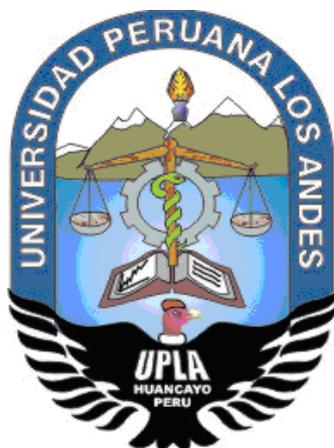


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL PARA LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHANCHAS, HUANCAYO - JUNÍN

Línea de investigación de la Universidad: Salud y gestión de la salud.

Línea de investigación de la escuela profesional: Hidráulica medio ambiente.

PRESENTADO POR:

BACH. RAFAEL GONZALES QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2019

Ing. Juan José Bullón Rosas.

Asesor

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mis hijos y a mis padres por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles que me tocó vivir.

Rafael Gonzales Quispe

Agradecimiento

A Dios y a mis padres por su apoyo incondicional, a mis hijos por ser la fuerza que me motiva a seguir adelante.

Rafael Gonzales Quispe.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Casio Aurelio Torres López.
Presidente

Jurado revisor

Jurado revisor

Jurado revisor

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.
Secretario docente

ÍNDICE

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema	18
1.2. Formulación y sistematización del problema	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Justificación	20
1.3.1. Práctica o social	20
1.3.2. Justificación metodológica	20
1.4. Delimitaciones	20
1.4.1. Espacial	20
1.4.2. Temporal	20
1.5. Limitaciones	20
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	24
2.2. Marco conceptual	27
2.2.1. Balance hídrico	27
2.2.2. Oferta hídrica	27
2.2.3. Demanda hídrica	28
2.2.4. Modelo determinístico estocástico Lutz Scholz	28

2.2.5. Ecuación del balance hídrico	28
2.2.6. Modelamiento hidrológico	29
2.2.7. Demanda hídrica por riego	34
2.2.8. Coeficiente de uso consuntivo del cultivo	34
2.2.9. Uso consuntivo del cultivo, factor Kc ponderado	35
2.2.10. Evapotranspiración de referencia (ET _o)	35
2.2.11. Evapotranspiración de cultivo (ET _c)	36
2.2.12. Requerimiento de agua (mm)	36
2.2.13. Requerimiento volumétrico neto de agua (m ³ /ha/mes)	36
2.2.14. Eficiencia de riego	36
2.2.15. Requerimiento bruto del agua	37
2.2.16. Demanda por consumo poblacional	37
2.2.17. Dotación de agua	38
2.3. Definición de términos	38
2.3.1. Cuenca hidrográfica	38
2.3.2. Ciclo hidrológico	38
2.3.3. Evapotranspiración	38
2.3.4. Modelo hidrológico	38
2.3.5. Índice de escasez	39
2.3.6. Precipitación	39
2.4. Bases Legales	39
2.5. Hipótesis	39
2.5.1. Hipótesis general	39
2.5.2. Hipótesis específicas	39
2.6. Variables	40
2.6.1. Definición conceptual de las variables	40
2.6.2. Definición operacional de las variables	40
2.6.3. Operacionalización de las variables	40

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método investigación	41
3.2. Tipo de investigación	41

3.3. Nivel de investigación	41
3.4. Diseño de investigación	42
3.5. Población y muestra	42
3.5.1. Población	42
3.5.2. Muestra	42
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.6.1. Técnicas	42
3.6.2. Instrumento	43
3.7. Materiales y equipos	43
3.7.1. Material	43
3.7.2. Equipos	43
3.8. Procedimiento de la investigación	43
3.8.1. Información meteorológica	43
3.8.2. Modelo determinístico estocástico Lutz Scholz	47
3.8.3. Oferta hídrica superficial del río Chanchas según aforo	50
3.8.4. Criterios de validación para el caudal aforado y simulado	52
3.8.5. Demanda hídrica por consumo humano	53
3.8.6. Demanda hídrica agrícola por cultivos bajo riego	54
3.8.7. Demanda hídrica agrícola por cultivos sin riego	57
3.9. Procesamiento de la información	60
3.10. Técnicas y análisis de datos	60

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín	61
4.1.1. Oferta hídrica superficial	61
4.1.2. Demanda hídrica por consumo humano	62
4.1.3. Balance hídrico entre oferta y demanda por consumo humano	63
4.2. Oferta hídrica superficial para la demanda agrícola en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín	64
4.2.1. Demanda hídrica agrícola por cultivos bajo riego	64
4.2.2. Demanda hídrica agrícola por cultivos sin riego	65

4.2.3. Balance hídrico entre oferta y demanda agrícola por cultivos bajo riego	65
4.2.4. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos sin riego	66
4.3. Oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín	68
4.3.1. Oferta hídrica superficial	68
4.3.2. Demanda hídrica	68
4.3.3. Balance hídrico superficial	69

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Evaluación de la oferta hídrica para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín	71
---	----

CONCLUSIONES	74
---------------------	-----------

RECOMENDACIONES	75
------------------------	-----------

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
-----------------------------------	-----------

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	79
--	-----------

ANEXO N° 02: INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	81
---	-----------

ANEXO N° 03: CÁLCULO EN CROPWAT	85
--	-----------

ANEXO N° 04: PANEL FOTOGRÁFICO	91
---------------------------------------	-----------

ANEXO N° 05: PLANOS	955
----------------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes para el cálculo de la precipitación efectiva.	29
Tabla 2. Coeficiente de agotamiento según características de la cuenca hidrográfica.	31
Tabla 3. Coeficientes de almacenamiento hídrico (valores de a_i en %).	33
Tabla 4. Eficiencia de riego de acuerdo al sistema de riego.	36
Tabla 5. Operacionalización de las variables.	40
Tabla 6. Precipitación media en la subcuenca del río Chanchas.	44
Tabla 7. Temperatura media en la subcuenca del río Chanchas.	44
Tabla 8. Humedad promedio en la subcuenca del río Chanchas.	45
Tabla 9. Velocidad del viento en la subcuenca del río Chanchas.	45
Tabla 10. Horas de insolación en la subcuenca del río Chanchas.	46
Tabla 11. Radiación en la subcuenca del río Chanchas.	46
Tabla 12. Evapotranspiración en la subcuenca del río Chanchas.	47
Tabla 13. Coeficiente de escurrimiento por el método de Turc.	47
Tabla 14. Coeficiente de escurrimiento por el método de la Misión Alemana.	48
Tabla 15. Principales parámetros de la subcuenca del río Chanchas.	48
Tabla 16. Oferta hídrica superficial del río Chanchas según el método de Lutz Scholz.	49
Tabla 17. Tiempo promedio para el cálculo del caudal del río Chanchas.	51
Tabla 18. Oferta hídrica superficial del río Chanchas según aforo.	51
Tabla 19. Criterio de Schultz para el río Chanchas.	52
Tabla 20. Criterio de Nash – Sucliffe para el río Chanchas.	53
Tabla 21. Características urbanas en la subcuenca del río Chanchas.	53

Tabla 22. Áreas de cultivos bajo riego.	54
Tabla 23. Requerimiento de agua en los cultivos bajo riego.	55
Tabla 24. Requerimiento de agua en los cultivos de rotación bajo riego.	56
Tabla 25. Áreas de cultivos sin riego.	57
Tabla 26. Requerimiento de agua de los cultivos base sin riego.	58
Tabla 27. Requerimiento de agua de los cultivos de rotación sin riego.	59
Tabla 28. Oferta hídrica superficial en la subcuenca del río Chanchas.	61
Tabla 29. Demanda hídrica por consumo humano.	62
Tabla 30. Balance hídrico entre la oferta y demanda por consumo humano.	63
Tabla 31. Demanda agrícola por cultivos con riego.	64
Tabla 32. Demanda agrícola por cultivos sin riego.	65
Tabla 33. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos bajo riego.	65
Tabla 34. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos sin riego.	66
Tabla 35. Oferta hídrica superficial en la subcuenca del río Chanchas.	68
Tabla 36. Demanda hídrica en la subcuenca del río Chanchas.	68
Tabla 37. Balance hídrico superficial en la subcuenca del río Chanchas.	69
Tabla 38. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación meteorológica Viques.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 39. Temperatura máxima mensual de acuerdo a la estación meteorológica Viques.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 40. Temperatura mínimo mensual de acuerdo a la estación meteorológica Viques.	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva generalizada del coeficiente de cultivo	35
Figura 2. Caudales generados según el método Lutz Scholz para el río Chanchas.	50
Figura 3. Sección del tramo inicial de aforo en el cauce del río Chanchas.	50
Figura 4. Sección del tramo final de aforo en el cauce del río Chanchas.	50
Figura 5. Caudales aforados del río Chanchas.	52
Figura 6. Oferta hídrica superficial de la subcuenca del río Chanchas.	62
Figura 7. Balance hídrico entre la oferta y demanda por consumo humano.	63
Figura 8. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos bajo riego.	66
Figura 9. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos sin riego.	67
Figura 10. Balance hídrico superficial en la subcuenca del río Chanchas.	69
Figura 11. Clima y evapotranspiración en la subcuenca del río Chanchas.	86
Figura 12. Precipitación mensual en la subcuenca del río Chanchas.	86
Figura 13. Kc de cultivo de la alfalfa.	87
Figura 14. Kc de cultivo de la arveja.	87
Figura 15. Kc de cultivo de la cebada.	88
Figura 16. Kc de cultivo del haba grano seco.	88
Figura 17. Kc de cultivo del maíz.	89
Figura 18. Kc de cultivo del olluco.	89
Figura 19. Kc de cultivo de la papa.	90
Figura 20. Kc de cultivo del trigo.	90

RESUMEN

La investigación tiene como problema general: ¿Cuál es la evaluación de la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín?, siendo el objetivo general: Evaluar la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín y la hipótesis general que debe contrastarse es: La oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas no es suficiente para cubrir las demandas sobre todo durante los meses de sequía.

El método de investigación es el método científico, el tipo de investigación aplicada, el nivel de investigación es descriptivo y el diseño de investigación es no experimental; la población está dada por la subcuencas que conforman la cuenca del río Mantaro, mientras que la muestra según el método no probabilístico intencional o dirigido, corresponde a la subcuenca del río Chanchas, la misma que alberga los distritos de Huancán, Huayucachi, Sapallanga y Pucará, de la provincia de Huancayo, región Junín.

Como conclusión principal se tiene que, de la evaluación la oferta hídrica superficial es de 6.12 Mm³/mes en promedio mientras que la demanda es de 9.43 Mm³/mes en promedio, haciendo que, la oferta no es suficiente para cubrir las demandas sobre todo durante los meses de abril hasta octubre con un déficit de 83.80 Mm³.

Palabras clave: Oferta hídrica superficial, demanda por consumo humano, demanda por riego, balance hídrico.

ABSTRACT

The research has as a general problem: What is the evaluation of the superficial water supply for the population demand in the sub-basin of the Chanchas River, Huancayo - Junín, being the general objective: To evaluate the surface water supply for the population demand in the Chanchas sub-basin, Huancayo - Junín and the general hypothesis that must be contrasted is: The surface water supply for the population demand in the Chanchas sub-basin is not sufficient to cover the demands especially during the months of drought.

The research method is the scientific method, the type of applied research, the level of research is descriptive and the research design is not experimental; the population is given by the sub-basins that make up the Mantaro river basin, while the sample according to the intentional or directed non-probability method, corresponds to the Chanchas river sub-basin, the same that houses the districts of Huancán, Huayucachi, Sapallanga and Pucará, in the province of Huancayo, Junín region.

The main conclusion is that, from the evaluation, the surface water supply is 6.12 Mm³/month on average while the demand is 9.43 Mm³/month on average, making that the supply is not sufficient to cover the demands especially during the months of April to October with a deficit of 83.80 Mm³.

Key words: Surface water supply, human consumption demand, irrigation demand, water balance.

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: Evaluación de la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín, tiene como objetivo evaluar la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín; para lo cual se realizó en primera instancia el cálculo de la oferta hídrica superficial según el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz procediendo con el aforamiento del caudal del río Chanchas para su respectiva validación del modelo; seguidamente se calculó la demanda hídrica poblacional lo cual comprende la demanda por consumo humano y la demanda por riego.

Para una mejor comprensión, la investigación presenta los siguientes capítulos:

El Capítulo I desarrolla el problema de investigación considerando el planteamiento, formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos.

El Capítulo II se refiere al marco teórico mostrando los antecedentes nacionales e internacionales, marco conceptual, definición de términos, bases legales, hipótesis y variables.

El Capítulo III trata sobre la metodología, resaltando el método, tipo, nivel y diseño de investigación; asimismo, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV describe los resultados en función a los objetivos planteados.

El Capítulo V desarrolla la discusión de los resultados.

Culminando esta investigación están las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Rafael Gonzales Quispe

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Hoy en día el agua es un recurso natural considerado como el más importante y estratégico en todo el mundo, pues la existencia de seres vivos está ligada a su presencia; convirtiéndose así el principal objetivo, el mantener un suministro suficiente de agua de buena calidad (Fuentes, 2011).

La Organización de las Naciones Unidas centra su atención en uno de los problemas que aqueja la humanidad, la escasez de agua destinada al consumo humano y para el desarrollo de actividades productivas; sumado a ello el excesivo crecimiento poblacional, crea situaciones con problemas tanto físicas, técnicas y económicos para la satisfacción de las diversas demandas (Díaz, 2017).

A esto se suma las alteraciones climáticas por el cambio climático que afectan las condiciones hidrológicas, impactando los sistemas de recursos hídricos; siendo necesario evaluar cuánto recurso hídrico se cuenta a fin de determinar la disponibilidad hídrica (León, 2017). Conocer la disponibilidad del recurso hídrico

en las diversas cuencas hidrográficas del Perú es considerado como uno de los mayores retos para el manejo del agua y de los ecosistemas que reculan su ciclo natural; el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú es el encargado de contar con información concerniente a la cantidad y calidad, no obstante, por las limitaciones presupuestarias no logra cubrir el territorio nacional; siendo así que la ausencia de estudios relacionados no permite la distribución racional del recurso hídrico (Tapia, 2016).

El estudio de del balance hídrico, permite al planificador facilitar y controlar el crecimiento sostenible de la demanda, respondiendo a lineamientos de implementación de políticas de protección de cuencas hidrográficas (Duque, 2011).

En la subcuenca del río Chanchas, se muestra la problemática donde los principales usos del recurso hídrico corresponde al abastecimiento doméstico y riego de vegetales; donde en los meses de estiaje se presenta un déficit de agua debido a la actividad agrícola bajo riego (ZEE, 2015); siendo por lo tanto, importante el determinar el balance hídrico de esta subcuenca para la toma de decisiones en cuento a su distribución racional.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la evaluación de la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la oferta hídrica superficial para la demanda por consumo humano en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín?

- b) ¿Cuál es la oferta hídrica superficial para la demanda por riego en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

La investigación contribuye a resolver un problema real que aqueja a la sociedad, el cual es el desconocimiento de la cantidad de recurso hídrico con el que se cuenta en la subcuenca del río Chanchas, a fin de contribuir en la toma de decisiones para su distribución racional.

1.3.2. Justificación metodológica

Con la investigación deja un conjunto de procedimientos propios lo cual contribuirá en el desarrollo de investigaciones similares.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación se realizó en la subcuenca del río Chanchas, la misma que alberga parte de los distritos de Huancán, Huayucachi, Sapallanga y Pucará de la provincia de Huancayo, región Junín.

1.4.2. Temporal

La investigación se realizó durante el mes de diciembre de 2018 y de enero hasta febrero de 2019.

1.5. Limitaciones

- Limitada información hidrometeorológica.
- Factor económico.
- El difícil acceso a la zona de estudio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la oferta hídrica superficial para la demanda por consumo humano en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín.
- b) Calcular la oferta hídrica superficial para la demanda por riego en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tapia (2016) realizó la investigación: “Balance hídrico usando un modelo hidrológico distribuido en la unidad hidrográfica río Pindo, provincias de Loja y El Oro, Ecuador”, planteando como objetivo general obtener el balance hídrico para conocer la disponibilidad de agua en el río Pindo cabecera de la unidad hidrográfica binacional Puyango – Tumbes con apoyo del modelo hidrológico distribuido TETIS, para lo cual utilizó información concerniente a la precipitación, temperatura, caudal, tipo de cobertura, características y morfología del suelo a fin de simular los procesos de intercepción, infiltración, evapotranspiración, percolación, interflujo y flujo base; asimismo, examinó los procesos del ciclo hidrológico relacionados con la cantidad de agua realizando varias simulaciones en el periodo 1975 a 2008 y un análisis de frecuencia de caudales, además analizó la variabilidad climática para establecer la influencia en la variabilidad hidrológica en el río Pindo; siendo así que obtuvo como resultados que, la

infiltración e interflujo afectan directamente el proceso de escorrentía total, siendo el interflujo el mayor flujo de salida en la zona de estudio. La influencia de variabilidad climática se presenta en estaciones de la zona alta y baja del Río Pindo con aumento de temperaturas y precipitaciones, sin embargo no existe variabilidad hidrológica, estos resultados pueden concluirse a que la unidad de estudio esta amortiguando los cambios producidos.

Batres y Gómez (2014) realizaron la investigación: “Balance hídrico y análisis de calidad del agua en la cuenca del río San Antonio, municipio de Nejapa, departamento de San Salvador”, estableciéndose como objetivos el determinar el caudal del cauce principal de la cuenca del río San Antonio, en base a la capacidad de infiltración de las diferentes formaciones geológicas, estudiar la calidad del agua de la cuenca, realizar la medición de los parámetros de calidad del agua en campo y proponer un programa de monitoreo de la cantidad y calidad del recurso hídrico de la cuenca; para el cumplimiento de los mismos, en primera instancia recopilaron datos meteorológicos (para el cálculo de la evapotranspiración potencial del método Thornthwaite), luego realizaron pruebas de campo para el cálculo de la infiltración y también consideraron el aforo del río; las conclusiones a las que llegaron fueron que, en un periodo de 7 años se presenta un déficit en la recarga con un promedio de 16.73 Hm^3 anuales que se extraen del acuífero y no son recuperados en la recarga anual, si esta tendencia se mantiene, la cuenca estará experimentando una disminución en las reservas subterráneas las cuales actualmente cuentan en promedio con un aproximado de 2300 Hm^3 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).

Fuentes (2011) realizó la investigación: “Estimación del recurso hídrico superficial en el pico de Tancítaro, Michoacán: Oferta, Demanda y Escenarios de Disponibilidad”, estableciendo como objetivo general estimar la disponibilidad del agua superficial en el Pico de Tancítaro y formular escenarios de disponibilidad en función de la demanda social, para su cumplimiento midió los volúmenes de arroyos en las salidas de las cuencas utilizando un molinete de copas y mediante la técnica del flotador, tanto en época de lluvias y en épocas secas durante dos años y medio; como resultados obtuvo que la oferta de agua es de 43.1 millones de m³ por año; las conclusiones a la que llegó fue que, en la actualidad se cuenta con mayor volumen en la oferta en comparación a la demanda, representando que la problemática del agua en Tancítaro se ve relacionado con la administración, puesto que, el uso y manejo es deficiente, lo que podría generar una crisis de agua superficial por la ausencia de políticas estatales y municipales para el uso sustentable del agua.

