO CUNAS.



FOTO N° 07: CAMBIO DE PUNTO DE ESTACIÓN PARA FINALIZACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.



FOTO N° 08: INICIO DEL LEVANTAMIENTO EL RIO CUNAS.



FOTO N° 09: LEVANTAMIENTO DEL RIO CUNAS EN EL PUNTO MEDIO DEL RIO CUNAS.



FOTO N° 10: CAMBIO DE PUNTO DE ESTACIÓN PARA FINALIZACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL RIO CUNAS.



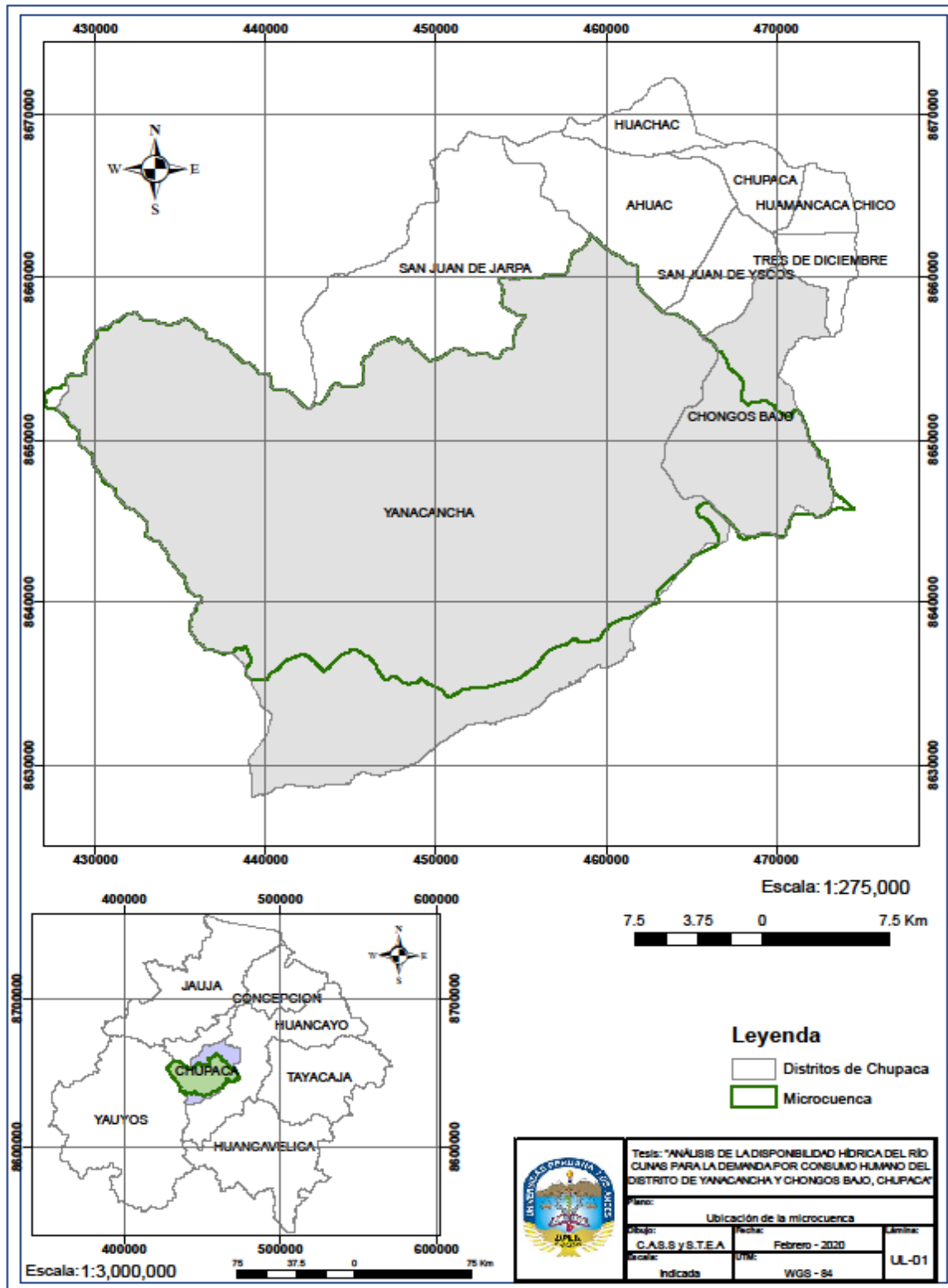
FOTO N° 11: AFORO DEL RIO CUNAS.



