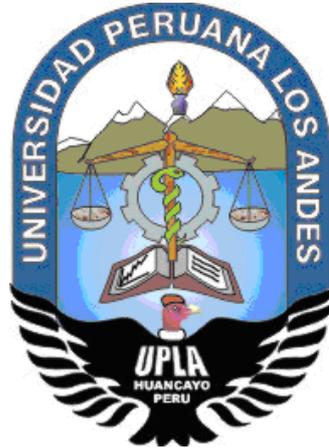


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**OFERTA HÍDRICA Y DEMANDA HÍDRICA DE LA LAGUNA DE
TIPICOCHA, DISTRITO DE APATA – JAUJA – JUNÍN, 2020**

PRESENTADO POR:

BACH. MIKE GAVILAN ANTEZANA

Línea de investigación institucional:

Salud y Gestión de la Salud.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2020

Dr. Juan José Bullón Rosas.

Asesor

Dedicatoria

A Dios por permitir concretar mis objetivos y por estar en todo momento.

A mi familia, por haberme acompañado e iluminado a lo largo de todos mis años de estudio y por haberme dado fortaleza y salud para cumplir mis objetivos.

Mike Gavilan Antezana.

Agradecimiento

A la Universidad Peruana Los Andes por formarme integralmente a lo largo del desarrollo académico de mi carrera, a los docentes que con su experiencia contribuyeron al fortalecimiento de mis competencias en mi carrera profesional; y a mis padres por su apoyo incondicional.

A mi asesor de tesis, por compartir sus conocimientos en la elaboración de la presente investigación.

Mike Gavilan Antezana.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera
Presidente

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil.
Jurado

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza.
Jurado

Ing. Rando Porras Olarte.
Jurado

Ing. Julio Fredy Porras Mayta.
Jurado

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales
Secretario Docente

ÍNDICE

Dedicatoria	i
Agradecimiento	i
ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABLAS	i
INCIDE DE FIGURAS	i
RESUMEN	i
ABSTRACT	i
INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I	3
PROBLEMA DE INVESTIGACION	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Formulación y sistematización el problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Justificación de la investigación	4
1.3.1. Práctica	4
1.3.2. Teórica	5
1.3.3. Metodológica	5
1.4. Delimitación	6
1.4.1. Espacial	6
1.4.2. Temporal	6
1.4.3. Económica	6
1.5. Limitaciones	6
1.6. Objetivos	7
1.6.1. Objetivo general	7
1.6.2. Objetivos específicos	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Antecedente internacional	8
2.1.2. Antecedente nacional	11

2.2. Marco conceptual	14
2.2.1. Introducción al balance hídrico	14
2.2.2. Diseño hidrológico	16
2.2.3. Escurrimiento	16
2.2.4. Tipos de escurrimiento	16
2.2.5. Precipitación atmosférica	17
2.2.6. Ciclo hidrológico	18
2.2.7. Evapotranspiración	18
2.2.8. Métodos de cálculo	20
2.2.9. Oferta hídrica	21
2.2.10. Demanda hídrica	21
2.2.11. Uso primario del agua	22
2.2.12. Uso poblacional del agua	22
2.2.13. Uso productivo del agua	22
2.2.14. Demanda hídrica poblacional	22
2.2.15. Población actual y futura	22
2.2.16. Dotación de abastecimiento de agua para consumo poblacional	23
2.2.17. Demanda hídrica de consumo por riego	23
2.2.18. Balance hídrico en riego	24
2.3. Definición de términos	27
2.4. Hipótesis	28
2.4.1. Hipótesis general	28
2.4.2. Hipótesis específicas	29
2.5. Variables	29
2.5.1. Definición conceptual de la variable	29
2.5.2. Definición operacional de la variable	29
2.5.3. Operacionalización de la variable	30
CAPÍTULO III	32
METODOLOGÍA	32
3.1. Método de investigación	32
3.2. Tipo de investigación	32
3.3. Nivel de investigación	33
3.4. Diseño de investigación	33
3.5. Población y muestra	33