2.1.2. Antecedentes nacionales

León (2017) realizó la investigación: “Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura, considerando la incidencia del cambio climático”, considerando como objetivos: realizar el análisis de sensibilidad para obtener un buen rendimiento en la calibración y validación del modelo en condiciones actuales, seleccionar y caracterizar los escenarios de cambio climático para la cuenca media y alta del río Piura y simular la evapotranspiración referencial (Eto) para los escenarios de cambio climático; para el cumplimiento de los mismos utilizó el modelo

hidrológico Soil and Water Assessment Tool (SWAT) a fin de investigar el comportamiento hidrológico futuro en la cuenca media y alta del río Piura, este modelo fue calibrado y validado para un periodo de 23 años (1986 - 2008) obteniendo valores de Nash-Sutcliffe (NSE) y coeficientes de determinación superiores al 75 %, indicando un desempeño óptimo; los resultados a los que llegó muestran que la tendencia promedio del total de proyecciones indica para el periodo húmedo un aumento de la escorrentía de 71.8 %, que representa un aproximado de 55.9 m³/s; ocurriendo los mayores incrementos en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Por otro lado, el periodo seco disminuye en un 66.1 %, que representa una disminución aproximada de 12 m³/s ocurriendo los mayores descensos en los meses de julio, agosto y setiembre.

Esteban (2016) realizó la investigación: “Evaluación de los recursos superficiales en la microcuenca de Yarumayo – Huánuco”, para lo cual estableció como objetivo evaluar los recursos hídricos superficiales en la microcuenca de Yarumayo, siendo así que evaluó las características morfométricas, meteorológicas, disponibilidad y uso potencial del agua y el balance hídrico; en la morfometría obtuvo un área de 416.58 km², un perímetro de 104.20 km, coeficiente de compacidad de 1.43, una longitud axial de 23.78 km, un ancho promedio de 17.52 km, altura media fue de 3731 msnm y la pendiente media de 22.29 %, la red hídrica estableció 5 ordenamientos donde identificó 39 manantiales, 15 riachuelos, 5 ríos y 12 lagunas; la longitud de los cauces presentó 505.73 km y la pendiente de 2.07 %. Las características meteorológicas fueron generadas a partir de la estación Jacas Chico. El caudal promedio generado fue de 3135.78 L/s (3.14 m³/s) teniendo el mayor caudal en el mes de

febrero con 5768.23 L/s (5.77 m³/s), la mayor demanda de agua obtuvo el cultivo de maíz amiláceo con 22049 m³/s/ha/campaña. El balance hídrico, demuestra que existe un déficit hídrico a excepción del mes de setiembre, por lo que recomienda el almacenamiento en espejos de agua.

Díaz (2017) realizó la investigación: “Determinación de la disponibilidad hídrica superficial mediante balance hídrico en la cuenca del río Cumbaza – San Martín, 2016”, siendo así que planteó como objetivo determinar la disponibilidad hídrica superficial mediante balance hídrico en la cuenca del río Cumbaza, la investigación la realizó en dos etapas: de campo para la recolección de datos, tanto para la oferta como para la demanda hídrica, luego la etapa de gabinete que consistió en el procesamiento de los datos, utilizando el método de regresión múltiple para completar algunos datos faltantes, luego realizó un análisis de consistencia para comprobar la confiabilidad de los datos; asimismo, utilizó el software ArcGis para la creación de los mapas y cálculo de algunas variables, y también el software Lutz Schoolz para el cálculo de la oferta hídrica, para posteriormente realizar el balance hídrico de la cuenca con los valores recolectados de los demandantes de la cuenca. Como resultados obtuvo que, la cuenca del río Cumbaza presenta un área de 571.2 km², con una forma oval oblonga a rectangular oblonga, con tendencias a crecidas lentas y sostenidas, teniendo como cota mínima a 200 msnm y máxima de 1800 msnm. Además, establece que, la cuenca del río Cumbaza presenta precipitación durante los 12 meses del año, con una precipitación media anual de 1487.5 mm. En cuanto a la oferta hídrica promedio es de 5.37 m³/s y una demanda promedio de 3.13 m³/s, concluyendo que, se tiene un superávit promedio en la cuenca del río Cumbaza

de 2.28 m³/s, además existe un superávit hídrico en todos los meses del año con un mínimo de 1.14 m³/s en el mes de agosto y un máximo de 3.72 m³/s en el mes de enero.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Balance hídrico

Viene a ser la diferencia entre la oferta y la demanda hídrica durante un mismo período de tiempo; este periodo puede ser un día, un mes o un año; asimismo, el cálculo del balance hídrico exige un estudio previo de variables hidrometeorológicas, como la precipitación, temperatura, evapotranspiración, entre otras (Esteban, 2016).

El balance hídrico aplica el principio de conservación de masa a una cierta región de volumen conocido, definida por unas condiciones de frontera, durante un período de tiempo; siendo así que, la diferencia en las entradas de agua y las salidas de agua debe ser igual al cambio en el almacenamiento (Batres y Gómez, 2014).

Según Tapia (2016), el balance hídrico es una herramienta útil para la planeación y manejo del recurso hídrico, donde el ciclo del agua implica un cambio continuo de grandes masas de agua en sus diversos estados y su transporte de un lugar a otro.

2.2.2. Oferta hídrica

Corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre; la cuantificación de la escorrentía superficial, es la estimación de la oferta de agua superficial de una cuenca hidrográfica. El conocimiento del caudal de un río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico corresponde a variables que influyen en la estimación de la oferta hídrica superficial; asimismo, cabe

señalar que al existir información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca hidrográfica (Díaz, 2017).

2.2.3. Demanda hídrica

La demanda hídrica es la suma de las demandas de agua provenientes de la población (doméstica), el medio ambiente (representado por el caudal ecológico necesario para la preservación del ecosistema acuático de los cuerpos de agua), la agrícola, la pecuaria, la turística y recreativa (Duque, 2011).

2.2.4. Modelo determinístico estocástico Lutz Scholz

Corresponde a un modelo hidrológico que se combina con una estructura determinística para el cálculo de caudales mensuales para el año 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; dentro de los parámetros más importantes son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento (Mamani, 2015).

2.2.5. Ecuación del balance hídrico

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

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

Donde:

CM_i : caudal mensual (mm/mes).

P_i : precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes).

D_i : déficit de escurrimiento (mm/mes).

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

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

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

2.2.6. Modelamiento hidrológico

De acuerdo a ministerio De Agricultura (2010) se tiene los siguientes:

La precipitación efectiva viene dada por:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Donde:

PE : Precipitación efectiva mensual (mm/mes).

P : Precipitación total mensual (mm/mes).

a_i : Coeficiente del polinomio.

a_0 : 0

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

a_i	Curva I	Curva II	Curva III
a_0	- 0.018	- 0.021	- 0.028
a_1	-0.0185	0.1358	0.2756
a_2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a_3	-1204 E-8	4349 E-8	5534 E-8
a_4	144 E-9	-89.0 E-9	124 E-9
a_5	-285 E-12	-879 E-13	-142 E-11

Fuente: Ministerio de Agricultura (2010).

De acuerdo a ello se tiene:

$$PE = C_1PEI + C_2PEII$$

Donde:

PE : precipitación efectiva mensual.

PEI : precipitación efectiva mensual de la curva I.

PEII : precipitación efectiva mensual de la curva II.

C₁ y C₂ : coeficientes (C₁ + C₂ = 1)

Luego se determina, los coeficientes C₁ y C₂ de manera que la suma de ambas precipitaciones anuales multiplicados por sus coeficientes respectivos sea igual al producto del coeficiente de escurrimiento C y de la precipitación total anual P.

$$PE = C.P$$

Donde:

C : coeficiente de escurrimiento.

P : precipitación total anual.

Al igualar las ecuaciones se tiene:

$$C_1 = \frac{C \sum P - \sum PE_{II}}{\sum PE_I - \sum PE_{II}}$$

$$C_2 = \frac{C \sum P - \sum PE_I}{\sum PE_{II} - \sum PE_I}$$

La retención en la cuenca se fundamenta en las siguientes:

$$R_i = CM_i - PE_i$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

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

CM_i : caudal mensual (mm/mes).

PE_i : precipitación efectiva mensual (mm/mes).

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

A_i : abastecimiento de la retención de la cuenca (mm/mes).

R_i : G_i para valores mayores de cero (mm/mes).

R_i : A_i para valores menores de cero (mm/mes).

El coeficiente de agotamiento (a) se basa en cuatro ecuaciones para cuatro clases de cuencas hidrográficas, esto según las características de las mismas:

Tabla 2. Coeficiente de agotamiento según características de la cuenca hidrográfica.

Ecuación	Características
$a = -0.00252Ln(AR) + 0.034$	Agotamiento muy rápido, cuencas con temperaturas elevadas mayores a 10 °C y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana (80 mm/año).
$a = -0.00252Ln(AR) + 0.030$	Agotamiento rápido, por la retención en 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna).
$a = -0.00252Ln(AR) + 0.026$	Agotamiento mediano, por retención mediana (alrededor de 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).
$a = -0.00252Ln(AR) + 0.023$	Agotamiento reducido, por alta retención (más de 100 mm/año) y vegetación mezclada.

Fuente: Ministerio de Agricultura (2010).

Donde:

a : coeficiente de agotamiento por día.

AR : área de la cuenca (km^2).

Ln : logaritmo natural o neperiano.

El coeficiente de gasto de la retención, se fundamenta en lo siguiente;

$$b_0 = \frac{Q_t}{Q_0} = e^{-a.t}$$

Donde:

Q_t : descarga en el tiempo t .

Q_0 : descarga inicial.

a : coeficiente de agotamiento.

t : tiempo (número de días del mes).

Siendo así que, el coeficiente de gasto de la retención de la cuenca b_i , es:

$$b_i = b_0$$

$$b_i = e^{-a.t}$$

Donde:

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

e : base del logaritmo neperiano.

El gasto de la retención (G), se calcula según lo siguiente:

$$G_i = \left(\frac{b_i}{\sum_{i=1}^m b_i} \right) x R$$

Donde:

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

R : retención de la cuenca (mm/año).

m : número de meses de estiaje.

b_i : coeficiente de gasto de la retención.

El abastecimiento de la retención de la cuenca (A), se fundamenta según:

$$A_i = a_i R$$

Donde:

A_i : abastecimiento de la retención en el mes i (mm/mes).

a_i : coeficiente de abastecimiento.

R : retención de la cuenca (mm/año).

i : mes del año, de 1 a 12.

El coeficiente de abastecimiento de la retención:

$$a_i = \frac{PE_i}{PE_T}$$

Donde:

a_i : coeficiente de abastecimiento.

PE_i : precipitación efectiva en el mes i (mm/mes).

PE_T : precipitación efectiva total de la cuenca (mm/mes).

De no existir datos de aforo, se puede utilizar la siguiente tabla:

Tabla 3. Coeficientes de almacenamiento hídrico (valores de a_i en %).

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

Fuente: Ministerio de Agricultura (2010).

Por lo tanto, el caudal mensual para el año promedio se tiene:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

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

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

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

A_i : abastecimiento de la retención en el mes i (mm/mes).

De ser el caso, que se requiera la generación de caudales en un periodo extendido, se tiene el proceso Markoviano de primer orden:

$$Q_t = b_1 + b_2 Q_{t-1} + b_3 PE_t + SZ_t \sqrt{1 - R^2}$$

Donde:

Q_t : caudal del mes t .

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

PE_t : precipitación efectiva del mes t .

- S : error estándar del estimado.
- Zt : variable aleatoria normal independiente (0,1) del mes t.
- R2 : coeficiente de determinación múltiple.
- b₁, b₂, b₃ : coeficiente de regresión lineal múltiple.
- b₁ : factor constante (caudal básico).

2.2.7. 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.

2.2.8. Coeficiente de uso consuntivo del cultivo

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2006), el coeficiente que expresa la diferencia entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la superficie del pasto de referencia, este depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada especie y expresa la capacidad de la planta para extraer el agua del suelo en las distintas etapas del período vegetativo.

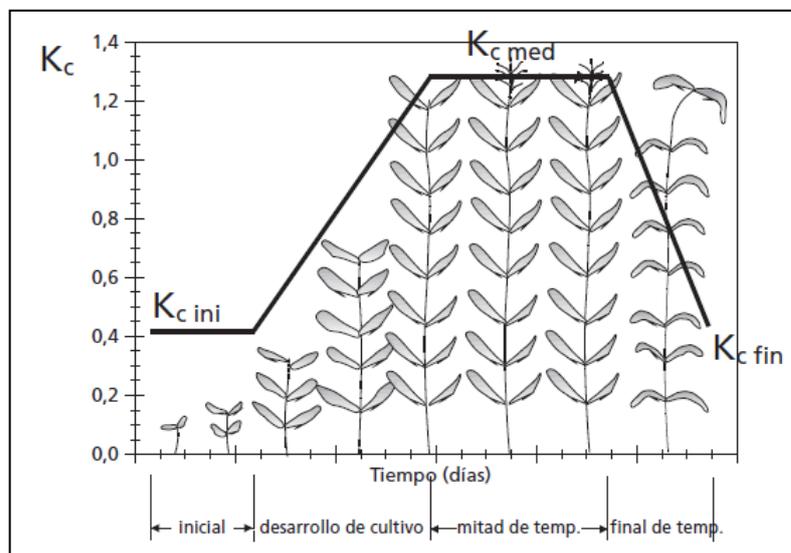


Figura 1. Curva generalizada del coeficiente de cultivo
Fuente: FAO (2009)

2.2.9. Uso consuntivo del cultivo, factor Kc ponderado

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Kc_{pon} = \frac{\sum(AxKc)}{\sum A}$$

2.2.10. Evapotranspiración de referencia (ETo)

Según FAO (2006), es importante contar con un método estándar para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo) en base a información meteorológica.

El método de FAO Penman-Monteith recomienda como el único método para determinar la evapotranspiración de referencia ETo.

$$ET_o = \frac{0.48 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\mu_2)}$$

Donde:

ET_o : evapotranspiración de referencia (mm/día).

R_n : radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻²día⁻¹)

G : flujo del calor del suelo (MJ m⁻²día⁻¹)

T : temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u₂ : velocidad de viento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e_s : presión de vapor de saturación (kPa)

e_a : presión real del vapor (kPa)

e_s – e_a : déficit de presión de vapor (kPa)

Δ : pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)

μ : constante psicométrica (kPa °C⁻¹)

2.2.11. Evapotranspiración de cultivo (ETc)

La FAO (2006), describe de acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo ETc, se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ETo y el coeficiente del cultivo Kc:

$$Etc = Kc * ETo$$

Dónde:

ETc : evapotranspiración de cultivo (mm/día).

Kc : coeficiente del cultivo (adimensional).

ETo : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

2.2.12. Requerimiento de agua (mm)

Es la lámina de agua que se debe aplicar a un cultivo para que sustituya sus necesidades. Se expresa como la diferencia entre la ETc y la precipitación efectiva.

$$\text{Requerimiento de agua} = ETc - P.Efectiva$$

2.2.13. Requerimiento volumétrico neto de agua (m³/ha/mes)

Es el volumen de agua que requiere una hectárea de cultivo.

$$\text{Requerimiento vol. net} = \text{Requerimiento de agua (mm)} \times 10$$

2.2.14. Eficiencia de riego

Indica cuan eficiente se está aprovechando el agua, los valores varían según:

Tabla 4. Eficiencia de riego de acuerdo al sistema de riego.

Método de riego	Rango de eficiencia de aplicación en porcentaje
-----------------	---

Superficial	
Riego tradicional o tendido	10 - 30
Riego en curvas de nivel	30 - 60
Riego por bordes	40 - 80
Riego por surcos	40 - 85
Presurizado	
Riego por aspersión	50 - 90
Riego por microjet	60 - 95
Riego por goteo	65 - 95

Fuente: Dirección General De Infraestructura Agraria Y Riego (2015).

2.2.15. Requerimiento bruto del agua

$$Req.Vol.Bruto = \frac{Req.vol.Neto}{Ef.riego\ proyecto}$$

2.2.16. Demanda por consumo poblacional

Se basa en la dinámica del crecimiento poblacional, la proyección se realiza en base al modelo aritmético o geométrico (Duque, 2011):

$$P_n = P_1 + (P_1 - P_0) \frac{t_n - t_1}{t_1 - t_0}$$

Donde:

P_n : población a proyectar en el año t_n .

P_1 : población en el año t_1 (último censo).

P_0 : población en el año t_0 (penúltimo censo).

$n: t_n - t_1$, $m: t_1 - t_0$, t_1 es el año del censo P_1 y t_0 es el año del censo P_0 .

$$P_g = P_1(1 + r)^n$$

Donde r , es la tasa de crecimiento geométrico:

$$r = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{1/m} - 1$$

Donde:

P_g : es la población a proyectar en el año T_n .

P_1 : población en el año t_1 (último censo).

P_0 : población en el año t_0 (penúltimo censo).

t_1 : año de censo P_1 .

t_0 : año del censo P_0 .

2.2.17. Dotación de agua

De no contar con estudios de consumo, se ha de considerar lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones de acuerdo al tamaño de lote correspondientemente (Ministerio De Vivienda Construcción Y Saneamiento, 2006).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Cuenca 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).

2.3.2. Ciclo hidrológico

Describe el movimiento del agua tanto sobre y debajo de la superficie, en sus diferentes estados: sólidos, líquido y gaseoso (Aliaga, 2017).

2.3.3. Evapotranspiración

Es un proceso por el cual incluye la evaporación del agua desde los cuerpos de agua, suelo desnudo y superficies vegetales, la evaporación del agua contenida en las hojas (transpiración) y la sublimación del hielo en superficies nevadas (León, 2017).

2.3.4. Modelo hidrológico

Es una herramienta que representa el comportamiento de los sistemas hidrográficos y prevé condiciones diferentes a las observadas (Tapia, 2016).

2.3.5. Índice de escasez

Es la relación porcentual entre la demanda y oferta hídrica (Duque, 2011).

2.3.6. Precipitación

Es toda el agua, que de una u otra forma es depositada en la superficie terrestre, dada por la condensación del vapor de agua contenida en la atmósfera (Mamani, 2015).

2.4. Bases Legales

- Ley de recursos hídricos N° 29338.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio De Vivienda Construcción Y Saneamiento, 2006).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

La oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas no es suficiente para cubrir las demandas sobre todo durante los meses de sequía.

2.5.2. Hipótesis específicas

- a) La oferta hídrica superficial no cubre la demanda por consumo humano en la subcuenca del río Chanchas.
- b) La oferta hídrica superficial no cubre la demanda por riego en la subcuenca del río Chanchas.

2.6. Variables

2.6.1. Definición conceptual de las variables

Oferta hídrica, corresponde al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre (Díaz, 2017).

Demanda hídrica, es la suma de las demandas de agua provenientes de la población (doméstica), la agrícola, la pecuaria, la turística y recreativa (Duque, 2011).

2.6.2. Definición operacional de las variables

Oferta hídrica, se determinó en base al modelo determinístico estocástico Lutz Scholz y validado con aforamientos.

Demanda hídrica, se determinó considerando la demanda por consumo humano y la demanda por uso agrícola.