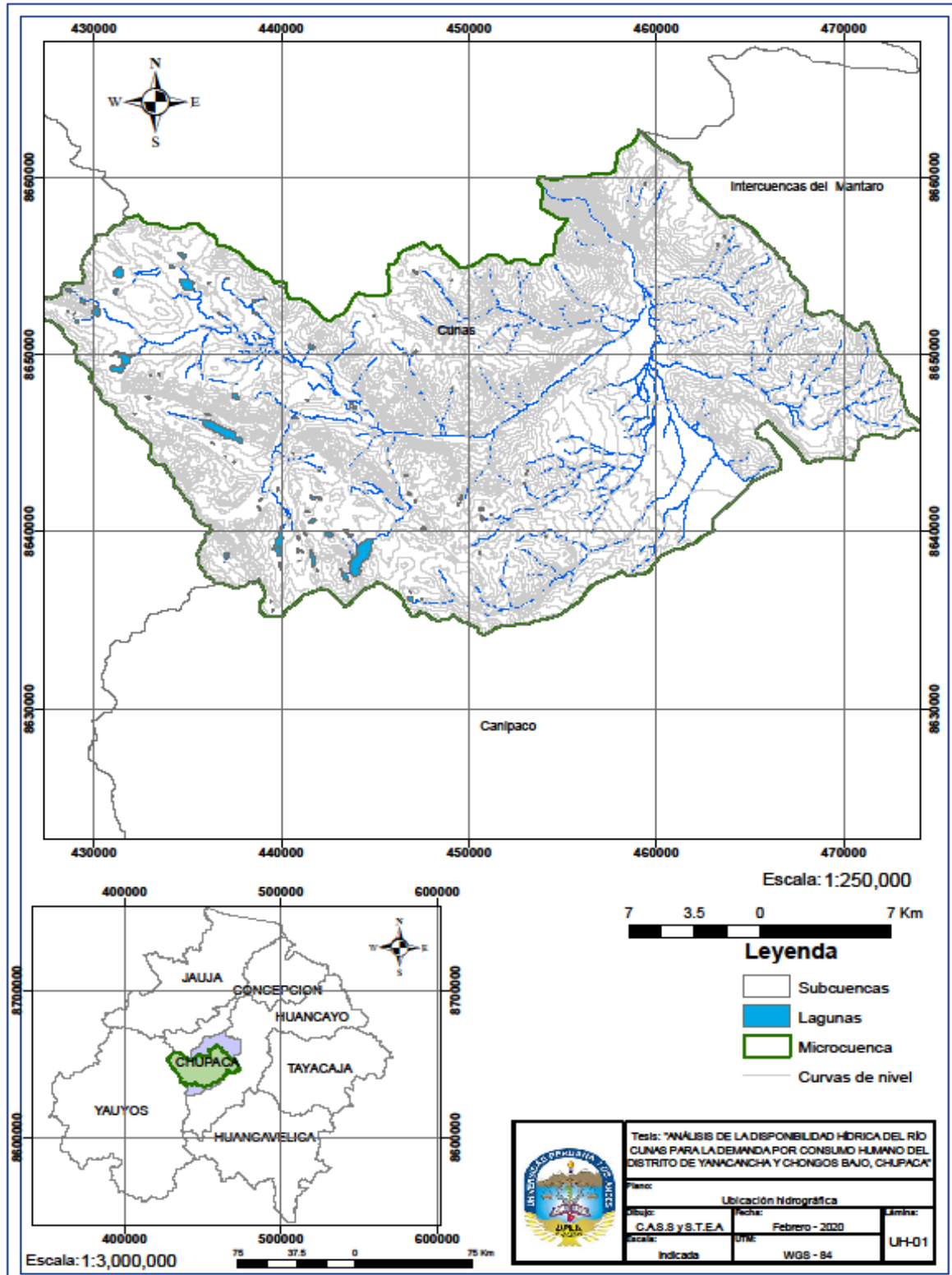
FOTO N° 12: CULMINACIÓN DEL LEVANTIMIENTO TOPOGRAFICO DEL RIO CUNAS.