3.5.1. Población	33
3.5.2. Muestra	33
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.7. Procesamiento de datos	35
3.7.1. Oferta hídrica	35
3.7.2. Demanda hídrica por consumo poblacional	44
3.7.3. Demanda hídrica por consumo agrícola	45
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS	47
4.1. Oferta hídrica y el consumo poblacional de la Laguna de Tipicocha	47
4.2. Oferta hídrica y el consumo agrícola de la Laguna de Tipicocha	48
4.3. Prueba de hipótesis	49
4.3.1. Oferta hídrica y el consumo poblacional de la Laguna de Tipicocha	49
4.3.2. Oferta hídrica y el consumo agrícola de la Laguna de Tipicocha	51
CAPÍTULO V	53
DISCUSIONES DE RESULTADOS	53
5.1. Oferta hídrica y consumo poblacional de la Laguna de Tipicocha	55
5.2. Oferta hídrica y consumo agrícola de la Laguna de Tipicocha	56
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	66
Anexo 1: Matriz de consistencia	67
Anexo 2: Datos meteorológicos en la zona de estudio.	69
Anexo 3: Planos	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Eficiencia de riego según el sistema de riego	27
Tabla 2. Operacionalización de las variables.	31
Tabla 3. Precipitación mensual en la Laguna de Tipicocha	36
Tabla 4. Temperatura en la Laguna de Tipicocha	37
Tabla 5. Factor de corrección mensual.	39
Tabla 6. Cálculo del índice térmico mensual.	40
Tabla 7. Cálculo del exponente “A” en función de la temperatura.	40
Tabla 8. Evapotranspiración potencial mensual en mm – método de Thornthwaite.	41
Tabla 9. Reserva de humedad, ΔH , para el cálculo de la ETR mensual en mm.	42
Tabla 10. ETR en mm de la laguna Tipicocha – Método Thornthwaite.	42
Tabla 11. Escorrentía superficial en la laguna Tipicocha en mm.	44
Tabla 12. Población del distrito de Apata.	44
Tabla 13. Consumo de agua en el distrito de Apata.	45
Tabla 14. Consumo agrícola en el distrito de Apata.	46
Tabla 15. Oferta hídrica y consumo poblacional.	47
Tabla 16. Oferta hídrica y consumo agrícola.	48
Tabla 17. Estadísticas de la regresión.	50
Tabla 18. Análisis de varianza de correlación de Pearson - Oferta hídrica y consumo poblacional.	50
Tabla 19. Estadísticas de la regresión.	51
Tabla 20. Análisis de varianza de correlación de Pearson - Oferta hídrica y consumo agrícola.	51
Tabla 21. Precipitación mensual en la laguna de Tipicocha.	70
Tabla 22. Temperatura mensual en la laguna de Tipicocha.	71
Tabla 23. Número de horas de sol teóricas en el hemisferio Sur.	72
Tabla 24. Índice térmico mensual.	74
Tabla 25. Evapotranspiración potencial mensual en mm – Método de Thornthwaite.	75
Tabla 26. ETR en mm de la Laguna de Tipicocha – Método de Thornthwaite.	76
Tabla 27. Escorrentía superficial en la Laguna de Tipicocha.	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Laguna de Tipicocha - Vista panorámica.	6
Figura 2. Curva generalizada del periodo de cultivo	24
Figura 3. Laguna de Tipicocha - Vista panorámica.	34
Figura 4. Precipitación en la Laguna de Tipicocha.	36
Figura 5. Temperatura en la Laguna de Tipicocha.	37
Figura 6. Oferta hídrica y consumo poblacional.	48
Figura 7. Oferta hídrica y consumo agrícola.	49
Figura 8. Función polinómica – Correlación entre oferta hídrica y consumo poblacional.	50
Figura 9. Función polinómica – Correlación entre oferta hídrica y consumo agrícola.	52

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha, distrito de Apata – Jauja – Junín, 2020?, y como objetivo general: Evaluar la relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha, distrito de Apata – Jauja – Junín, 2020 y la hipótesis general que se verificó fue: La relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha del distrito de Apata - Jauja, es positiva y directa.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada de nivel correlacional y el diseño fue no experimental. La población correspondió a la laguna de Tipicocha, ubicada en el distrito de Apata, provincia de Jauja del departamento de Junín; mientras que para la muestra no se consideró técnica de muestreo, pues constituyó a la totalidad de la población.