2.6.3. Operacionalización de las variables

Tabla 5. Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Oferta hídrica	Oferta hídrica superficial	Caudal mensual
		Precipitación mensual
		Déficit de escurrimiento
		Gasto de la retención de la cuenca
		Abastecimiento de la retención
Demanda hídrica	Demanda por consumo humano	Población
		Dotación
	Demanda por riego	Uso consuntivo de cultivo
		Evapotranspiración de referencia
		Evapotranspiración de cultivo
		Requerimiento de agua
		Área de cultivo
Eficiencia de riego		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método investigación

Se utilizó el método científico puesto que, los resultados que se obtuvieron de la investigación presentó valor científico, el mismo que podrá ser utilizado como base para futuras investigaciones(Bernal, 2006).

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva esto debido a que, se usó los conocimientos de la investigación pura, siendo así posible la resolución de problemas prácticos tal es el caso del desconocimiento de la oferta hídrica superficial y demanda hídrica poblacional en la subcuenca del río Chanchas, sirviendo para la toma de decisiones.

3.3. Nivel de investigación

Se consideró para la presente investigación un nivel descriptivo; puesto que, se describirá cada uno de las características de la variable de estudio.

3.4. Diseño de investigación

La investigación fue no experimental de corte longitudinal; debido a que, no se manipuló a la variable que participan en la presente investigación; asimismo, se recolectó la información durante 12 meses concernientes al año hidrológico, esto para el aforo del río Chanchas.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Esta dada por la subcuencas que conforman la cuenca del río Mantaro.

3.5.2. Muestra

Según el método no probabilístico intencional o dirigido, corresponde a la subcuenca del río Chanchas, la misma que alberga los distritos de Huancán, Huayucachi, Sapallanga y Pucará, de la provincia de Huancayo, región Junín.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Análisis de documentos

Se hizo uso de artículos científicos, tesis, libros, revistas y demás; para obtener datos relacionados con la variable oferta hídrica superficial y demanda hídrica poblacional (consumo humano y riego).

La observación de campo no experimental

Se observó atentamente las variables de estudio y a su vez se registró correspondientemente para su posterior análisis; en este caso en el aforo del río Chanchas (para la oferta hídrica) y los diversos cultivos que se presentan tanto bajo riego y sin riego (para la demanda poblacional).

3.6.2. Instrumento

Se utilizó una ficha de campo para el aforo del río Chanchas, esto en base a los fundamentos de la hidráulica.

3.7. Materiales y equipos

3.7.1. Material

- Cuadernos de campo.
- Bolígrafos.

3.7.2. Equipos

- Nivel.
- Wincha de 50 m.
- Flotador.
- Mira milimétrica.
- G.P.S.
- Flexómetro.

3.8. Procedimiento de la investigación

3.8.1. Información meteorológica

En primera instancia se recolectó información meteorológica de la estación Viques, que se ubica en:

- Latitud : 12° 9' 47"
- Longitud : 75° 14' 7"
- Cota : 3186 msnm

Esta información se especifica en los siguientes:

Precipitación media

Tabla 6. Precipitación media en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Precipitación media (mm)
Enero	108.80
Febrero	134.24
Marzo	97.84
Abril	29.13
Mayo	10.06
Junio	7.33
Julio	7.14
Agosto	7.35
Septiembre	26.46
Octubre	48.17
Noviembre	54.26
Diciembre	79.53

Fuente: SENAMHI (2017).

En la tabla se muestra la precipitación media en la subcuenca del río Chanchas mostrándose que, los meses de noviembre hasta marzo corresponden a los meses más lluviosos.

Temperatura media

Tabla 7. Temperatura media en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Temperatura media (°C)
Enero	17.08
Febrero	16.67
Marzo	16.54
Abril	16.55
Mayo	16.43
Junio	14.28
Julio	14.31
Agosto	15.30
Septiembre	15.88
Octubre	14.73
Noviembre	14.90
Diciembre	14.72

Fuente: SENAMHI (2017).

En la tabla se muestra la temperatura media en la subcuenca del río Chanchas mostrándose que, las temperaturas medias mínimas se dan en los meses de junio a diciembre.

Humedad promedio

Tabla 8. Humedad promedio en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Humedad promedio (%)
Enero	68.00
Febrero	69.00
Marzo	69.00
Abril	66.00
Mayo	57.00
Junio	50.00
Julio	52.00
Agosto	51.00
Septiembre	55.00
Octubre	56.00
Noviembre	59.00
Diciembre	66.00

Fuente: SENAMHI (2017).

La Tabla 8 muestra la humedad promedio de la subcuenca del río Chanchas.

Velocidad del viento

Tabla 9. Velocidad del viento en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Viento (km/día)
Enero	78.00
Febrero	104.00
Marzo	78.00
Abril	69.00
Mayo	78.00
Junio	78.00
Julio	104.00
Agosto	86.00
Septiembre	86.00
Octubre	86.00
Noviembre	69.00
Diciembre	86.00

Fuente: SENAMHI (2017).

En la tabla se muestra las velocidades de viento de manera mensual donde se detalla que, la velocidad máxima se da en los meses de febrero y julio.

Horas de insolación

Tabla 10. Horas de insolación en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Insolación (horas)
Enero	5.50
Febrero	5.80
Marzo	6.10
Abril	6.50
Mayo	7.50
Junio	8.10
Julio	8.20
Agosto	8.00
Septiembre	7.10
Octubre	7.00
Noviembre	7.10
Diciembre	6.20

Fuente: SENAMHI (2017).

En la tabla se detalla las horas de insolación en la subcuenca del río Chanchas siendo durante mayo y setiembre hasta noviembre las de mayores incidencias.

Radiación

Tabla 11. Radiación en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Rad (MJ/m ² /día)
Enero	18.70
Febrero	19.10
Marzo	18.90
Abril	17.90
Mayo	17.50
Junio	17.20
Julio	17.80
Agosto	19.20
Septiembre	19.70
Octubre	20.70
Noviembre	21.10
Diciembre	19.70

Fuente: SENAMHI (2017).

En la Tabla 11 se muestra la radiación correspondiente en la subcuenca del río Chanchas.

Evapotranspiración

Tabla 12. Evapotranspiración en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Eto (mm/día)	Eto (mm/mes)
Enero	3.76	116.56
Febrero	3.86	111.94
Marzo	3.67	113.77
Abril	3.40	102.00
Mayo	3.28	101.68
Junio	3.00	90.00
Julio	3.18	98.58
Agosto	3.50	108.50
Septiembre	3.81	114.30
Octubre	3.94	122.14
Noviembre	3.97	119.10
Diciembre	3.72	115.32

En la tabla se detalla la evapotranspiración calculada para la subcuenca del río Chanchas, esta tanto diaria y mensual; cabe mencionar que esto se calculó de acuerdo al software CROPWAT.

3.8.2. Modelo determinístico estocástico Lutz Scholz

Coefficiente de escurrimiento

Tabla 13. Coeficiente de escurrimiento por el método de Turc.

Parámetro	Valor
Precipitación total anual promedio (mm/año)	610.31
Temperatura media anual (°C)	15.62
Coefficiente de temperatura (L)	880.87
Déficit de escurrimiento (mm/año) (D)	519.52
Coefficiente de escurrimiento (C)	0.15

En la tabla se muestra los parámetros para el cálculo del coeficiente de escurrimiento según el método de Turc, resultando este de 0.15; esto para ser utilizado en el modelo determinístico Lutz Scholz.

Tabla 14. Coeficiente de escurrimiento por el método de la Misión Alemana.

Parámetro	Valor
Precipitación total anual promedio (mm/año)	610.31
Evapotranspiración (mm/año)	1313.89
Coeficiente de escurrimiento (C)	0.26

En la Tabla 14 se detalla los parámetros para el cálculo del coeficiente de escurrimiento según el método de la Misión Alemana, resultando 0.26

Principales parámetros de la subcuenca

Tabla 15. Principales parámetros de la subcuenca del río Chanchas.

Parámetros	Características	
	Área de la cuenca	239.27
Altitud media de la cuenca	3685.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.04	m/m
Precipitación media anual (P)	610.31	mm
Evapotranspiración total anual (ETP)	1313.89	mm
Temperatura media anual (T)	15.62	°C
Déficit de escurrimiento (D)	519.52	mm/año
Coeficiente de escorrentía (C)	0.26	
Coeficiente de agotamiento (a)	0.02	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.62	
Área de lagunas y acuíferos	0.36	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.74	mm/año

En la Tabla 15 se especifica los principales parámetros de la subcuenca del río Chanchas, esto para su utilización en el cálculo de la oferta hídrica superficial.

Oferta hídrica superficial según el modelo determinístico Lutz Scholz

Tabla 16. Oferta hídrica superficial del río Chanchas según el método de Lutz Scholz.

Mes	Precipitación			Contribución de la retención			Caudales generados		
	Total (mm/mes)	Efectiva		Gasto b_i	Abastecimiento			mm/mes	m^3/s
		PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)		G_i (mm/mes)	a_i	A_i (mm/mes)		
Enero	108.80	68.03	68.03	0.37	0.1	0.22	0.2	67.9	6.07
Febrero	134.24	103.66	103.66	0.39	0.1	0.34	0.3	103.5	9.88
Marzo	97.84	53.85	53.85	0.37	0.1	0.18	0.1	53.8	4.80
Abril	29.13	6.38	6.38	0.38	0.1	0.02	0.0	6.4	0.59
Mayo	10.06	2.57	2.57	0.37	0.1	0.01	0.0	2.6	0.23
Junio	7.33	1.90	1.90	0.38	0.1	0.01	0.0	2.0	0.18
Julio	7.14	1.85	1.85	0.37	0.1	0.01	0.0	1.9	0.17
Agosto	7.35	1.90	1.90	0.37	0.1	0.01	0.0	2.0	0.17
Septiembre	26.46	5.83	5.83	0.38	0.1	0.02	0.0	5.9	0.54
Octubre	48.17	12.19	12.19	0.37	0.1	0.04	0.0	12.2	1.09
Noviembre	54.26	15.06	15.06	0.38	0.1	0.05	0.0	15.1	1.39
Diciembre	79.53	33.66	33.66	0.37	0.1	0.11	0.1	33.6	3.01
Anual	610.31	306.89	306.89	4.47	0.74	1.00	0.74	306.89	28.14
Coeficientes	0.15	1.00	1.00						

En la tabla se muestra el cálculo de la oferta hídrica del río Chanchas según el método de Lutz Scholz.

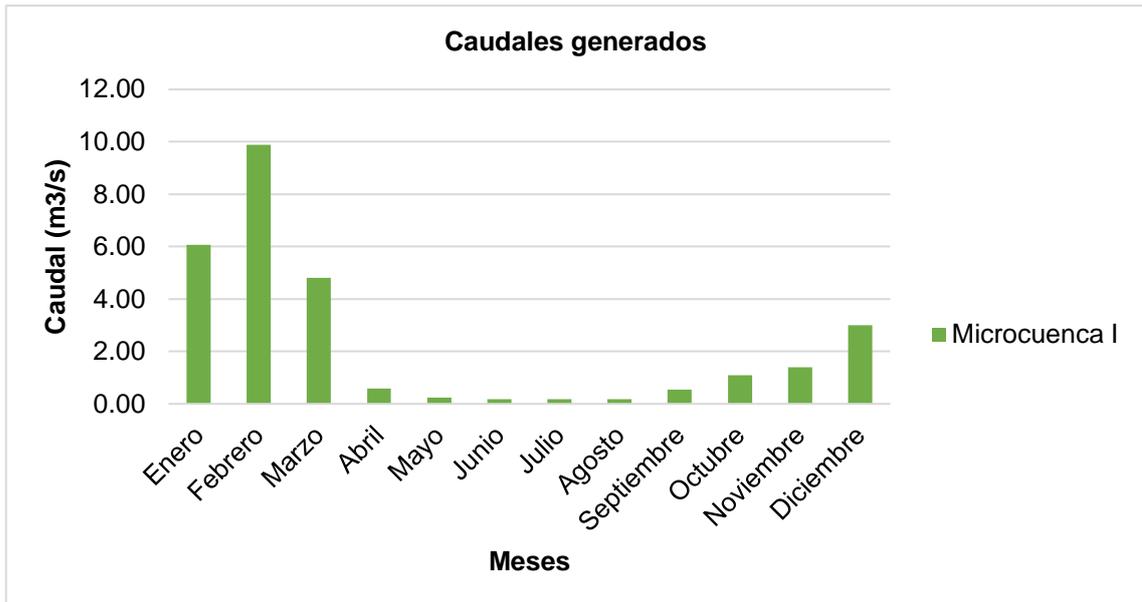


Figura 2. Caudales generados según el método Lutz Scholz para el río Chanchas.

En la figura 2 se representa los caudales generados de acuerdo al método Lutz Scholz para el río Chanchas, siendo los meses de noviembre hasta marzo los meses con mayor caudal.

3.8.3. Oferta hídrica superficial del río Chanchas según aforo

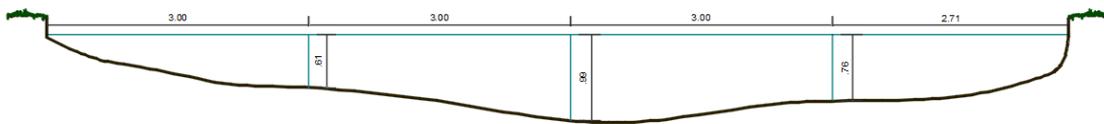


Figura 3. Sección del tramo inicial de aforo en el cauce del río Chanchas.

En la figura 3 se muestra la sección del tramo inicial del cauce del río Chanchas, esto para el aforo del mismo.

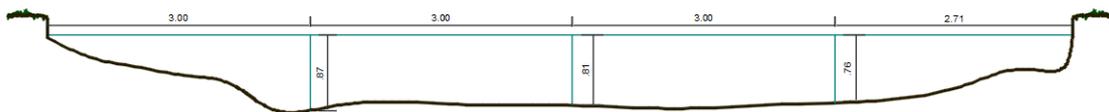


Figura 4. Sección del tramo final de aforo en el cauce del río Chanchas.

En la figura 4 se muestra la sección del tramo final del cauce del río Chanchas ubicado a 7 m del tramo inicial, esto para el aforo del mismo.

Tabla 17. Tiempo promedio para el cálculo del caudal del río Chanchas.

Mes	t ₁ (s)	t ₂ (s)	t ₃ (s)	t ₄ (s)	t ₅ (s)	t _{promedio} (s)
Enero	6.4	6.42	6.39	6.41	6.39	6.40
Febrero	4.2	4.21	4.22	4.2	4.23	4.21
Marzo	8.44	8.43	8.43	8.43	8.42	8.43
Abril	9.2	8.6	8.65	8.69	8.67	8.76
Mayo	8.3	8.32	8.31	8.29	8.32	8.31
Junio	12.3	12.3	12.35	12.32	12.31	12.32
Julio	10.1	10.12	10.11	10.11	10.08	10.10
Agosto	6.3	6.31	6.3	6.31	6.32	6.31
Septiembre	6.3	6.3	6.35	6.32	6.34	6.32
Octubre	5.21	5.22	5.2	5.21	5.21	5.21
Noviembre	6.1	6.12	6.11	6.1	6.11	6.11
Diciembre	10.23	10.21	10.22	10.22	10.21	10.22

En la Tabla 17 se muestra el tiempo promedio del flotador en un tramo de recorrido de 7 m esto de manera mensual, para la determinación del caudal que pasa por el cauce del río Chanchas.

Tabla 18. Oferta hídrica superficial del río Chanchas según aforo.

Mes	Área de la sección 1 (m ²)	Área de la sección 2 (m ²)	Área promedio (m ²)	Longitud (m)	Tiempo promedio (s)	Velocidad promedio (m/s)	Caudal promedio (m ³ /s)
Enero	8.16	7.87	8.02	7.0	6.40	0.82	6.57
Febrero	8.24	7.89	8.07	7.0	4.21	1.25	10.05
Marzo	8.06	7.56	7.81	7.0	8.43	0.62	4.86
Abril	2.56	2.21	2.39	7.0	8.76	0.60	1.43
Mayo	2.64	2.21	2.43	7.0	8.31	0.63	1.53
Junio	2.32	2.17	2.25	7.0	12.32	0.43	0.96
Julio	2.34	2.15	2.25	7.0	10.10	0.52	1.17
Agosto	1.76	1.13	1.45	7.0	6.31	0.83	1.20
Septiembre	2.56	1.89	2.23	7.0	6.32	0.83	1.85
Octubre	2.32	2.17	2.25	7.0	5.21	1.01	2.26
Noviembre	3.34	3.12	3.23	7.0	6.11	0.86	2.78
Diciembre	7.36	6.93	7.15	7.0	10.22	0.51	3.67

En la Tabla 18 se muestra los resultados del aforo mensual del río Chanchas, siendo los meses de noviembre hasta marzo los meses con mayor caudal.

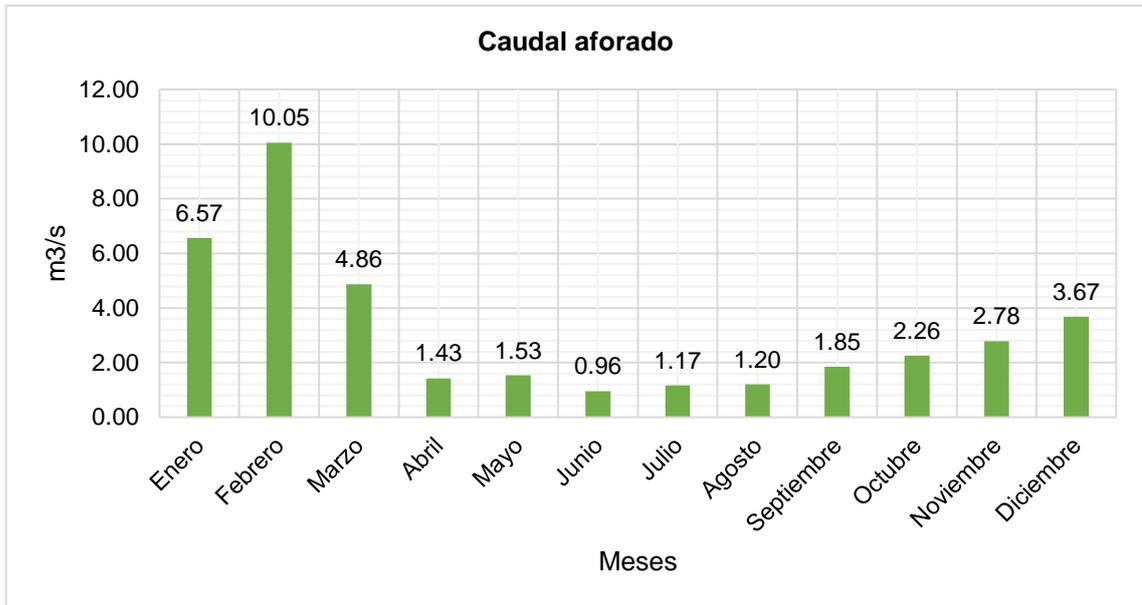


Figura 5. Caudales aforados del río Chanchas.

En la figura 5 se representa los caudales aforados del río Chanchas, donde se muestra que, los meses de noviembre hasta marzo los meses de mayor caudal.