ANEXO N° 04: PLANOS

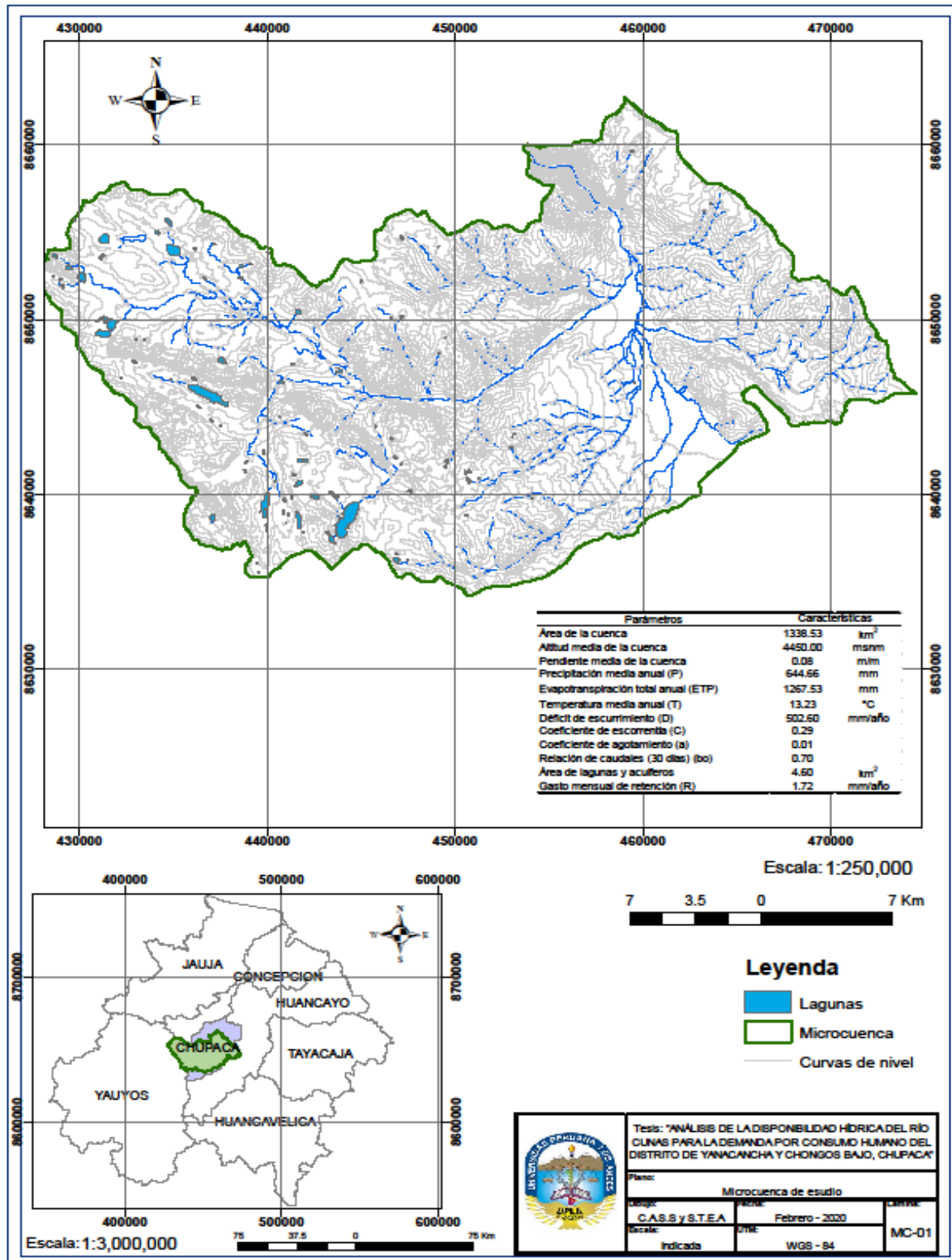
- Ubicación de la microcuenca (UL - 01).
- Ubicación hidrográfica (UH - 01).
- Microcuenca (MC - 01).
- Áreas de riego (AR - 01).
- Precipitación total mensual (PE - 01).
- Temperatura promedio (TE - 01).
- Oferta hídrica (OH - 01).