Como conclusión principal se obtuvo que, existe relación directa entre la oferta hídrica y la demanda hídrica de la Laguna de Tipicocha.

Palabras claves: Balance hídrico, oferta hídrica, demanda hídrica, laguna.

ABSTRACT

The general problem of this research was: What is the relationship between water supply and water demand in the Tipicocha lagoon, district of Apata - Jauja - Junín, 2020, and as a general objective: Evaluate the relationship between water supply and water demand of the lagoon of Tipicocha, district of Apata - Jauja - Junín, 2020 and the general hypothesis that was verified was: The relationship between water supply and water demand of the lagoon of Tipicocha in the district of Apata - Jauja, is positive and direct.

The general research method was scientific, the type of research was applied at a correlational level and the design was non-experimental. The population corresponded to the lagoon of Tipicocha, located in the district of Apata, province of Jauja of the department of Junín; while for the sample it was not considered sampling technique, because it constituted the totality of the population.

As a main conclusion, it was obtained that there is a direct relation between the water supply and the water demand of Tipicocha Lagoon.

Keywords: Water balance, water supply, water demand, lagoon.

INTRODUCCIÓN

El balance del recurso hídrico en nuestro país es afectado principalmente por la actividad humana a través del cambio climático, el cual viene interfiriendo en el equilibrio del sistema del agua; los factores que alteran la disponibilidad de agua en los mantos de acuíferos, también generan un impacto en las condiciones medioambientales de los diversos ecosistemas que existen a sus alrededores, así como también algunos cambios en las diferentes actividades humanas que involucran el consumo y utilización del recurso hídrico, las cuales se ven limitadas debido a la cantidad de agua disponible para los diversos usos (Batres & Gómez, 2014). Entre las principales actividades de origen humano que afectan el balance hídrico, se tiene el abuso en la extracción de los mantos acuíferos subterráneos, los cambios de uso de suelo, la deforestación, el vertido de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua y el incremento de urbanización en zonas de recarga o producción hídrica, entre otros.

Es elemental el estudio de la cantidad de agua existente en una cuenca hidrográfica para establecer una repartición equitativa del recurso hacia los diferentes usuarios y usos efectivos que se presentan en una determinada área.

Por otra parte, la existencia de pocos estudios que realizan un balance hídrico en cuencas del valle del Mantaro, y dada la necesidad e importancia de saber con cuanto recurso hídrico se cuenta en una cuenca hídrica para los diferentes usos, se plantea el presente estudio que tiene como objetivo determinar la relación entre la oferta y demanda hídrica de la Laguna de Tipicocha, con la finalidad de evaluar y cuantificar la disponibilidad hídrica la laguna Tipicocha y de este modo lograr el manejo y gestión del agua de manera organizada.

El desarrollo de este estudio está compuesto por 5 capítulos, los cuales son:

Capítulo I: Problema de investigación, en el cual se presenta el problema de la investigación y contiene el planteamiento del problema, formulación del problema, justificación, delimitación y objetivos de la investigación.

Capítulo II: Marco Teórico, en el que se presenta el marco teórico de la investigación y contiene los antecedentes de la investigación, marco conceptual referente al tema, definición de términos, hipótesis y variables.

Capítulo III: Metodología de la investigación, en el que se presenta la metodología de la investigación, que contiene el método, tipo, nivel, diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección y técnicas de procesamiento de datos.

Capítulo IV: Resultados, en el cual se presentan los resultados de la investigación acorde con los objetivos planteados.

Capítulo V: Discusión de resultados, se desarrolla las discusiones de los resultados obtenidos para todos los parámetros necesarios para el cálculo del balance hídrico.