3.8.4. Criterios de validación para el caudal aforado y simulado

Tabla 19. Criterio de Schultz para el río Chanchas.

Mes	Caudal simulado (Q_{sim}) (m³/s)	Caudal aforado (Q_i) (m³/s)	$Q_{sim,i} - Q_i$	$ Q_{sim,i} - Q_i /Q_i$
Enero	6.07	6.57	-0.50	3.32
Febrero	9.88	10.05	-0.17	1.72
Marzo	4.80	4.86	-0.06	0.29
Abril	0.59	1.43	-0.84	1.19
Mayo	0.23	1.53	-1.30	1.99
Junio	0.18	0.96	-0.78	0.74
Julio	0.17	1.17	-1.00	1.16
Agosto	0.17	1.20	-1.03	1.24
Septiembre	0.54	1.85	-1.31	2.41
Octubre	1.09	2.26	-1.17	2.65
Noviembre	1.39	2.78	-1.38	3.84
Diciembre	3.01	3.67	-0.67	2.44
		10.05		23.00
			D:	3.79

En la tabla 19 se muestra el criterio de Schultz entre el caudal simulado y aforado del río Chanchas, resultando este de 3.79 lo cual representa un ajuste bueno.

Tabla 20. Criterio de Nash – Sucliffe para el río Chanchas.

Mes	Caudal simulado (Q_{sim}) (m ³ /s)	Caudal aforado (Q_i) (m ³ /s)	$(Q_{sim,i} - Q_i)^2$	$(Q_i - \bar{Q})^2$
Enero	6.07	6.57	0.25	8.64
Febrero	9.88	10.05	0.03	10.02
Marzo	4.80	4.86	0.00	10.18
Abril	0.59	1.43	0.70	6.23
Mayo	0.23	1.53	1.68	2.28
Junio	0.18	0.96	0.60	6.72
Julio	0.17	1.17	0.99	4.85
Agosto	0.17	1.20	1.06	4.57
Septiembre	0.54	1.85	1.70	2.22
Octubre	1.09	2.26	1.37	3.33
Noviembre	1.39	2.78	1.92	1.64
Diciembre	3.01	3.67	0.44	7.57
		3.19	10.75	68.26
			E:	0.84

En la tabla 20 se muestra el criterio de Nash – Sucliffe entre el caudal simulado y aforado del río Chanchas, resultando este de 0.84 lo cual representa un ajuste excelente.

3.8.5. Demanda hídrica por consumo humano

Tabla 21. Características urbanas en la subcuenca del río Chanchas.

Características urbanas		
Área total:	7299467.18	m ²
Área promedio de lotes:	150.00	m ²
Número de viviendas:	48663.11	ud.
Dotación:	1500.00	L/día
Consumo:	72994.67	m ³ /día

La Tabla 21 muestra las características urbanas en la subcuenca del río Chanchas, tales como el área total del área urbana, el área promedio de lotes, el número de viviendas promedio, la dotación de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones y el consumo diario promedio por la población.

3.8.6. Demanda hídrica agrícola por cultivos bajo riego

Tabla 22. Áreas de cultivos bajo riego.

Cultivos base	Área (Has)		Meses												Cultivos de rotación	Área (Ha)	%
	Mejor.	%	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
Papa	135.14	10.15	135.14	135.14	135.14	256.97	256.97	256.97	256.97	256.97	256.97	135.14	135.14	135.14	Haba de grano seco	256.97	19.30
Olluco	121.83	9.15	121.83	121.83	121.83							121.83	121.83	121.83			
Haba de grano seco	81.56	6.13	81.56	81.56	81.56	81.56	81.56	81.56	81.56	81.56	81.56	81.56	81.56	81.56	Arveja de grano seco	81.56	6.13
Arveja	96.34	7.24	96.34	96.34	96.34	547.8	547.8	547.8	547.8	547.8	547.8	96.34	96.34	96.34	Cebada	547.8	41.14
Maíz	451.46	33.91	451.46	451.46	451.46							451.46	451.46	451.46			
Trigo	213.96	16.07	213.96	213.96	213.96	445.13	445.13	445.13	445.13	445.13	445.13	213.96	213.96	213.96	Olluco	445.13	33.43
Cebada	145.94	10.96	145.94	145.94	145.94							145.94	145.94				
Alfalfa	85.23	6.40	85.23	85.23	85.23							85.23	85.23				
Cultivo (Ha)	1331.46	100	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46		1331.46	100

En la tabla 22 se muestra la totalidad de hectáreas de cultivos bajo riego lo cual involucra un total de 1331.36 hectáreas, divididos entre sembríos de papa, olluco, haba de grano seco, arveja, maíz, trigo y cebada alfalfa, donde los recuadros sombreados corresponden a los cultivos de rotación mientras que, los demás corresponden a los cultivos base.

Tabla 23. Requerimiento de agua en los cultivos bajo riego.

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)												
1. Papa	0	0	12.6	86.9	105.9	76.7	0	0	0	0	0	0
2. Olluco	0	0	20.4	90	101.3	35	0	0	0	0	0	0
3. Haba grano seco	0	0	23.9	79.7	92.5	49	0	0	0	0	0	0
4. Arveja	0	0	0	25.5	77	97.7	67.3	0	0	0	0	0
5. Maíz	0	0	27	95.1	81.8	5	0	0	0	0	0	0
6. Trigo	0	0	17.1	90	97.8	33.7	0	0	0	0	0	0
7. Cebada	0	0	0	68.8	106.4	96.9	52.2	0	0	0	0	0
8. Alfalfa	17.8	0	0	13.4	30.5	29.4	62	95.8	82.6	71.2	62.6	41
Req. Netos sistema												
en mm/día	0	0	0.5	2.6	2.8	1.3	0.5	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
en mm/mes	1.2	0	16.4	78.6	87.9	40.4	14.8	6.7	5.8	5	4.4	2.9
en l/s/h	0	0	0.06	0.3	0.33	0.16	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
Área Irrigada (% del área total)	7	0	75	100	100	100	25	7	7	7	7	7
Req.de riego área real (L/s/h)	0.07	0	0.08	0.3	0.33	0.16	0.22	0.36	0.32	0.27	0.24	0.15
Área	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46
Requerimiento (m ³)	249632.77	0.00	285294.60	1035343.30	1176840.21	552183.09	784560.14	1283825.69	1104366.18	962869.27	828274.64	534927.37

La

Tabla 23 se muestra el requerimiento mensual de agua de los cultivos base bajo riego; siendo los cultivos base: papa, olluco, haba de grano seco, arveja, maíz, trigo, cebada y alfalfa.

Tabla 24. Requerimiento de agua en los cultivos de rotación bajo riego.

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)												
1. Haba grano seco	0	0	23.9	79.7	92.5	49	0	0	0	0	0	0
2. Arveja	0	0	0	25.5	77	97.7	67.3	0	0	0	0	0
3. Cebada	0	0	0	68.8	106.4	96.9	52.2	0	0	0	0	0
4. Olluco	0	0	20.4	90	101.3	35	0	0	0	0	0	0
Req. Netos sistema												
en mm/día	0	0	0.4	2.5	3.2	2.2	0.8	0	0	0	0	0
en mm/mes	0	0	11.5	75.5	100.3	66.8	25.4	0	0	0	0	0
en l/s/h	0	0	0.04	0.29	0.37	0.26	0.1	0	0	0	0	0
Area Irrigada (% del área total)	0	0	53	100	100	100	47	0	0	0	0	0
Req.de riego área real (L/s/h)	0	0	0.08	0.29	0.37	0.26	0.2	0	0	0	0	0
Área	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46	1331.46
Requerimiento (m ³)	0.00	0.00	285294.60	1000831.85	1319487.51	897297.52	713236.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

La Tabla 24 se muestra el requerimiento mensual de agua de los cultivos de rotación bajo riego; siendo los cultivos de rotación: haba de grano seco, arveja, cebada y olluco.

3.8.7. Demanda hídrica agrícola por cultivos sin riego

Tabla 25. Áreas de cultivos sin riego.

Cultivos base	Área (Has)		Meses												Cultivos de rotación	Área (Ha)	%
	Mejor.	%	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
Papa	446.18	10.24%	446.18	446.18	446.18	700.53	700.53	700.53	700.53	700.53	700.53	446.18	446.18	446.18	Haba de grano seco	700.53	16.07%
Olluco	254.35	5.84%	254.35	254.35	254.35							254.35	254.35				
Haba de grano seco	167.56	3.84%	167.56	167.56	167.56	167.56	167.56	167.56	167.56	167.56	167.56	167.56	167.56	167.56	Arveja de grano seco	167.56	3.84%
Arveja	853.86	19.59%	853.86	853.86	853.86	1779.2	1779.2	1779.2	1779.2	1779.2	1779.2	853.86	853.86	853.86	Cebada	1779.2	40.82%
Maíz	925.34	21.23%	925.34	925.34	925.34							925.34					
Trigo	732.65	16.81%	732.65	732.65	732.65	1711.1	1711.1	1711.1	1711.1	1711.1	1711.1	732.65	732.65	732.65	Olluco	1711.1	39.26%
Cebada	644.32	14.78%	644.32	644.32	644.32							644.32					
Alfalfa	334.13	7.67%	334.13	334.13	334.13							334.13					
Cultivo (Ha)	4358.39	100%	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39		4358.39	100%

En la tabla 25 se muestra la totalidad de hectáreas de cultivos sin riego lo cual involucra un total de 4358.39 hectáreas divididos entre los cultivos: papa, olluco, haba de grano seco, arveja, maíz, trigo, cebada, alfalfa, donde los recuadros sombreados corresponden a los cultivos de rotación mientras que, los demás corresponden a los cultivos base.

Tabla 26. Requerimiento de agua de los cultivos base sin riego.

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)												
1. Papa	0	0	12.6	86.9	105.9	76.7	0	0	0	0	0	0
2. Olluco	0	0	20.4	90	101.3	35	0	0	0	0	0	0
3. Haba grano seco	0	0	23.9	79.7	92.5	49	0	0	0	0	0	0
4. Arveja	0	0	0	25.5	77	97.7	67.3	0	0	0	0	0
5. Maíz	0	0	27	95.1	81.8	5	0	0	0	0	0	0
6. Trigo	0	0	17.1	90	97.8	33.7	0	0	0	0	0	0
7. Cebada	0	0	0	68.8	106.4	96.9	52.2	0	0	0	0	0
8. Alfalfa	17.8	0	0	13.4	30.5	29.4	62	95.8	82.6	71.2	62.6	41
Req. Netos sistema												
en mm/día	0	0	0.4	2.3	2.8	1.8	0.8	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
en mm/mes	1.2	0	12	68.9	87.6	54.6	25.6	6.7	5.8	5	4.4	2.9
en l/s/h	0	0	0.04	0.27	0.33	0.21	0.1	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
Área Irrigada (% del área total)	7	0	58	100	100	100	42	7	7	7	7	7
Req.de riego área real (L/s/h)	0.07	0	0.08	0.27	0.33	0.21	0.23	0.36	0.32	0.27	0.24	0.15
Área	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39
Requerimiento (m ³)	817145.82	0.00	933880.94	3050175.66	3852258.89	2372358.84	2684907.71	4202464.24	3615023.00	3151848.18	2711267.25	1751026.77

En la tabla 26 se muestra el requerimiento mensual de agua de los cultivos base sin riego, siendo estos: papa, olluco, haba de grano seco, arveja, maíz, trigo, cebada y alfalfa.

Tabla 27. Requerimiento de agua de los cultivos de rotación sin riego.

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)												
1. Haba grano seco	0	0	23.9	79.7	92.5	49	0	0	0	0	0	0
2. Arveja	0	0	0	25.5	77	97.7	67.3	0	0	0	0	0
3. Cebada	0	0	0	68.8	106.4	96.9	52.2	0	0	0	0	0
4. Olluco	0	0	20.4	90	101.3	35	0	0	0	0	0	0
Req. Netos sistema												
en mm/día	0	0	0.4	2.6	3.3	2.2	0.8	0	0	0	0	0
en mm/mes	0	0	11.8	77.1	101	65.2	24.1	0	0	0	0	0
en l/s/h	0	0	0.04	0.3	0.38	0.25	0.09	0	0	0	0	0
Area Irrigada (% del área total)	0	0	55	100	100	100	45	0	0	0	0	0
Req.de riego area real (L/s/h)	0	0	0.08	0.3	0.38	0.25	0.2	0	0	0	0	0
Área	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39	4358.39
Requerimiento (m ³)	0.00	0.00	933880.94	3389084.06	4435934.47	2824236.72	2334702.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En la tabla 27 se muestra el requerimiento mensual de agua de los cultivos de rotación sin riego, siendo estos: haba de grano seco, arveja, cebada y olluco.

3.9. Procesamiento de la información

Se ordenó los datos obtenidos tanto en campo y en gabinete para la generación de los resultados de acuerdo a cada uno de los objetivos, esto en base al método analítico y método inductivo, bajo el enfoque cuantitativo.

Asimismo, se hizo uso de las siguientes herramientas:

- Software Office.
- Software CROPWAT.
- Software ArcGis.
- Software AutoCAD.

3.10. Técnicas y análisis de datos

Se realizará un análisis univariado, evaluando la variable de estudio y sus dimensiones con el uso de matrices de tabulación y gráficos, según los resultados obtenidos en campo y en gabinete, todo ello bajo el enfoque de la estadística descriptiva.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín

4.1.1. Oferta hídrica superficial

Tabla 28. Oferta hídrica superficial en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Oferta hídrica superficial (m ³ /s)	Oferta hídrica superficial (m ³)	Oferta hídrica superficial (Mm ³)
Enero	6.07	16252420.75	16.25
Febrero	9.88	24758053.31	24.76
Marzo	4.80	12866781.84	12.87
Abril	0.59	1538706.554	1.54
Mayo	0.23	628619.2316	0.63
Junio	0.18	468090.4879	0.47
Julio	0.17	455631.9467	0.46
Agosto	0.17	468680.3946	0.47
Septiembre	0.54	1406498.84	1.41
Octubre	1.09	2924969.826	2.92
Noviembre	1.39	3608782.986	3.61
Diciembre	3.01	8049906.217	8.05

En la Tabla 2828 se resume la oferta hídrica superficial en la subcuenca del río Chanchas; tanto en metros cúbicos y millones de metros cúbicos; considerándose que, los meses de abril hasta setiembre se da la menor.

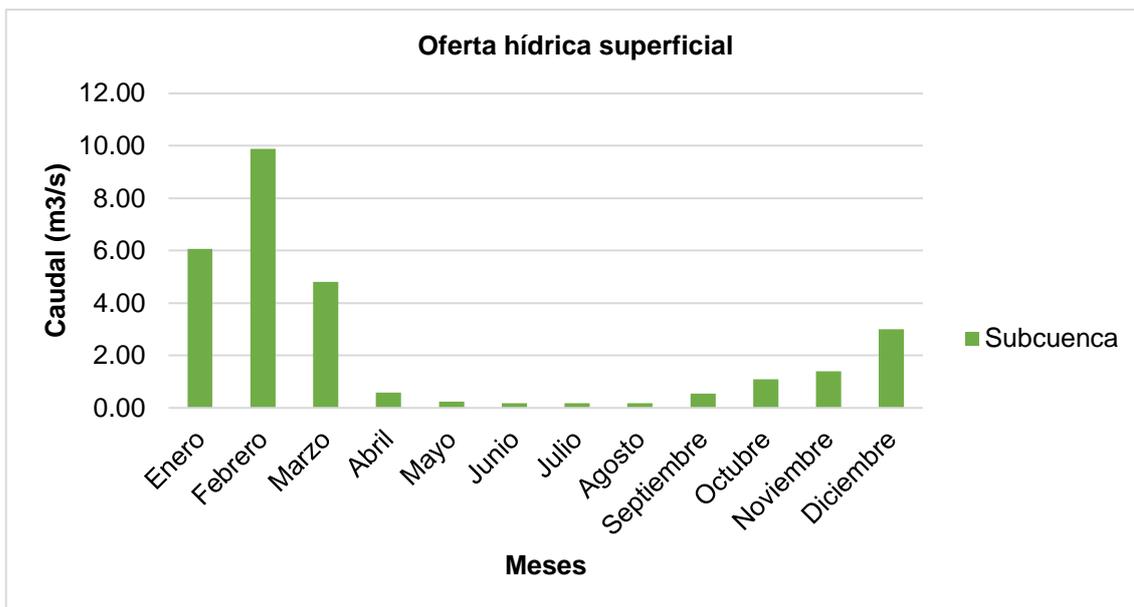


Figura 6. Oferta hídrica superficial de la subcuenca del río Chanchas.

La figura 6 se muestra la variabilidad de la oferta hídrica superficial en la subcuenca del río Chanchas, representando que los meses de abril hasta setiembre son los meses con menor oferta hídrica; esto debido a la reducción de lluvias.

4.1.2. Demanda hídrica por consumo humano

Tabla 29. Demanda hídrica por consumo humano.

Mes	Demanda hídrica poblacional (m³)
Enero	2262834.83
Febrero	2116845.48
Marzo	2262834.83
Abril	2189840.15
Mayo	2262834.83
Junio	2189840.15
Julio	2262834.83
Agosto	2262834.83
Setiembre	2189840.15
Octubre	2262834.83
Noviembre	2189840.15
Diciembre	2262834.83

En base a la Tabla 21 se determinó la demanda hídrica por consumo humano tal como se muestra en la Tabla 29; siendo en promedio 2226337.49 m³ mensualmente.

4.1.3. Balance hídrico entre oferta y demanda por consumo humano

Tabla 30. Balance hídrico entre la oferta y demanda por consumo humano.

Mes	Oferta hídrica superficial (m ³)	Demanda hídrica por consumo humano (m ³)	Balance hídrico superficial (m ³)	Balance hídrico superficial (Mm ³)
Ene	16252420.75	2262834.83	13989585.93	13.99
Feb	24758053.31	2116845.48	22641207.82	22.64
Mar	12866781.84	2262834.83	10603947.01	10.60
Abr	1538706.55	2189840.15	-651133.60	-0.65
May	628619.23	2262834.83	-1634215.59	-1.63
Jun	468090.49	2189840.15	-1721749.67	-1.72
Jul	455631.95	2262834.83	-1807202.88	-1.81
Ago	468680.39	2262834.83	-1794154.43	-1.79
Sep	1406498.84	2189840.15	-783341.31	-0.78
Oct	2924969.83	2262834.83	662135.00	0.66
Nov	3608782.99	2189840.15	1418942.83	1.42
Dic	8049906.22	2262834.83	5787071.39	5.79

En la tabla 30 se muestra el balance hídrico entre la oferta y demanda por consumo humano; siendo los meses desde abril a setiembre en los que se presenta déficit del recurso hídrico.