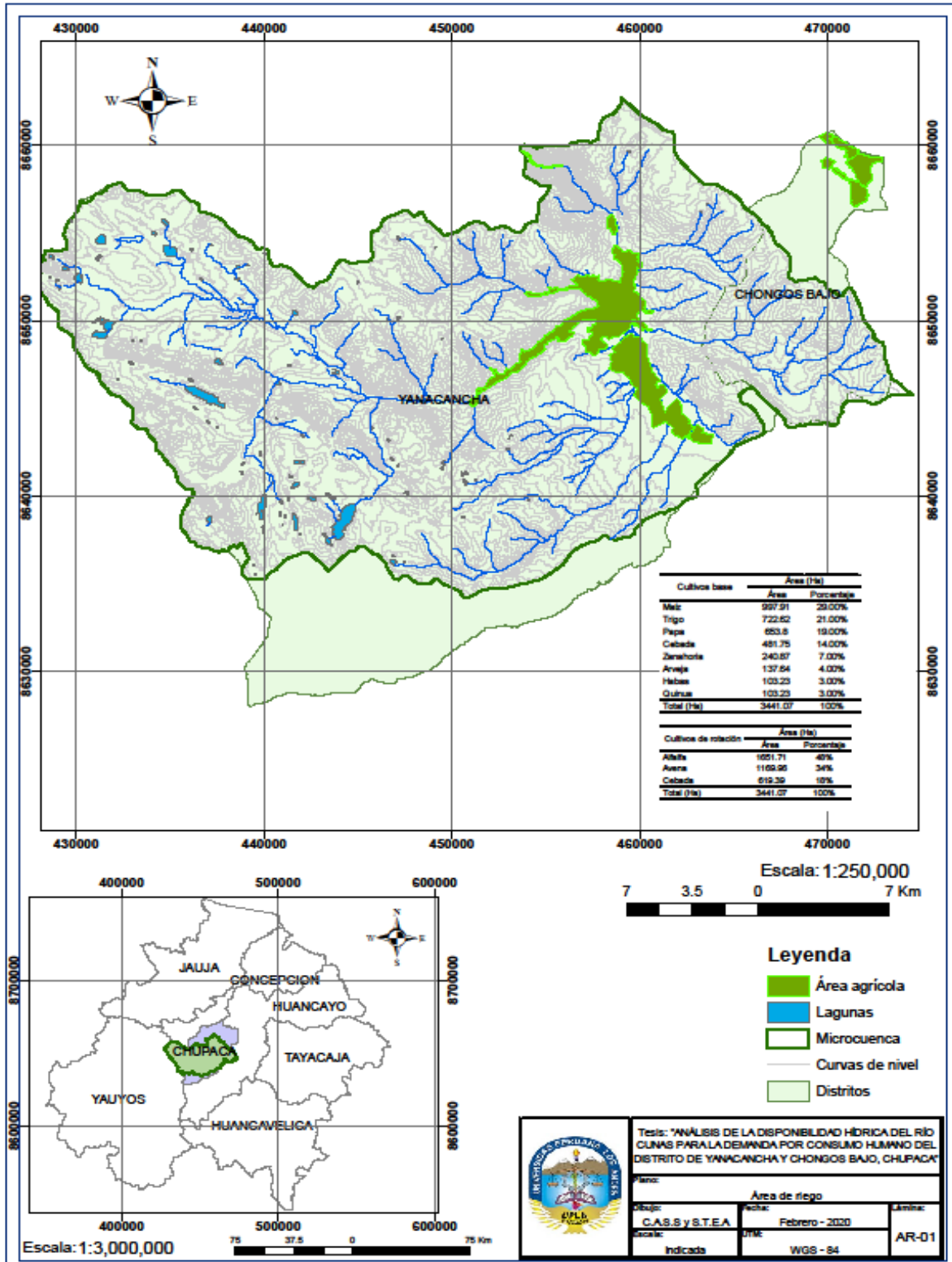
Ubicación de la microcuenca (UL - 01).