Por último, se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos en los que se adjunta la información meteorológica obtenida de SENAMHI y los cuadros correspondientes a los cálculos realizados para la obtención de la esorrentía.

Bach. Mike Gavilan Antezana.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, la oferta del agua como recurso natural, único e indispensable para la vida influye en la existencia de todos los seres vivos que demandan de este; lo cual implica que su conocimiento, asignación y uso implican decisiones de grupo, donde su administración no es un problema de cada individuo específico sino del grupo en su conjunto (González, 2019).

En tal sentido, el recurso hídrico en América Latina también constituye uno de los mayores retos, pues a pesar que, de acuerdo al Programa Ambiental de Naciones Unidas, la región de Latinoamérica cuenta con el 65 % de agua dulce del mundo, la relación entre la oferta y demanda de agua trae consigo diversas situaciones muy confusas y distintas, dependiendo de cada país (Yáñez-Yáñez, 2016).

En el Perú, así como en la mayoría de los países en vías de desarrollo, existen serios problemas en el manejo de los recursos hídricos, por la distribución demográfica y la distribución del mismo, siendo un claro ejemplo que el 70 % de la población se concentra en la zona desértica de la cual sólo el 2 % dispone de agua, pues la mayor concentración del recurso hídrico se da en región amazónica (Burstein, 2018). Por lo tanto,

es de vital importancia conocer la relación entre la oferta y demanda de agua para una correcta gestión de los recursos hídrico.

En la provincia de Jauja del departamento de Junín, una de las actividades económica que más demanda el recurso hídrico en las subcuencas hidrográficas es la agricultura, constituyendo una actividad importante para el desarrollo económico; no obstante, se debe considerar la necesidad de agua para el consumo humano; en tal razón, en la presente investigación se consideró la laguna Tipicocha ubicada en el distrito de Apata, pues a pesar que contar con abundante recurso hídrico y de desarrollarse la agricultura ampliamente es dable evaluar la relación entre la oferta y demanda hídrica, constituyendo un paso importante para la gestión del recurso hídrico.

1.2. Formulación y sistematización el problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha, distrito de Apata – Jauja – Junín, 2020?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué relación existe entre la oferta hídrica y el consumo poblacional de la Laguna de Tipicocha?
- b) ¿Cuál es la relación de la oferta hídrica y el consumo agrícola de la Laguna Tipicocha?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Práctica

Según Bernal (2010), la justificación social o práctica existe cuando el desarrollo de la investigación propone estrategias que al aplicarse pretenden contribuir al problema.

En ese sentido por medio de la investigación, se pretende determinar la oferta y demanda hídrica de la Laguna de Tipicocha, con la finalidad de brindar información, como también beneficiar a la población respecto a la cantidad de agua en las zonas aledañas a la laguna para un uso adecuado tanto para el consumo poblacional como para el uso agrícola.

1.3.2. Teórica

Según Castro (2016), la justificación teórica señala la importancia que tiene la investigación de un problema en el desarrollo de una teoría científica; el cual implica indicar si el estudio permitirá realizar una innovación científica.

De acuerdo con lo mencionado en el párrafo anterior la oferta hídrica de la Laguna de Tipicocha será calculada por medio de la escorrentía en la zona, así mismo se calculará la demanda hídrica en función a la población cercana la cual será la beneficiaria y a las áreas de cultivo que requieren de agua para un adecuado desarrollo de los cultivos de la zona de estudio.

1.3.3. Metodológica

Según Bernal (2010), la justificación metodológica se describe cuando el proyecto de investigación propone una nueva estrategia para la generación de conocimiento válido y confiable.

Para este caso, la oferta hídrica de la Laguna de Tipicocha será estimada por medio de la escorrentía la cual requiere de la información de la precipitación y evapotranspiración de la zona de estudio, posteriormente se procederá con el cálculo de la hídrica la cual está comprendida por el consumo poblacional que se estimará a partir de la necesidad de agua de la población más cercana al área de estudio y el consumo agrícola que se estimará a partir de los cultivos más frecuentes en las zonas aledañas a la Laguna de Tipicocha.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

El presente proyecto se realizó sobre el área que abarca la Laguna de Tipicocha del distrito de Apata, provincia de Jauja, Junín. Sin embargo, cabe resaltar que el desarrollo de la investigación se realizará en la ciudad de Huancayo.