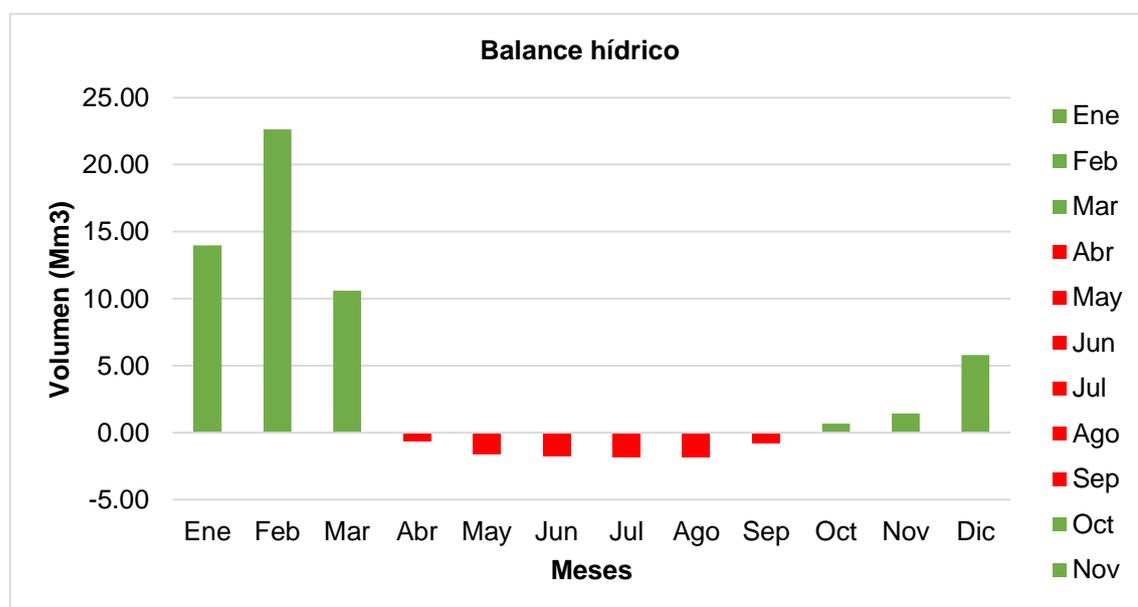


Figura 7. Balance hídrico entre la oferta y demanda por consumo humano.

La figura 7 se muestra el balance entre la oferta hídrica y la demanda por consumo humano.

4.2. Oferta hídrica superficial para la demanda agrícola en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín

4.2.1. Demanda hídrica agrícola por cultivos bajo riego

Tabla 31. Demanda agrícola por cultivos con riego.

Mes	Demanda agrícola por los cultivos base (m ³)	Demanda agrícola por los cultivos de rotación (m ³)	Demanda agrícola total (m ³)	Demanda agrícola actual con eficiencia de 30% (m ³)
Ene	249632.77	0.00	249632.77	832109.242
Feb	0.00	0.00	0.00	0.000
Mar	285294.60	285294.60	570589.19	1901963.981
Abr	1035343.30	1000831.85	2036175.15	6787250.496
May	1176840.21	1319487.51	2496327.72	8321092.416
Jun	552183.09	897297.52	1449480.61	4831602.048
Jul	784560.14	713236.49	1497796.63	4992655.450
Ago	1283825.69	0.00	1283825.69	4279418.957
Sep	1104366.18	0.00	1104366.18	3681220.608
Oct	962869.27	0.00	962869.27	3209564.218
Nov	828274.64	0.00	828274.64	2760915.456
Dic	534927.37	0.00	534927.37	1783091.232

En la tabla 31 se muestra la demanda agrícola total mensual por los cultivos con riego; cabe mencionar que, se consideró una eficiencia de 30 % al ser el sistema de riego por inundación.

4.2.2. Demanda hídrica agrícola por cultivos sin riego

Tabla 32. Demanda agrícola por cultivos sin riego.

Mes	Demanda agrícola por los cultivos base (m ³)	Demanda agrícola por los cultivos de rotación (m ³)	Demanda agrícola total (m ³)
Ene	817145.82	0.00	817145.82
Feb	0.00	0.00	0.00
Mar	933880.94	933880.94	1867761.88
Abr	3050175.66	3389084.06	6439259.72
May	3852258.89	4435934.47	8288193.36
Jun	2372358.84	2824236.72	5196595.56
Jul	2684907.71	2334702.36	5019610.06
Ago	4202464.24	0.00	4202464.24
Sep	3615023.00	0.00	3615023.00
Oct	3151848.18	0.00	3151848.18
Nov	2711267.25	0.00	2711267.25
Dic	1751026.77	0.00	1751026.77

En la tabla 32 se detalla la demanda agrícola por cultivos sin riego en la subcuenca del río Chanchas.

4.2.3. Balance hídrico entre oferta y demanda agrícola por cultivos bajo riego

Tabla 33. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos bajo riego.

Mes	Oferta hídrica superficial (m ³)	Demanda agrícola por los cultivos bajo riego (m ³)	Balance hídrico superficial (m ³)	Balance hídrico superficial (Mm ³)
Ene	16252420.75	832109.24	15420311.51	15.42
Feb	24758053.31	0.00	24758053.31	24.76
Mar	12866781.84	1901963.98	10964817.86	10.96
Abr	1538706.55	6787250.50	-5248543.94	-5.25
May	628619.23	8321092.42	-7692473.18	-7.69
Jun	468090.49	4831602.05	-4363511.56	-4.36
Jul	455631.95	4992655.45	-4537023.50	-4.54
Ago	468680.39	4279418.96	-3810738.56	-3.81
Sep	1406498.84	3681220.61	-2274721.77	-2.27
Oct	2924969.83	3209564.22	-284594.39	-0.28
Nov	3608782.99	2760915.46	847867.53	0.85
Dic	8049906.22	1783091.23	6266814.99	6.27

La Tabla 33 muestra el balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola bajo riego considerándose que, en los meses de abril hasta octubre se presenta un déficit del recurso hídrico.

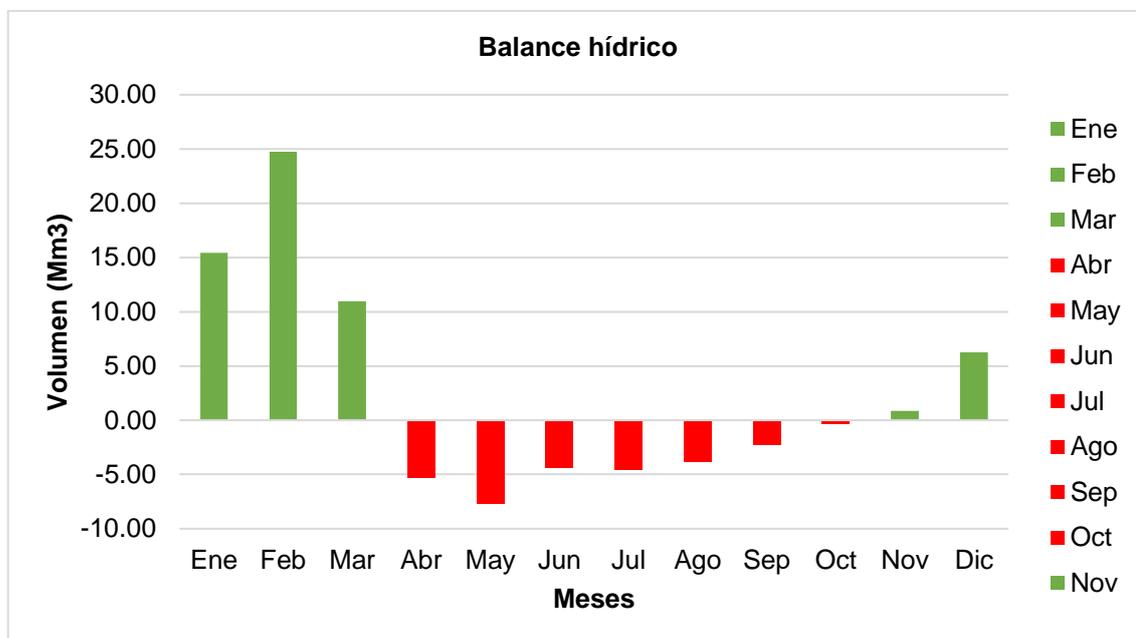


Figura 8. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos bajo riego.

La Figura 8 muestra claramente que, en los meses de abril hasta octubre la oferta hídrica presente no abastece la demanda por cultivos bajo riego en la subcuenca del río Chanchas.

4.2.4. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos sin riego

Tabla 34. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos sin riego.

Mes	Oferta hídrica superficial (m³)	Demanda agrícola por los cultivos sin riego (m³)	Balance hídrico superficial (m³)	Balance hídrico superficial (Mm³)
Enero	16252420.75	817145.82	15435274.93	15.44
Febrero	24758053.31	0.00	24758053.31	24.76
Marzo	12866781.84	1867761.88	10999019.95	11.00
Abril	1538706.55	6439259.72	-4900553.17	-4.90
Mayo	628619.23	8288193.36	-7659574.13	-7.66

Junio	468090.49	5196595.56	-4728505.08	-4.73
Julio	455631.95	5019610.06	-4563978.12	-4.56
Agosto	468680.39	4202464.24	-3733783.84	-3.73
Setiembre	1406498.84	3615023.00	-2208524.16	-2.21
Octubre	2924969.83	3151848.18	-226878.35	-0.23
Noviembre	3608782.99	2711267.25	897515.74	0.90
Diciembre	8049906.22	1751026.77	6298879.45	6.30

Del mismo modo en la Tabla 34 se consideró el balance hídrico entre la oferta y demanda hídrica por cultivos sin riego; siendo así que, en los meses de abril hasta octubre se presenta un déficit de la oferta hídrica en la subcuenca del río Chanchas.

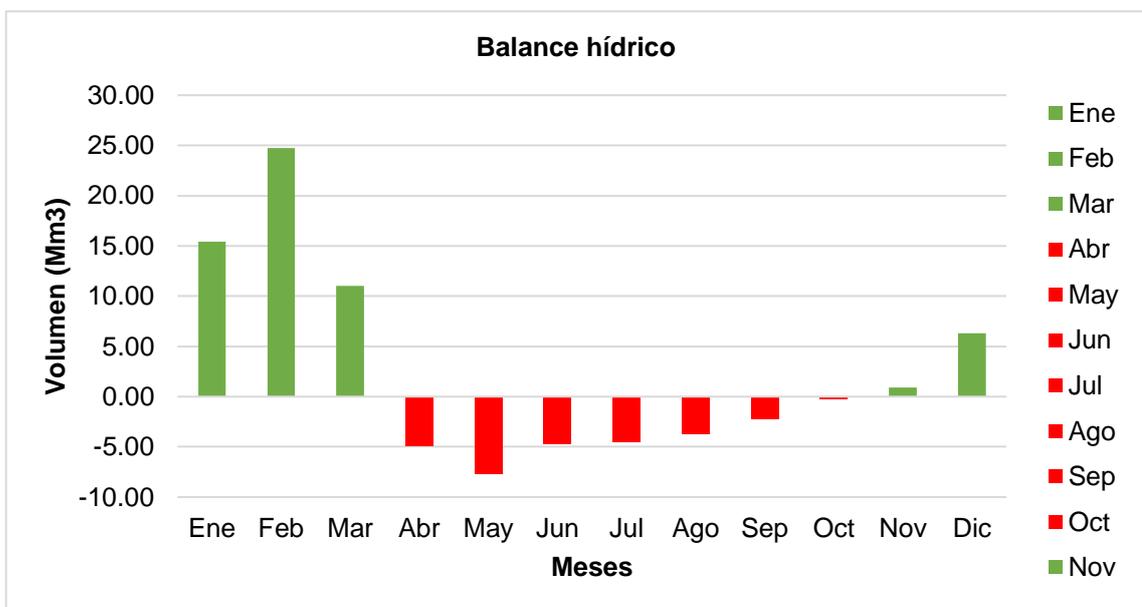


Figura 9. Balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos sin riego.

La figura 9 muestra el balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos sin riego; donde los meses de abril hasta octubre la oferta hídrica no satisface las necesidades por cultivos sin riego.

De acuerdo a todo el análisis realizado se procedió a la determinación si la oferta hídrica superficial de la subcuenca del río Chanchas satisface las necesidades por la demanda hídrica poblacional, considerándose tanto el consumo humano y la demanda hídrico por los cultivos, tal como se detalla:

4.3. Oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín

4.3.1. Oferta hídrica superficial

Tabla 35. Oferta hídrica superficial en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Oferta hídrica superficial (m ³)	Oferta hídrica superficial (Mm ³)
Ene	16252420.75	16.25
Feb	24758053.31	24.76
Mar	12866781.84	12.87
Abr	1538706.55	1.54
May	628619.23	0.63
Jun	468090.49	0.47
Jul	455631.95	0.46
Ago	468680.39	0.47
Sep	1406498.84	1.41
Oct	2924969.83	2.92
Nov	3608782.99	3.61
Dic	8049906.22	8.05

En la Tabla 2835 se resume la oferta hídrica superficial en la subcuenca del río Chanchas; mostrándose que la menor oferta se da entre abril hasta setiembre.

4.3.2. Demanda hídrica

Tabla 36. Demanda hídrica en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Demanda agrícola por los cultivos bajo riego (m ³)	Demanda agrícola por los cultivos sin riego (m ³)	Demanda agrícola total (m ³)	Demanda por consumo humano total (m ³)	Demanda hídrica total (m ³)	Demanda hídrica total (Mm ³)
Ene	832109.24	817145.82	1649255.07	2262834.83	3912089.89	3.91
Feb	0.00	0.00	0.00	2116845.48	2116845.48	2.12
Mar	1901963.98	1867761.88	3769725.86	2262834.83	6032560.69	6.03
Abr	6787250.50	6439259.72	13226510.22	2189840.15	15416350.37	15.42
May	8321092.42	8288193.36	16609285.78	2262834.83	18872120.60	18.87
Jun	4831602.05	5196595.56	10028197.61	2189840.15	12218037.77	12.22
Jul	4992655.45	5019610.06	10012265.51	2262834.83	12275100.34	12.28
Ago	4279418.96	4202464.24	8481883.20	2262834.83	10744718.02	10.74
Sep	3681220.61	3615023.00	7296243.61	2189840.15	9486083.76	9.49
Oct	3209564.22	3151848.18	6361412.40	2262834.83	8624247.22	8.62
Nov	2760915.46	2711267.25	5472182.71	2189840.15	7662022.86	7.66

Dic	1783091.23	1751026.77	3534118.00	2262834.83	5796952.82	5.80
-----	------------	------------	------------	------------	------------	------

En la Tabla 36 se detalla la demanda hídrica en la subcuenca del río Chanchas; tanto por el sector agrícola y el sector poblacional.

4.3.3. Balance hídrico superficial

Tabla 37. Balance hídrico superficial en la subcuenca del río Chanchas.

Mes	Oferta hídrica superficial (m ³)	Demanda hídrica total (m ³)	Balance hídrico superficial total (m ³)	Balance hídrico superficial total (Mm ³)
Ene	16252420.75	3912089.89	12340330.86	12.34
Feb	24758053.31	2116845.48	22641207.82	22.64
Mar	12866781.84	6032560.69	6834221.15	6.83
Abr	1538706.55	15416350.37	-13877643.82	-13.88
May	628619.23	18872120.60	-18243501.37	-18.24
Jun	468090.49	12218037.77	-11749947.28	-11.75
Jul	455631.95	12275100.34	-11819468.39	-11.82
Ago	468680.39	10744718.02	-10276037.63	-10.28
Sep	1406498.84	9486083.76	-8079584.92	-8.08
Oct	2924969.83	8624247.22	-5699277.40	-5.70
Nov	3608782.99	7662022.86	-4053239.87	-4.05
Dic	8049906.22	5796952.82	2252953.39	2.25

En la tabla 37 se muestra el balance hídrico superficial en la subcuenca del río Chanchas mostrándose que, en los meses de abril a noviembre se presenta un déficit del recurso hídrico.

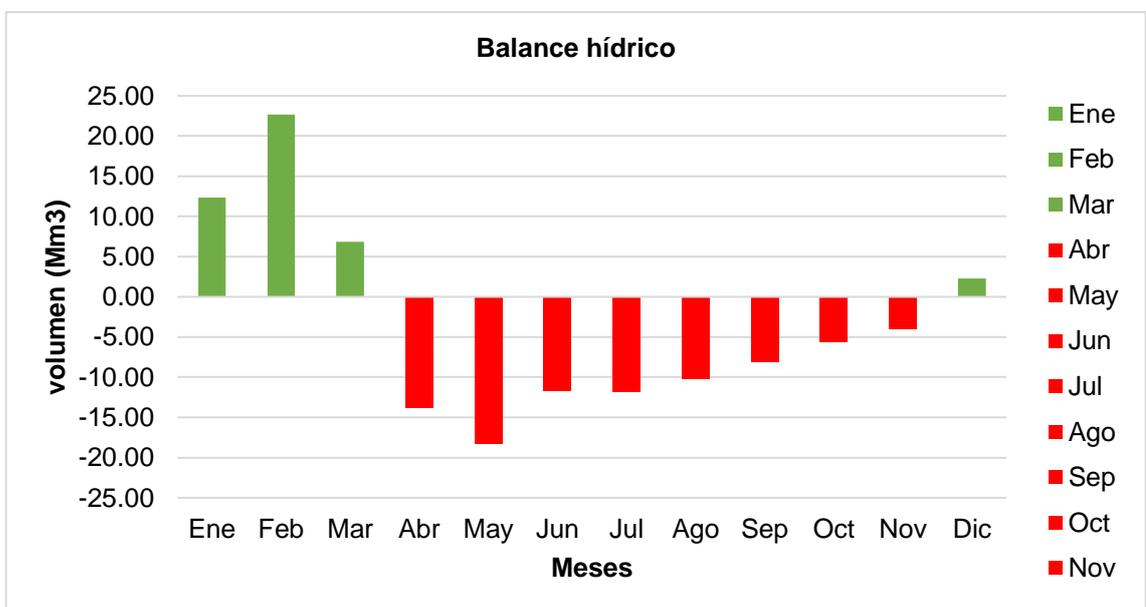


Figura 10. Balance hídrico superficial en la subcuenca del río Chanchas.

En la *Figura 10* se representa el balance hídrico superficial en la subcuenca del río Chanchas percibiéndose que, entre los meses de abril a noviembre el recurso hídrico no cubre las necesidades requeridas.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Evaluación de la oferta hídrica para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín

Se calculó la oferta hídrica superficial en la subcuenca del río Chanchas tal como se muestra en la Tabla 28 con un promedio de 6.12 millones de metros cúbicos por mes considerando el modelo determinístico estocástico Lutz Scholz demostrándose que, los meses de abril hasta setiembre son en los cuales se presenta la menor oferta hídrica, esto debido a la reducción de las lluvias tal como se muestra en la Tabla 6; asimismo se consideró la demanda hídrica por consumo humano tal como se señala en la Tabla 29 esto en base a la Tabla 21; cabe mencionar que este cálculo se fundamenta en la densidad poblacional puesto que se tiene un área total urbana de 7299467.18 m² y considerando un área de lote promedio de 150.00 m² se tiene un aproximado de 48663 viviendas y de dar una dotación de 1500 L/día a cada vivienda (de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006)) se tiene un consumo diario de 72994.67 m³/día haciendo en promedio de 2226337.49 m³/mensual; de acuerdo

a ello, se tiene el balance hídrico entre la oferta y demanda por consumo (numeral 4.1.3) tal como se muestra en la Tabla 30 y *Figura 7* obteniéndose que, los meses de abril hasta setiembre se presenta un déficit del recurso hídrico de hasta 8.39 Mm³ anualmente para satisfacer esta necesidad; de igual manera se calculó la demanda agrícola por cultivos tal como se muestra en la Tabla 31 lo concerniente a la demanda agrícola por cultivos con riego (con un total de 1331.46 ha), en esta tabla se demuestra que, el mes de febrero los cultivos no requieren agua adicional esto debido a las lluvias que abastecen su demanda; no obstante el mes de mayo es aquel que mayor demanda presenta con 8321092.42 m³ respectivamente, entonces con ello se realizó el balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos bajo riego (numeral 4.2.3) según lo mostrado en la Tabla 33 y *Figura 8* siendo los meses de abril hasta octubre los que presentan déficit del recurso hídrico con 28.21 Mm³ anualmente para satisfacer esta necesidad; de la misma forma se calculó la demanda agrícola por cultivos sin riego (Tabla 32) que abarca un total de 4358.40 ha donde también el mes de febrero los cultivos no requieren agua adicional pues se basta con las lluvias presentes y el mes que mayor agua demanda es corresponde a 8288193.36 m³ corresponde al mes de mayo; y haciendo el balance hídrico entre la oferta y demanda agrícola por cultivos sin riego según la Tabla 34 y *Figura 9* se tiene que los meses de abril hasta octubre presenta un déficit de hasta 28.02 Mm³; de acuerdo a todo lo señalado se concluye que la oferta hídrica superficial de la subcuenca del río Chanchas no abastece las necesidades por consumo humano y consumo agrícola tanto con y sin riego.