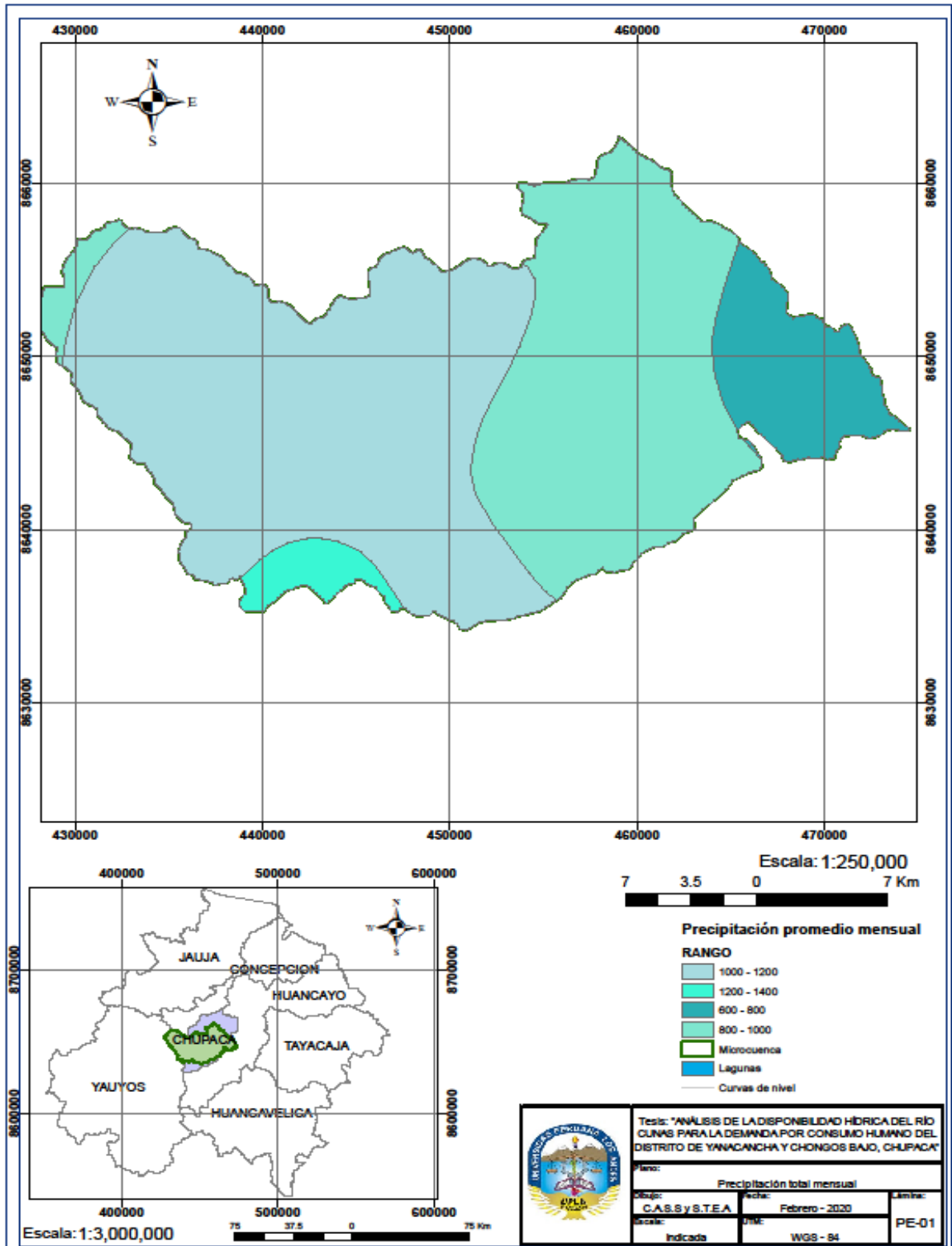
Ubicación hidrográfica (UH - 01).