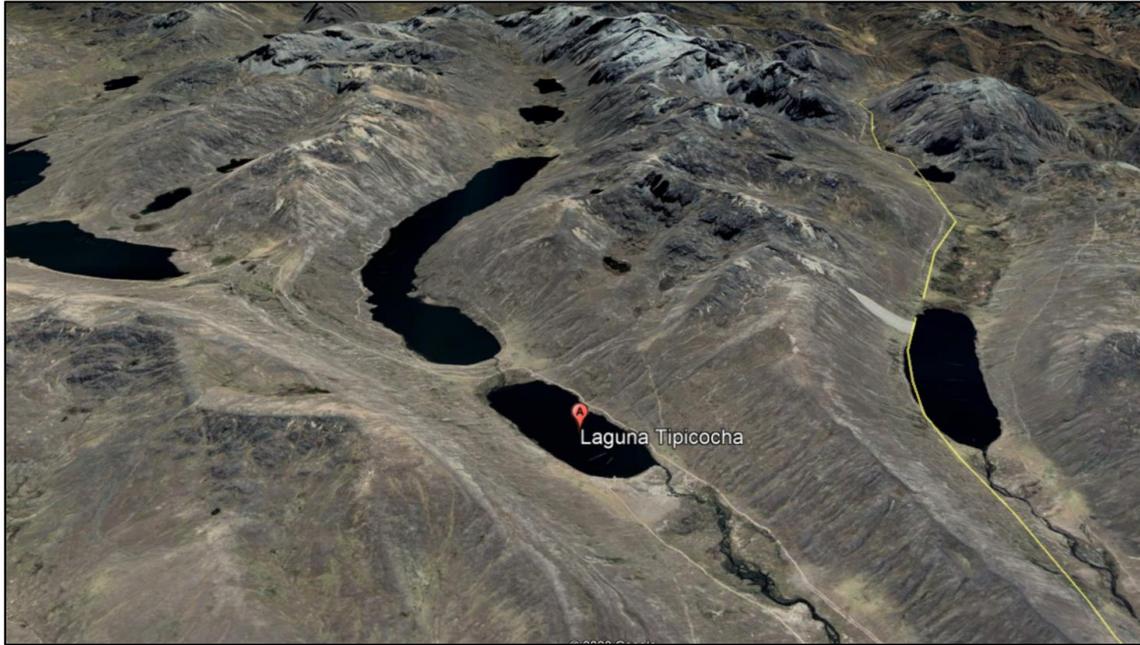


Figura 1. Laguna de Tipicocha - Vista panorámica.
Fuente: Elaboración propia.

1.4.2. Temporal

La presente investigación se realizó durante un periodo de cinco meses, el cual comprende los meses de junio a octubre del 2020.

1.4.3. Económica

Los gastos de la presente investigación fueron abordados en su totalidad por el tesista.

1.5. Limitaciones

La presente investigación presentó como limitación la poca información referida a la laguna Tipicocha.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha, distrito de Apata – Jauja – Junín, 2020.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la relación entre la oferta hídrica y el consumo poblacional de la laguna de Tipicocha.
- b) Determinar la relación entre la oferta hídrica y el consumo agrícola de la Laguna Tipicocha.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedente internacional

Según Díaz y otros (2018) para obtener el título de especialista en recursos hídricos, sustentaron la tesis titulada “Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la Quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nuchía, Casanare”. Con el objetivo de determinar las condiciones hidrológicas de la fuente de abastecimiento del acueducto del interveredal, delimitando el área de la cuenca de aportación y analizando los factores hidrometeorológicos. Para el desarrollo de la investigación recolectaron información histórica de la cuenca, con la cual se realizaron los cálculos de oferta y demanda hídrica de la cuenca mencionada. Como resultado de la investigación, se obtuvo una oferta hídrica de 110038263 m³, demanda hídrica de uso doméstico de 241719 m³/año y una escasez hídrica de 0.22 % equivalente a una baja escasez. Llegaron a la conclusión de que en el mes de enero presentó una mayor escasez y el mes de mayo una menor escasez, razón por la cual se considera a la cuenca como una fuente abastecedora de agua para el proyecto del acueducto interveredal.