Por último, se tiene la cuantificación de la demanda poblacional en la Tabla 36 siendo los meses de abril hasta setiembre aquellos donde se demanda mayor cantidad de agua, de acuerdo a esto y la Tabla 35 se realizó el balance hídrico superficial según se muestra en la Tabla 37 y la *Figura 10* donde los meses de abril hasta noviembre se presenta el déficit del recurso hídrico de hasta 83.80 Mm³ siendo así que no se cuenta con disponibilidad del recurso en base a lo señalado por Tapia (2016), Esteban (2016) y Díaz (2017); sin embargo, no se consideró la calidad de estas aguas pues no se encontrarían dentro de los estándares de calidad ambiental tal como señala su importancia Batres y Gómez (2014); cabe mencionar que se analizó por separado cada una de las demandas como escenarios tal como propone Fuentes (2011).

CONCLUSIONES

1. Se evaluó la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, obteniéndose que la oferta es de 6.12 Mm³/mes en promedio mientras que la demanda es de 9.43 Mm³/mes en promedio, haciendo que, la oferta no es suficiente para cubrir las demandas sobre todo durante los meses de abril hasta octubre con un déficit de 83.80 Mm³.
2. Se calculó la oferta hídrica superficial para la demanda por consumo humano en la subcuenca del río Chanchas, obteniéndose que la demanda en promedio mensual es de 222637.49 m³/mes no es cubierta por la oferta hídrica superficial (6.12 Mm³/mes aproximadamente) presentándose un déficit de 8.39 Mm³ anualmente.
3. Se determinó la oferta hídrica superficial para la demanda por riego en la subcuenca del río Chanchas, obteniéndose que en esta subcuenca se tiene 1331.46 ha de cultivos bajo riego y 4358.40 ha de cultivo por seco; las cuales demandan en 7.20 Mm³/mes aproximadamente siendo así que la oferta hídrica (6.12 Mm³/mes aproximadamente) no abastece esta demanda con un déficit de 56.23 Mm³ anualmente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las autoridades competentes que, ante la falta de recurso hídrico en la subcuenca del río Chanchas, establecer medidas de gestión del mismo.
2. En cuanto a la demanda hídrica por consumo humano es dable que las instituciones cuenten con información estadística por cuencas hidrográficas para facilitar las investigaciones.
3. En cuanto a la demanda hídrica por riego, se recomienda la optimización del recurso hídrico con la utilización de sistemas de riego más eficientes como el de goteo o aspersión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aliaga, I. (2017). *Modelación hidrológica de la cuenca del río Huallaga, aguas arriba del punto de control Santa Lorenza*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
2. 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.
3. Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (L. Gaona, Ed.) (Segunda). México: Pearson Educación.
4. DGIAR. (2015). *Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego*. (Dirección General de Infraestructura agraria y riego, Ed.) (Primera). San Isidro - Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
5. Díaz, J. (2017). *Determinación de la disponibilidad hídrica superficial mediante balance hídrico en la cuenca del río Cumbaza - San Martín, 2016*. Universidad Peruana Unión.
6. Duque, L. (2011). *Simulador piloto de la oferta y la demanda hídrica en una microcuenca rural para la validación de metodologías y la evaluación de políticas de manejo sostenible del recurso agua*. Universidad Nacional de Colombia.
7. Esteban, F. (2016). *Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la microcuenca de Yarumayo - Huánuco*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco.
8. FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. EE.UU.

9. Fuentes, J. (2011). *Estimación del recurso hídrico superficial en el pico de Tancitaro, Michoacán*. Universidad Nacional Autónoma de México.
10. León, R. (2017). *Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura, considerando la incidencia del cambio climático*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
11. Mamani, W. (2015). *Generación de descargas medias mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz*. Universidad Nacional del Altiplano.
12. MINAGRI. (2010). *Evaluación de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Huancané y Suches*. Lima - Perú: Autoridad Nacional del Agua.
13. MVCS. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
14. 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.
15. SENAMHI. (2017). *Datos históricos*. Recuperado a partir de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
16. Tapia, A. (2016). *Balance hídrico usando un modelo hidrológico distribuido en la unidad hidrográfica río Pindo, provincias de Loja y El Oro, Ecuador*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
17. ZEE. (2015). *Memoria descriptiva del estudio hidrológico y de cuencas del departamento de Junín a escala 1:10000*. (Primera, Ed.). Junin-Peru: Zoonificación ecológica y económica de la región Junín.

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Investigación: Evaluación de la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas,
Huancayo – Junín.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es la evaluación de la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cuál es la oferta hídrica superficial para la demanda por consumo humano en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín? b) ¿Cuál es la oferta hídrica superficial para la demanda por riego en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar la oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín.</p> <p>Objetivos específicos: a) Determinar la oferta hídrica superficial para la demanda por consumo humano en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo – Junín. b) Calcular la oferta hídrica superficial para la demanda por riego en la subcuenca del río Chanchas, Huancayo - Junín.</p>	<p>Hipótesis general: La oferta hídrica superficial para la demanda poblacional en la subcuenca del río Chanchas no es suficiente para cubrir las demandas sobre todo durante los meses de sequía.</p> <p>Hipótesis específicas: a) La oferta hídrica superficial no cubre la demanda por consumo humano en la subcuenca del río Chanchas. b) La oferta hídrica superficial no cubre la demanda por riego en la subcuenca del río Chanchas.</p>	<p>Variable 1: Oferta hídrica.</p> <p>Variable 2: Demanda hídrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Oferta hídrica superficial. - Demanda por consumo humano. - Demanda por riego. 	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal mensual. - Precipitación mensual. - Déficit de escurrimiento. - Gasto de la retención de la cuenca. - Abastecimiento de la retención. - Población. - Dotación. - Uso consuntivo de cultivo. - Evapotranspiración de referencia. - Evapotranspiración de cultivos. - Requerimiento de agua. - Área de cultivo. - Eficiencia de riego. 	<p>Método: científico.</p> <p>Tipo: descriptivo.</p> <p>Nivel: descriptivo.</p> <p>Diseño: no experimental.</p> <p>Población: Esta dada por la subcuencas que conforman la cuenca del río Mantaro.</p> <p>Muestra: Según el método no probabilístico intencional o dirigido, corresponde a la subcuenca del río Chanchas, la misma que alberga los distritos de Huancán, Huayucachi, Sapallanga y Pucará, de la provincia de Huancayo, región Junín.</p>

ANEXO N° 02: INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION Y LA IMPUNIDAD"

ESTACION: CO VIQUES

LATITUD: 12°09'21.6" SUR

LONGITUD: 75°13'42.3" OESTE

ALTITUD: 3218 msnm

DPTO.: Junin

PROV.: Huancayo

DIST.: Viques

Parametro: Precipitación Total Mensual (mm)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2004	22.0	135.3	67.1	40.5	25.8	23.5	11.1	14.2	29.6	33.0	52.3	89.7
2005	54.1	74.2	61.8	21.2	11.9	0.0	0.0	17.5	32.4	108.0	51.1	80.6
2006	131.7	81.0	87.8	34.8	0.0	4.4	0.0	27.7	21.6	51.8	39.9	110.3
2007	84.1	42.1	108.1	25.1	0.0	0.0	9.2	0.0	23.4	31.2	37.2	35.0
2008	123.8	110.1	69.1	0.0	2.1	9.6	0.0	0.0	38.0	78.4	52.8	104.8
2009	87.8	57.5	114.7	39.9	22.1	0.0	5.8	21.4	9.9	59.0	83.1	171.8
2010	149.0	89.5	103.5	38.0	0.0	22.1	0.0	6.8	15.4	28.8	59.2	188.6
2011	202.6	300.1	180.7	96.7	17.3	0.0	8.4	11.0	69.4	53.4	56.0	128.6
2012	115.5	128.0	92.1	122.1	20.2	19.7	5.6	6.2	55.7	42.9	42.2	150.8
2013	105.4	152.4	77.8	9.0	18.3	15.2	5.8	23.5	45.1	50.5	22.4	130.1
2014	111.4	134.5	160.8	55.6	31.3	16.3	2.0	3.1	63.3	66.6	73.1	116.5
2015	105.4	116.7	75.1	30.9	16.3	26.1	7.2	13.5	46.1	56.7	60.4	92.2
2016	114.7	140.6	25.7	35.8	22.8	0.0	0.0	0.0	26.9	59.3	50.1	74.2
2017	183.0	137.6	82.9	38.8	9.6	0.0	0.0	3.0	52.5	37.6	41.7	65.4
2018	157.6	86.0	179.0	30.6	9.5	3.6	4.1	13.1	18.0	96.0	47.2	67.8

INFORMACION PREPARADA PARA:
RAFAEL GONZALES QUISPE
HUANCAYO, 07 DE NOVIEMBRE 2019

PROYECTO DE TESIS



Adam Ramos Gadillo
ING. ADAM RAMOS GADILLO
CIP N° 46100
DIRECTORA ZONAL 11
SENAMHI - JUNIN



Dirección Zonal SENAMHI-JUNIN
 Calle Nemesio Ruez N° 223, El Tambo, Huancayo
 Tel: 064-248072 RPM #990866893
 Email: esanchez@senamhi.gob.pe
 www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de
Meteorología e Hidrología
del Perú - SENAMHI

"Dirección Zonal 11
SENAMHI - JUNIN"

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad"

Huancayo, 28 de octubre del 2019

OFICIO N° 289 - 2019- SENAMHI/DZ11-JUNIN

Señor:
RAFAEL GONZALES QUISPE
Tesista
Universidad Peruana Los Andes
Presente. -

Asunto : Información solicitada.

Ref. : Solicitud presentada

Por el presente tengo a bien en dirigirme a usted, para expresarle un cordial saludos, al mismo tiempo, en atención a lo solicitado manifestar que la data publicada en el portal web del SENAMHI, precisamente se encuentra para los tesisistas e investigadores del país; no siendo necesario emitir con sello ni firma de esta institución, a menos que desee adquirirlo y en ese caso tendría que pagar las tasas que se encuentran establecidas en el TUSNE del SENAMHI.

Si usted ya ha obtenido dicha información de la web, los jurados pueden corroborar la información. Sin embargo se le alcanza adjunto al presente el cuadro de datos que requiere.

Sin otro en particular, expreso a usted, la muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



ADAM RAMOS CADILLO
CIP N° 46100

Dirección Zonal 11 – JUNIN
Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología del Perú – SENAMHI

Jr. Nemesio Raez 223, El Tambo - Huancayo
Teléfono: (064) 248072
www.senamhi.gob.pe





SOLICITUD: información de la estación meteorológica de viques correspondiente al año 2017

Ing. Adam Yanina Ramos Cadillo
Directora Zonal 11 - Senamhi

Yo Rafael Gonzales Quispe Identificado con DNI N° 42324753 con domicilio en el pasaje libertad N° 165 Chilca - Huancayo, con el debido respeto me presento ante Ud. Para expresarle lo siguiente:

Con la finalidad de obtener el título profesional vengo realizando la tesis denominado "EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL PARA LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA SUB CUENCA DEL RIO CHANCHAS, HUANCAYO – JUNÍN"

Por lo que Con resolución N° 1750-2019-DFI-UPLA de fecha 26-06-2019 el Decano de la Universidad Peruana los Andes me designa como docentes revisores y dictaminadores del Borrador de tesis denominado "EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL PARA LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA SUB CUENCA DEL RIO CHANCHAS, HUANCAYO – JUNÍN"

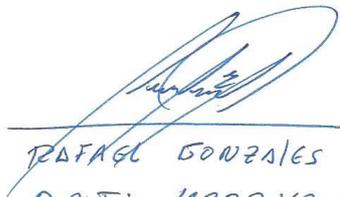
Por lo que durante la elaboración de la tesis he utilizado datos concernientes a la estación meteorológica de viques correspondiente al año 2017, las cuales lo he obtenido del portal web. SENAMHI.GOB.PE. por lo que uno de los jurados revisores exige que dichos datos sean emitidos por la institución de Ud. Dirige, por lo que me veo en la obligación de solicitarle se me emita los datos abajo mencionados en el plazo más breve posible

- Precipitación media en la sub cuenca del rio chanchas.
- Temperatura media en la sub cuenca del rio chanchas.
- Humedad promedio en la sub cuenca del rio chanchas.
- Velocidad de viento en la sub cuenca del rio chanchas.
- Horas de insolación en la sub cuenca del rio chanchas.
- Radiación en la sub cuenca del rio chanchas.
- Evapotranspiración en la sub cuenca del rio chanchas.
- Precipitación media mensual de acuerdo a la estación meteorológica de viques.

Adjunto:

- Copia de DNI.
- Copia De resolución N° 1750-2019-DFI-UPLA de fecha 26-06-2019

Esperando obtener dicha información me suscribo de Ud. Por ser de justicia


RAFAEL GONZALES QUISPE
DNI: 42324753

ANEXO N° 03: CÁLCULO EN CROPWAT

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\...

País Estación

Altitud m. Latitud °S Longitud °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	10.9	23.3	68	78	5.5	18.8	3.76
Febrero	10.6	22.8	69	104	5.8	19.1	3.86
Marzo	10.4	22.6	69	78	6.1	18.8	3.67
Abril	9.8	23.3	66	69	6.5	17.9	3.40
Mayo	9.4	23.5	57	78	7.5	17.4	3.28
Junio	7.5	21.1	50	78	8.1	17.1	3.00
Julio	7.8	20.9	52	104	8.2	17.7	3.18
Agosto	8.8	21.8	51	86	8.0	19.1	3.50
Septiembre	9.5	22.3	55	86	7.1	19.7	3.81
Octubre	8.8	20.6	56	86	7.0	20.7	3.94
Noviembre	8.8	21.0	59	69	7.1	21.2	3.97
Diciembre	9.2	20.3	66	86	6.2	19.8	3.72
Promedio	9.3	21.9	60	84	6.9	18.9	3.59

Figura 11. Clima y evapotranspiración en la subcuenca del río Chanchas.

Precipitación mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\rain\Esta...

Estación Método Prec. Ef

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	108.8	89.9
Febrero	134.2	105.4
Marzo	97.8	82.5
Abril	29.1	27.8
Mayo	10.1	9.9
Junio	7.3	7.2
Julio	7.1	7.1
Agosto	7.3	7.3
Septiembre	26.5	25.3
Octubre	48.2	44.5
Noviembre	54.3	49.5
Diciembre	79.5	69.4
Total	610.3	525.8

Figura 12. Precipitación mensual en la subcuenca del río Chanchas.

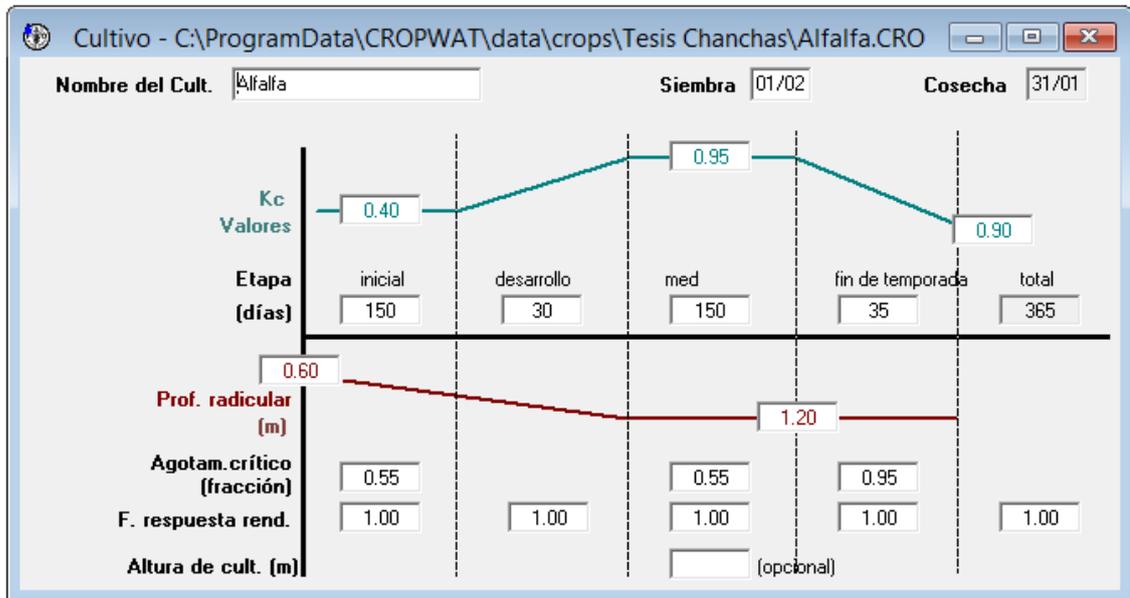


Figura 13. Kc de cultivo de la alfalfa.

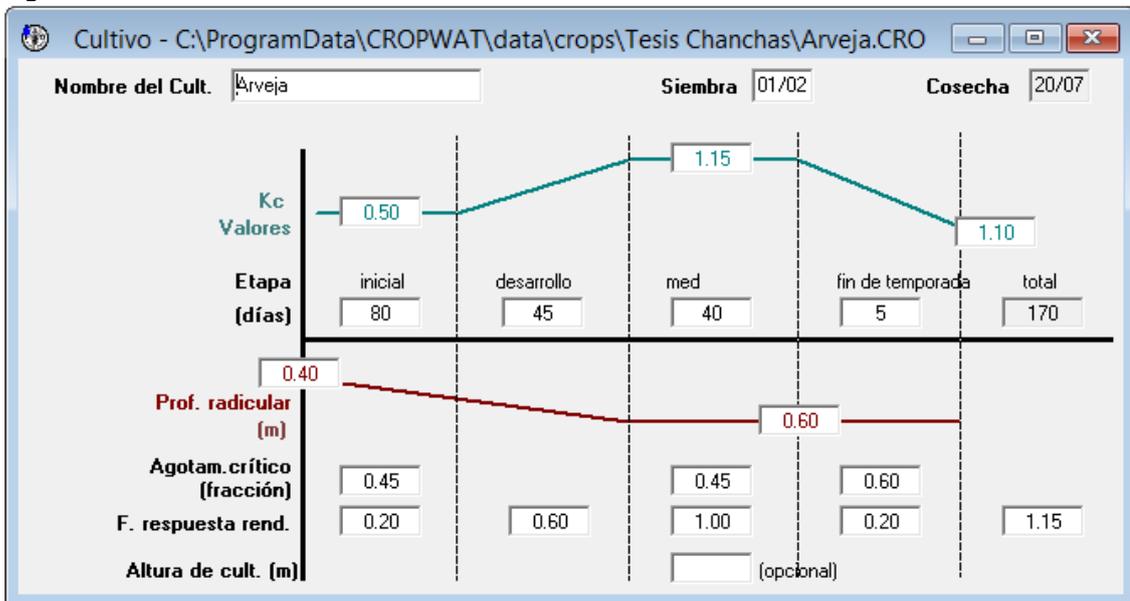


Figura 14. Kc de cultivo de la arveja.