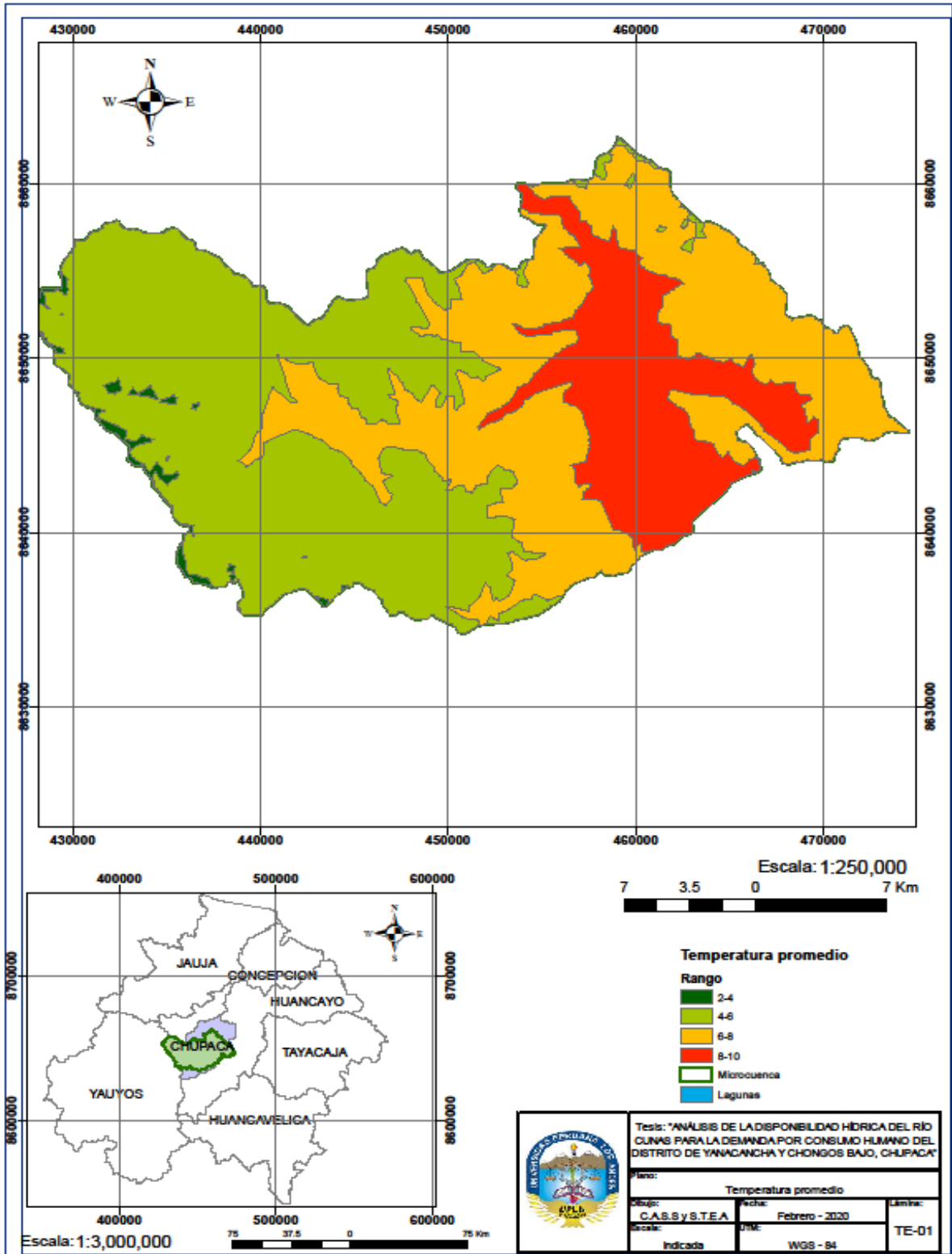
Microcuenca (MC - 01).