Según Carchi (2015), en la tesis “Elaboración de un balance hídrico de la cuenca del río Machangara”. Con el objetivo de elaborar el balance hídrico en la cuenca del río Machangara. Para el desarrollo de la investigación evaluó las variables de precipitación, temperatura y evapotranspiración, cabe resaltar que para el estudio de precipitación el autor determinó las áreas efectivas de cada estación con el método de polígonos de Thiessen y para el cálculo de la evapotranspiración empleó el método de Thornthwaite el mismo que está en función de la temperatura media; posteriormente determinó la demanda de agua utilizando información de la estación cercana. Como resultado de la investigación obtuvo que en la cuenca alta la demanda se satisface al 100% a diferencia de la cuenca baja donde existe déficit del recurso hídrico en los meses de enero, junio, julio, agosto y setiembre. Llegó a la conclusión de que la cuenca alta y baja presenta periodos de déficit del recurso que a futuro puede tener una demanda mayor debido a los factores climáticos, aumento de población, incremento de usos industriales, riego, etc.

Según Naranjo y Duque (2004) artículo publicado en la ciudad de Caracas, Venezuela. En el trabajo de investigación, se estima la cantidad de agua superficial de la cuenca alta del río Chama, por medio del uso de valores anuales de precipitación y datos mensuales de caudal como una aproximación a la cuantificación de la disponibilidad del recurso hídrico, además presenta las condiciones ecológicas del agua, usos de tierra y otros aspectos relacionados con el recurso. El área de la cuenca es de 50000ha la cual está compuesta por 12 unidades hidroeconómicas. Como resultado de la investigación, se obtuvo que 3 unidades hidroeconómicas (La Carbonera, Gavidia y El Cardenillo) presentan mayor producción de agua frente a la demanda durante el año debido a que son zonas poco pobladas, a diferencia de las otras unidades hidroeconómicas donde las demandas se ven satisfechas por la oferta pese a una condición ecológica de regular a pobre. Llegaron a la conclusión de que el diagnóstico del recurso hídrico indica que la cuenca alta del

río Chama se enfrenta a serios problemas de escasez de agua en la actualidad del año 2004 afectando a más de las tres cuartas partes de sus tierras en diferentes grados; debido al crecimiento poblacional, incremento de la presión en el uso de tierras, el uso para las actividades económicas y la falta de un plan de manejo sostenible del recurso.

Según Zuluaga (2011) para optar el título de Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo, la autora sustentó la tesis titulada “Simulador piloto de la oferta y demanda hídrica en una microcuenca rural para la validación de metodologías y la evaluación de políticas de manejo sostenible del recurso agua”. Con el objetivo de generar una herramienta que permita evaluar las relaciones oferta hídrica - demanda hídrica – gestión institucional en cuencas rurales simples, que sirva de ayuda a la toma de decisiones en gestión sostenible del recurso agua. Para el desarrollo de la investigación, la autora estimó la escorrentía de forma directa como la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración a una escala temporal anual; con el modelo desarrollado en Dinámica de Sistemas realizó la simulación de 5 escenarios con un horizonte de 50 años, los cuales toman en cuenta la reducción de la precipitación por el cambio climático, cambios en el uso del suelo, coberturas de la cuenca, aumento de la demanda del recurso hídrico por políticas del uso del suelo. Para la obtención de resultados se realizaron reducciones en la demanda hídrica de un 25 % a un 5 % y de la oferta hídrica de 444 L/s a 200 L/s como consideración del cambio climático. Llegó a la conclusión de que en los escenarios evaluados la cuenca de la quebrada Piedras Blancas alcanzará una escasez de agua crónica a medio plazo, por lo que para mitigar esta situación se deberán de aplicar políticas públicas que garanticen la sustentabilidad del recurso hídrico.