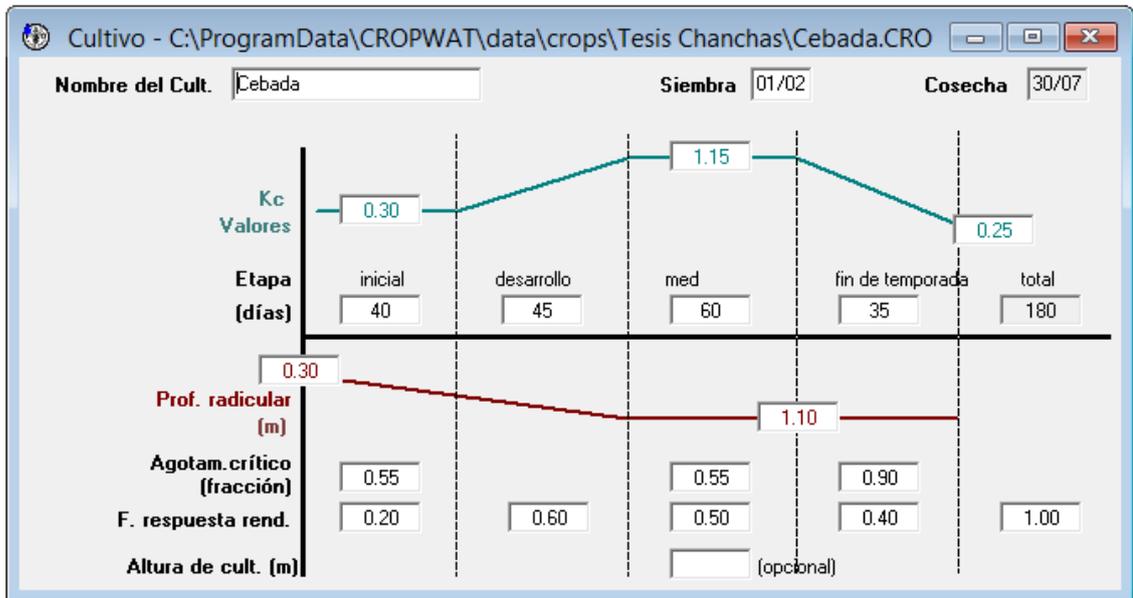


Figura 15. Kc de cultivo de la cebada.

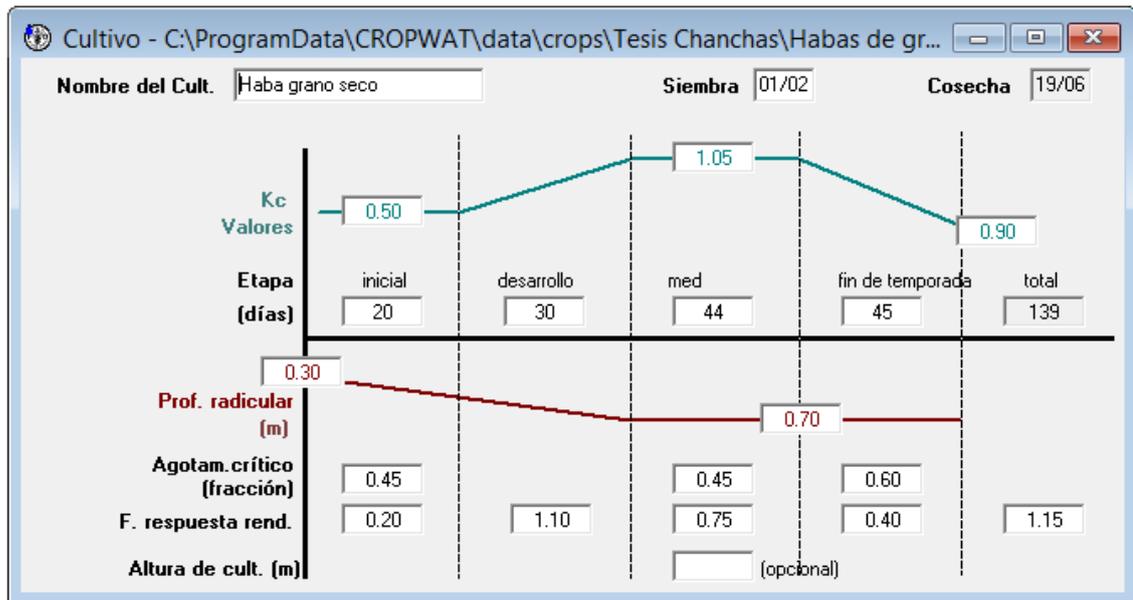


Figura 16. Kc de cultivo del haba grano seco.

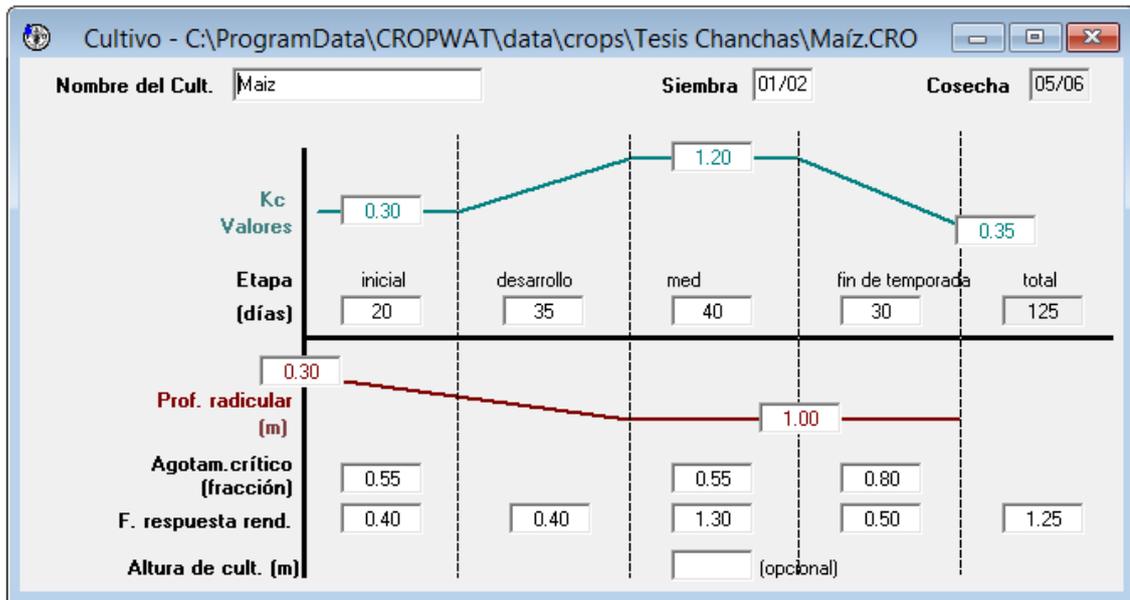


Figura 17. Kc de cultivo del maíz.

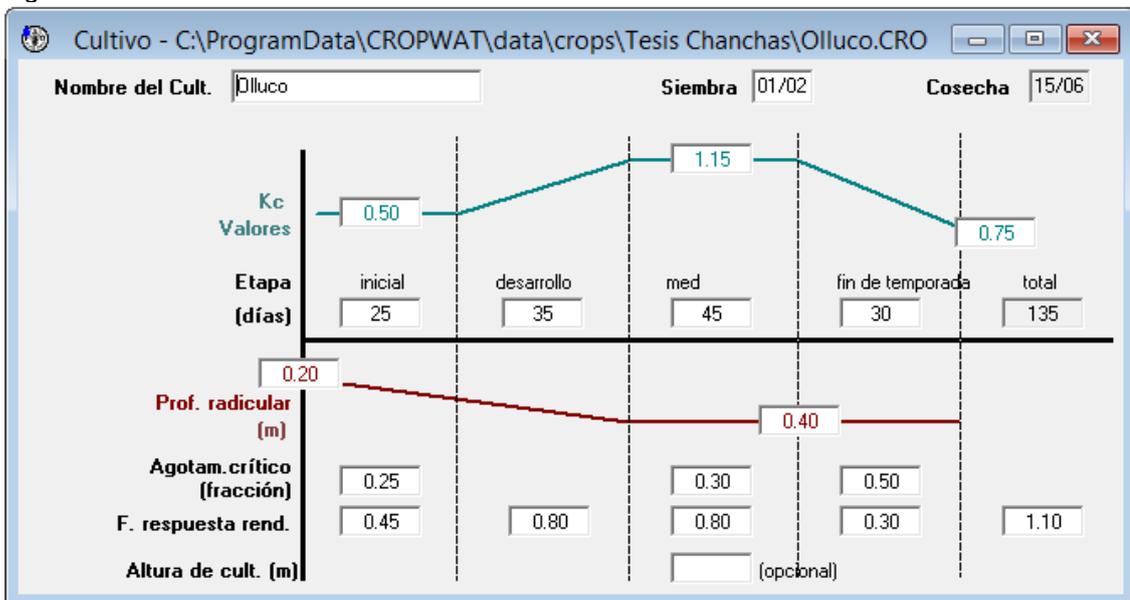


Figura 18. Kc de cultivo del olluco.

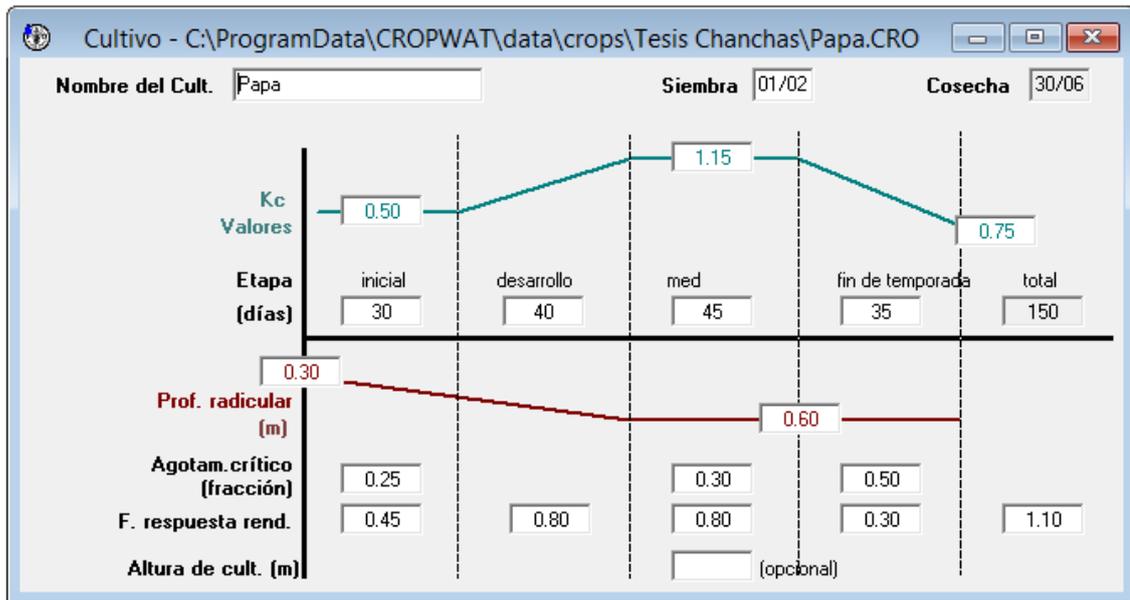


Figura 19. Kc de cultivo de la papa.

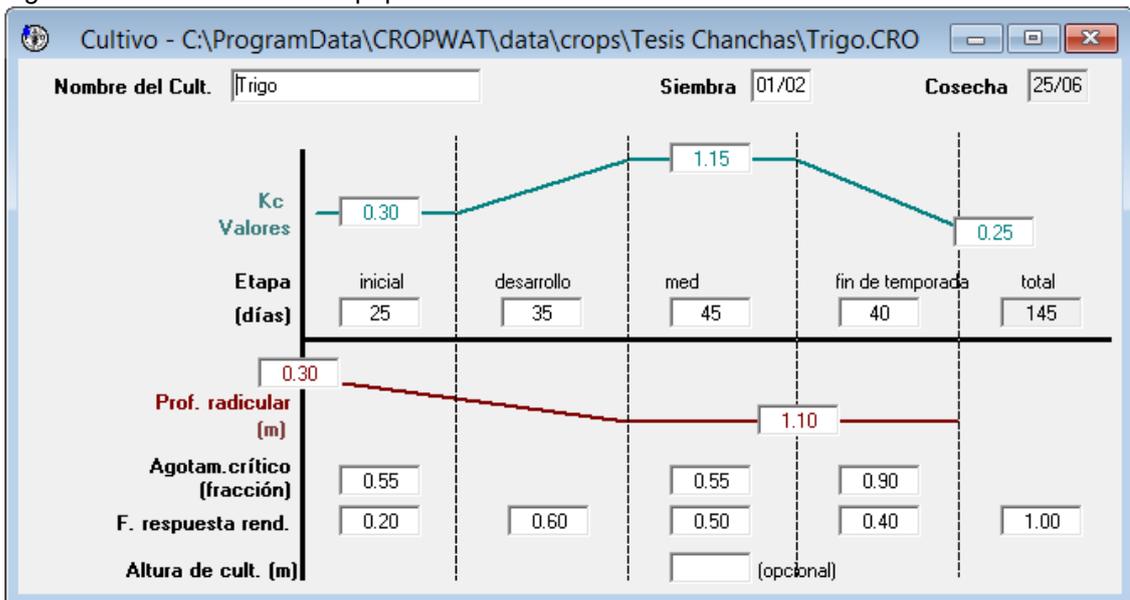


Figura 20. Kc de cultivo del trigo.

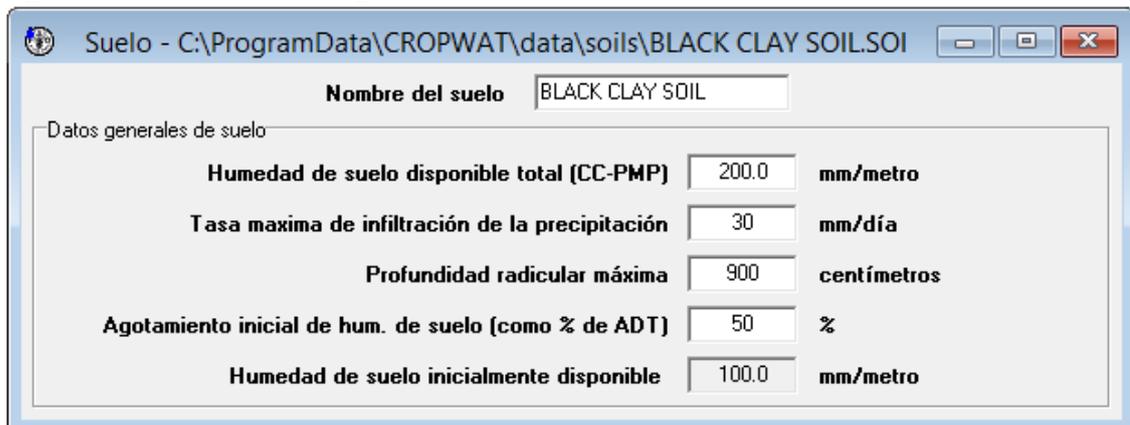


Figura 21. Suelo agrícola.

ANEXO N° 04: PANEL FOTOGRÁFICO



En esta toma se observa realizando trabajos de medición en ancho de cauce con fines de aforamiento



En esta toma se observa nivelación con la finalidad de obtener la sección típica con fines de aforamiento



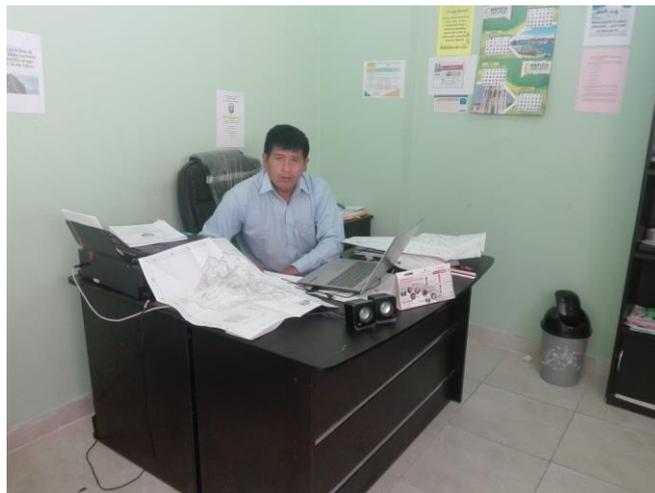
En esta toma se observa el cálculo de velocidad del agua en una sección típica con fines de aforamiento



En esta toma se observa la toma de un punto con GPS con la finalidad de ubicación del punto de trabajo