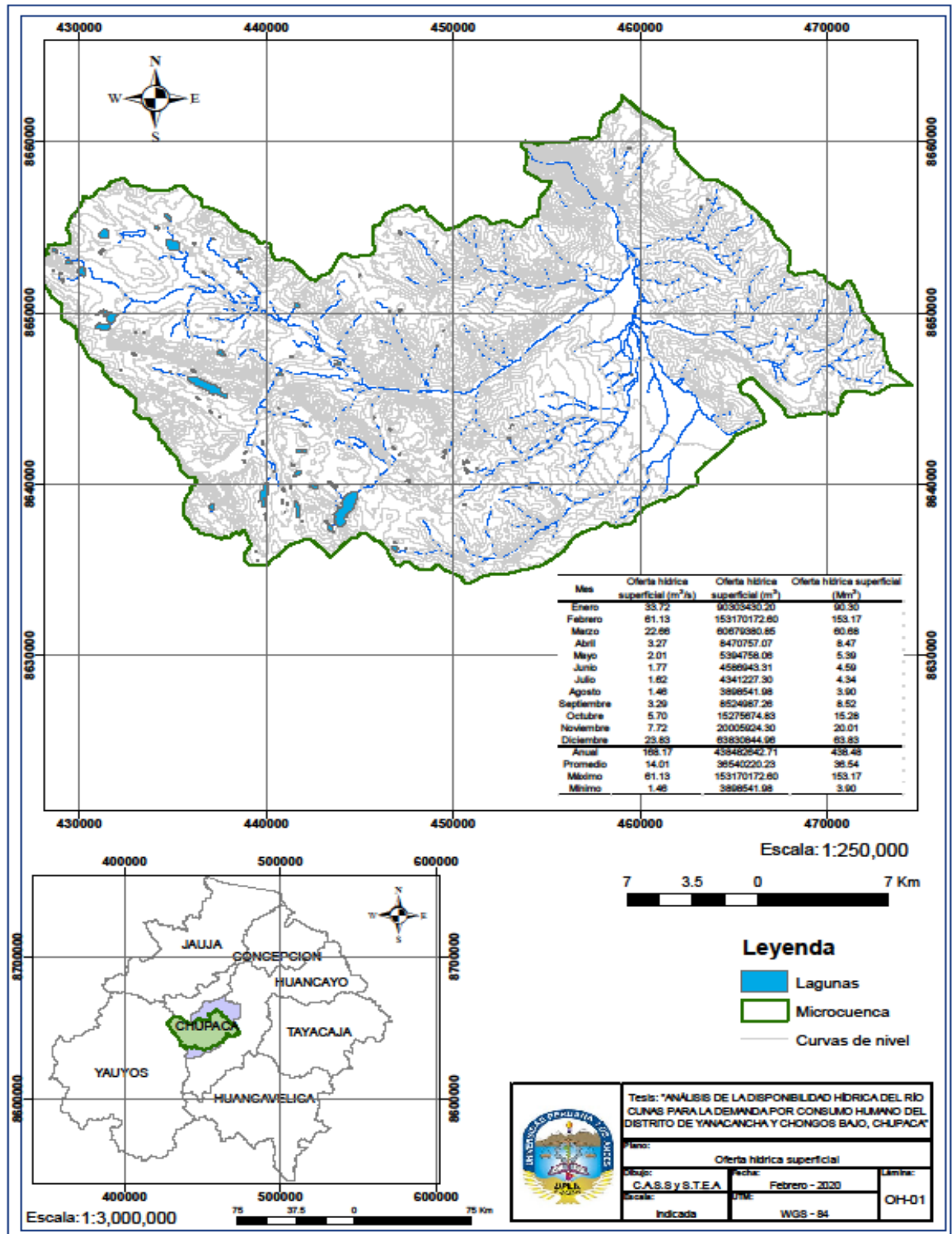
Áreas de riego (AR - 01).



Precipitación total mensual (PE - 01).



Temperatura promedio (TE - 01).



Oferta hídrica (OH - 01).