2.1.2. Antecedente nacional

Según Untiveros (2011) para optar el título de Ingeniero Civil, sustentó la tesis titulada “Balance hídrico de la Laguna Parón, herramienta para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) en la Cuenca el Río Santa”. Con el objetivo de formular el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos de la Laguna Parón, la cual se encuentra localizada en la provincia de Huaylas del departamento de Ancash. Para el desarrollo de la investigación, la autora tomó en consideración el origen glaciar de la Laguna, para el balance hídrico planteó tres escenarios de aprovechamiento del recurso hídrico los cuales son escenario actual 2010, escenario 2030 y escenario 2090 en los que se realizaron balances hídricos cada mes del año; de igual modo es necesario mencionar los parámetros de información utilizados para la investigación, los cuales fueron la precipitación, escorrentía (glaciar y no glaciar) y evaporación sobre la laguna. Como resultado de la investigación, se obtuvo que para el escenario 2010 el volumen anual total fue de 44.5 MMC/año, para el escenario 2030 el volumen escurrido fue de 68.5 MMC/año donde no se realizó el balance hídrico ya que no se realizó la diferencia entre la escorrentía glaciar y no glaciar, y para el escenario 2090 el volumen anual total fue de 19.7 MMC/año de donde el aporte a la microcuenca Parón proviene exclusivamente de las precipitaciones estacionales. Llegó a la conclusión de que es necesario el acercamiento de información de la situación de los recursos hídricos a la población local.

Según Marroquín (2016) para optar el título de Ingeniero Civil, la autora sustentó la tesis titulada “Balance hídrico superficial de la subcuenca del río Paltiture”. Con el objetivo de evaluar las características hidrológicas de la subcuenca del río Paltiture. La investigación se hizo posible con el cálculo de la escorrentía por medio del balance hídrico superficial siguiendo la guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur, para el

cual se usó información pluviométrica desde el año 1995 hasta el 2010. Como resultado de la investigación, se obtuvieron los valores de esorrentía máximo, promedio y mínimo de 426.9 mm, 270 mm y 166.4 mm respectivamente; en cuanto a la capacidad requerida del embalse se trabajaron en tres escenarios, el primero caudal de descarga al 75 % de persistencia obteniendo una capacidad de 122 MMC, el segundo caudal ecológico obteniendo una capacidad de 83 MMC y el tercero caudal de descarga al 75 % de persistencia sin que sea inferior al caudal ecológico obteniendo una capacidad de 141 MMC. Llegó a la conclusión de que el volumen del embalse Paltiture se determinó teniendo en cuenta la capacidad hídrica de la subcuenca, caudal ecológico y de la interacción de ambas siendo 122 MMC, 83 MMC y 141 MMC respectivamente y que el embalse ayudará en la disminución de concentración de elementos contaminantes y de este modo poder reducir los daños en la agricultura y población de la zona.

Según Ramirez (2018) para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, el autor sustentó la tesis titulada "Determinación del balance hídrico y calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo humano de la localidad Santa Clara, 2017". Con el objetivo de determinar el balance hídrico y calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo humano de la localidad Santa Clara. La investigación fue del tipo aplicada, de nivel descriptiva y tuvo un diseño no experimental ya que no se realizó la manipulación de alguna variable. La población de la investigación fue la microcuenca de Santa Clara y la muestra fue el punto de captación de la microcuenca quebrada Santa Clara. Para el desarrollo de la investigación, el autor realizó el aforo de la microcuenca por el método del flotador en el punto de captación, tomó las muestras de agua en el punto de captación, recopiló información de las características del área de estudio para el cual realizó la geo referenciación en el punto de captación, obtuvo los datos históricos de precipitación de 30 años para luego obtener los