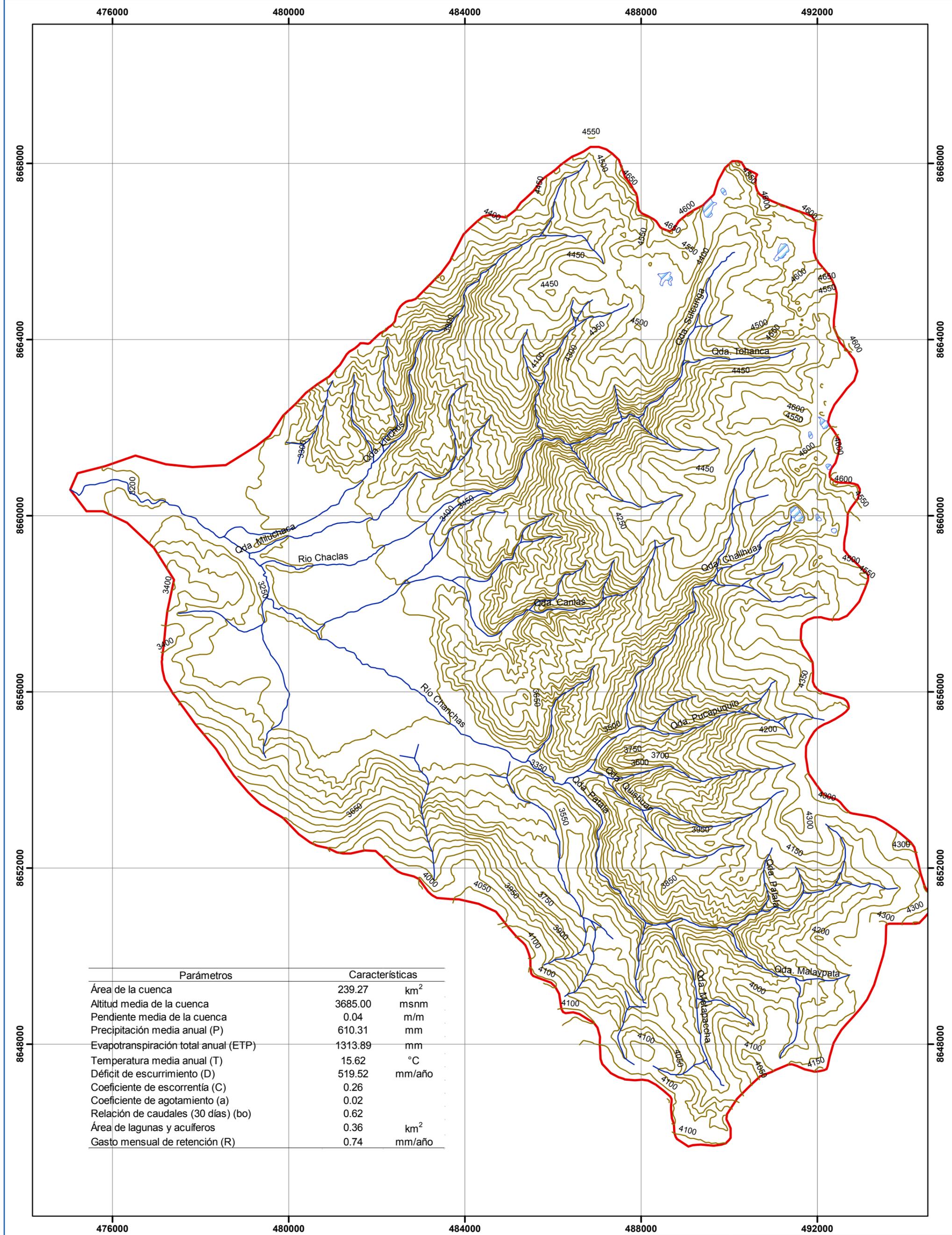


En esta toma se observa los planos de la sub cuenca del rio Chamchas

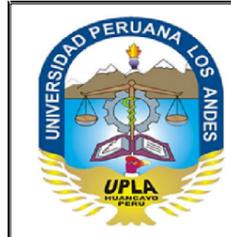


En esta toma se observa realizando trabajos de gabinete en el proceso de formulación de la tesis

ANEXO N° 05: PLANOS



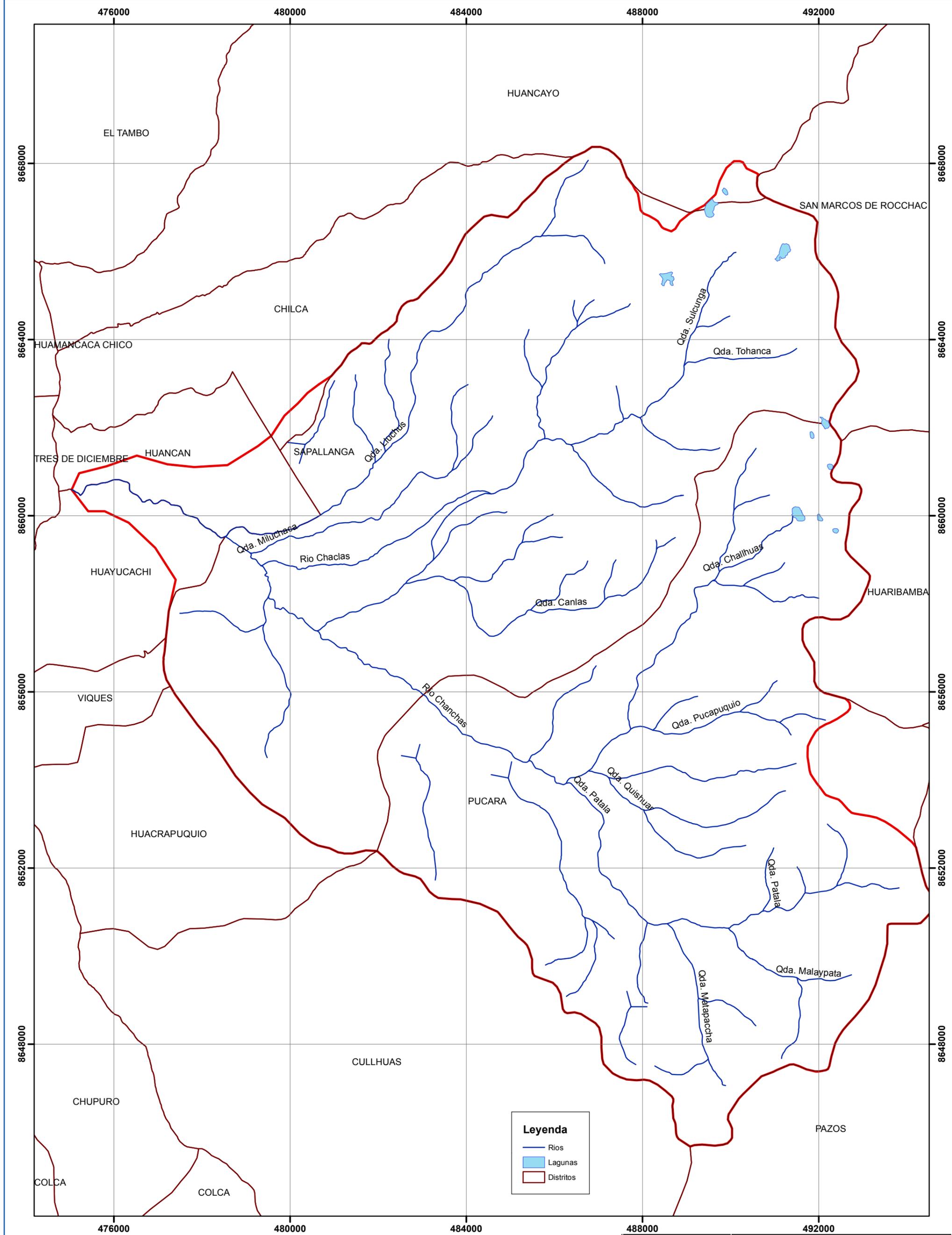
Parámetros	Características	
Área de la cuenca	239.27	km ²
Altitud media de la cuenca	3685.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.04	m/m
Precipitación media anual (P)	610.31	mm
Evapotranspiración total anual (ETP)	1313.89	mm
Temperatura media anual (T)	15.62	°C
Déficit de escurrimiento (D)	519.52	mm/año
Coefficiente de escurrimiento (C)	0.26	
Coefficiente de agotamiento (a)	0.02	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.62	
Área de lagunas y acuíferos	0.36	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.74	mm/año



Tesis: "EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL PARA LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHANCHAS, HUANCAYO - JUNÍN"

Plano: Subcuenca del río Chanchas

Dibujo:	Fecha: Febrero - 2019	Lámina:
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	SC - 01



Legenda

- Rios
- Lagunas
- Distritos



Tesis: "EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL PARA LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHANCHAS, HUANCAYO - JUNÍN"

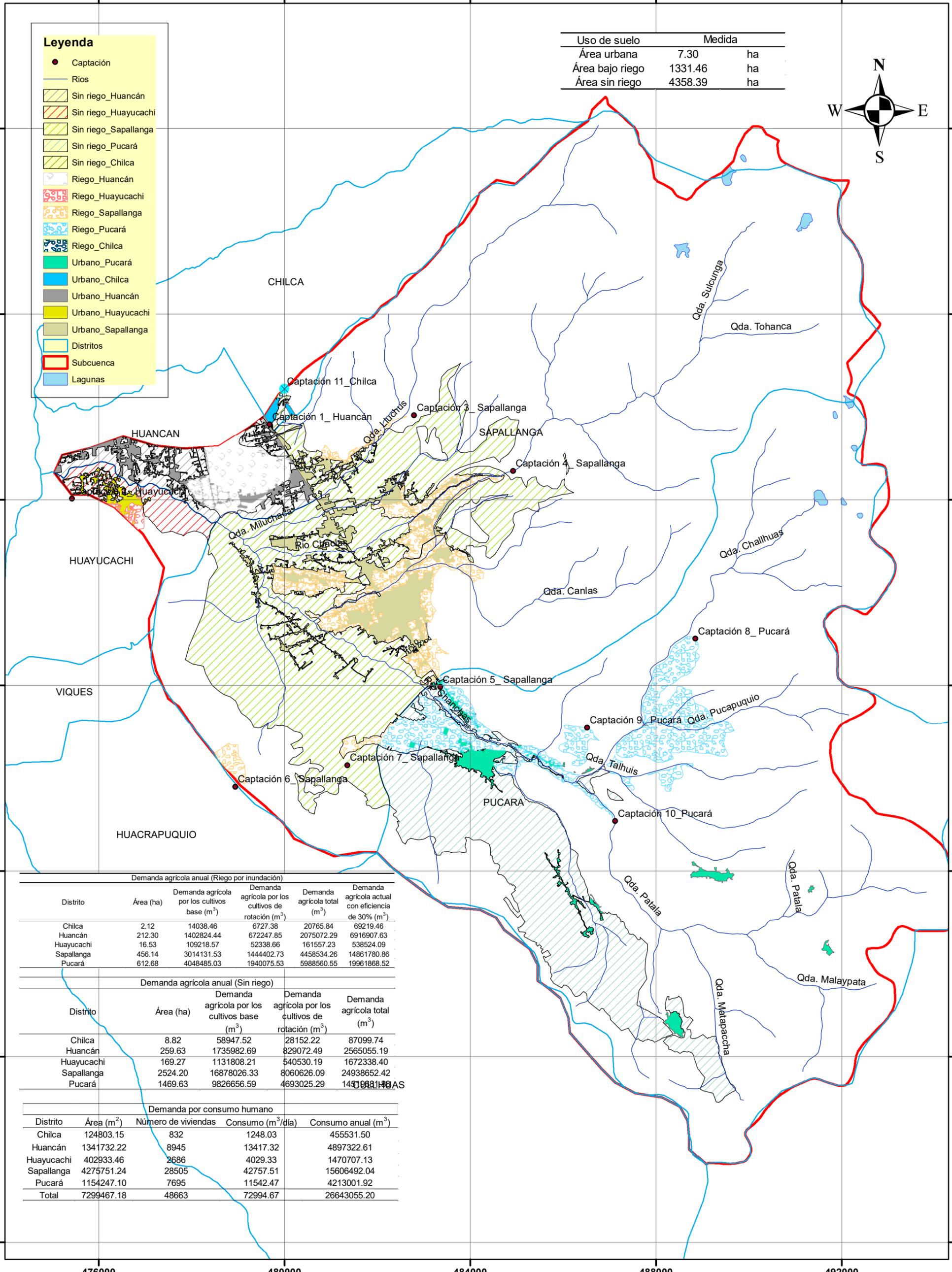
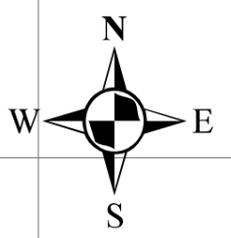
Plano:		
Ubicación distrital de la subcuenca del río Chanchas		
Dibujo:	Fecha:	Lámina:
	Febrero - 2019	
Escala:	UTM:	PL - 01
1 : 75 000	WGS - 84	

476000 480000 484000 488000 492000

Leyenda

- Captación
- Ríos
- ▨ Sin riego_Huancán
- ▨ Sin riego_Huayucachi
- ▨ Sin riego_Sapallanga
- ▨ Sin riego_Pucará
- ▨ Sin riego_Chilca
- ▨ Riego_Huancán
- ▨ Riego_Huayucachi
- ▨ Riego_Sapallanga
- ▨ Riego_Pucará
- ▨ Riego_Chilca
- Urbano_Pucará
- Urbano_Chilca
- Urbano_Huancán
- Urbano_Huayucachi
- Urbano_Sapallanga
- Distritos
- ▭ Subcuenca
- Lagunas

Uso de suelo	Medida	
Área urbana	7.30	ha
Área bajo riego	1331.46	ha
Área sin riego	4358.39	ha



Demanda agrícola anual (Riego por inundación)					
Distrito	Área (ha)	Demanda agrícola por los cultivos base (m ³)	Demanda agrícola por los cultivos de rotación (m ³)	Demanda agrícola total (m ³)	Demanda agrícola actual con eficiencia de 30% (m ³)
Chilca	2.12	14038.46	6727.38	20765.84	69219.46
Huancán	212.30	1402824.44	672247.85	2075072.29	6916907.63
Huayucachi	16.53	109218.57	52338.66	161557.23	538524.09
Sapallanga	456.14	3014131.53	1444402.73	4458534.26	14861780.86
Pucará	612.68	4048485.03	1940075.53	5988560.55	19961868.52

Demanda agrícola anual (Sin riego)					
Distrito	Área (ha)	Demanda agrícola por los cultivos base (m ³)	Demanda agrícola por los cultivos de rotación (m ³)	Demanda agrícola total (m ³)	
Chilca	8.82	58947.52	28152.22	87099.74	
Huancán	259.63	1735982.69	829072.49	2565055.19	
Huayucachi	169.27	1131808.21	540530.19	1672338.40	
Sapallanga	2524.20	16878026.33	8060626.09	24938652.42	
Pucará	1469.63	9826656.59	4693025.29	14519681.88	

Demanda por consumo humano				
Distrito	Área (m ²)	Número de viviendas	Consumo (m ³ /día)	Consumo anual (m ³)
Chilca	124803.15	832	1248.03	455531.50
Huancán	1341732.22	8945	13417.32	4897322.61
Huayucachi	402933.46	2686	4029.33	1470707.13
Sapallanga	4275751.24	28505	42757.51	15606492.04
Pucará	1154247.10	7695	11542.47	4213001.92
Total	7299467.18	48663	72994.67	26643055.20



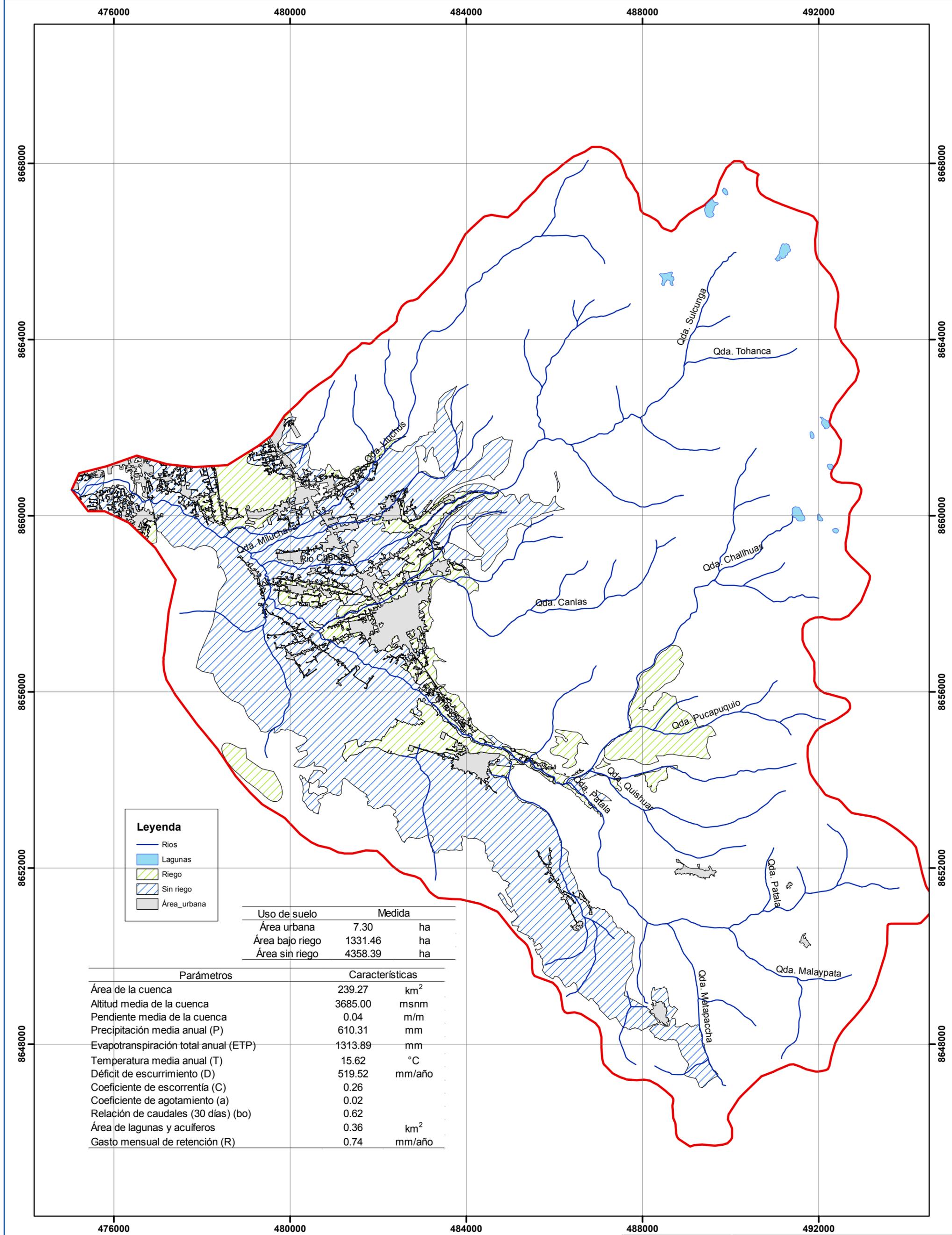
Tesis: "EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL PARA LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHANCHAS, HUANCAYO - JUNÍN"

Plano: Uso de suelo de la subcuenca del río Chanchas		
Dibujo:	Fecha: Febrero - 2019	Lámina:
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	SC - 02

8644000

476000 480000 484000 488000 492000

8644000

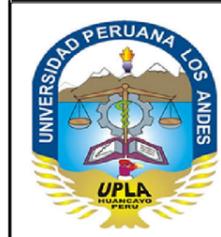


Leyenda

- Rios
- Lagunas
- Riego
- Sin riego
- Área urbana

Uso de suelo	Medida	
Área urbana	7.30	ha
Área bajo riego	1331.46	ha
Área sin riego	4358.39	ha

Parámetros	Características	
Área de la cuenca	239.27	km ²
Altitud media de la cuenca	3685.00	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.04	m/m
Precipitación media anual (P)	610.31	mm
Evapotranspiración total anual (ETP)	1313.89	mm
Temperatura media anual (T)	15.62	°C
Déficit de escurrimiento (D)	519.52	mm/año
Coefficiente de escorrentía (C)	0.26	
Coefficiente de agotamiento (a)	0.02	
Relación de caudales (30 días) (bo)	0.62	
Área de lagunas y acuíferos	0.36	km ²
Gasto mensual de retención (R)	0.74	mm/año



Tesis: "EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL PARA LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHANCHAS, HUANCAYO - JUNÍN"

Plano:
Uso de suelo de la subcuenca del río Chanchas

Dibujo:	Fecha: Febrero - 2019	Lámina:
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	SC - 02