caudales, descargó la información de Modelos de Elevación Digital (DEM) del área de estudio y para el cálculo de la demanda hídrica utilizó la información de la población actual, dotación, coeficiente de máxima variación diaria y horaria, pérdidas del sistema, densidad poblacional, tasa de crecimiento, viviendas empadronadas, información proveniente del trabajo en campo que también se obtuvo del expediente técnico con SNIP 385170. Como resultado de la investigación obtuvo una demanda anual proyectada del consumo de agua potable desde el año 2018 al 2038 de 0.29 L/s a 0.35 L/s respectivamente, se obtuvo un caudal pico de 139.94 L/s con un tiempo de retorno de 31 años y una probabilidad de ocurrencia del 3.23 %; respecto al balance hídrico anual se tuvo que los resultados obtenidos con caudales mínimos, medios y máximos brindan un porcentaje de excedencia que supera del 95 % lo que significa que el abastecimiento poblacional de la localidad de Santa Clara no será un problema, del mismo modo se observa que con el paso de los años el caudal va disminuyendo en moderadas cantidades solo en el caso de que la población se incremente pero a su vez esta conserve el recurso hídrico de la microcuenca. Llegó a la conclusión de que la disponibilidad hídrica de la microcuenca quebrada Santa Clara generó superávit en los tres casos (caudal mínimo, medio y máximo), por lo que se puede utilizar el recurso hídrico en el punto de captación con fin poblacional y así satisfacer la demanda hídrica de la localidad de Santa Clara.

Según Ricce y Robles (2014) para optar el título profesional de Ingeniera en Ciencias Agrarias, las autoras sustentaron la tesis titulada "Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y estrategias de gestión sostenible en la microcuenca Río Negro - Satipo". Con el objetivo de evaluar la disponibilidad de los recursos hídricos superficial y estrategias de gestión sostenible en la microcuenca Río Negro. La investigación tuvo el diseño no experimental, con un nivel descriptivo. La población de estudio de esta investigación fue toda la microcuenca Río Negro y la muestra

está compuesta por los tributarios de la microcuenca y 20 familias escogidas aleatoriamente por microcuenca. Para el desarrollo de la investigación, el autor realizó la caracterización física y socioeconómica de la microcuenca, determinó la cantidad y calidad del agua, determinó la oferta y demanda hídrica y finalmente realizó la propuesta de lineamientos estratégicos para la GIRH (Gestión Integrada de Recursos Hídricos). Como resultado de la investigación obtuvo que la oferta total de agua sin considerar la evapotranspiración es de 183 386.952 m³/año y que la oferta total de agua considerando la evapotranspiración es de 91 693.476 m³/año, la demanda total es de 78 539.657 m³/año. Llegó a la conclusión de que los lineamientos propuestos para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos se ajustan a la realidad observada de acuerdo con las prioridades y necesidades determinadas por medio de la evaluación de disponibilidad de recursos hídricos superficiales.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Introducción al balance hídrico

Balance hídrico o balance de agua en hidrología es una ecuación que se utiliza para describir las entradas y salidas de agua de un sistema. El concepto de balance hídrico deriva del balance en contabilidad, es decir de un equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen, en un intervalo de tiempo determinado (Silva, 2005).

Un sistema puede ser uno de los varios dominios hidrológicos, como son la columna de suelo o una cuenca de drenaje.

Una ecuación general de balance hídrico es:

$$P = \frac{Q + E}{\Delta S} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

P: precipitación atmosférica.

Q: escorrentía superficial

E: evapotranspiración.

\ Delta S: cambio en el almacenamiento (suelo o en rocas).

Un balance hídrico se puede utilizar para gestionar el suministro de agua y predecir cuándo habrá escasez. También se utiliza en irrigación, modelos de escorrentía, control de avenidas y de contaminación. También se utiliza en diseño de drenajes subterráneos que puede ser horizontal (con tuberías) o drenaje vertical a través de pozos (Caicedo, 2009).

El balance hídrico se puede describir utilizando un gráfico con los niveles de precipitación y evapotranspiración a menudo en escala mensual.

No obstante, hay que distinguir que existen dos tipos de demandas, la demanda natural que comprende principalmente a la pérdida de agua por evapotranspiración y la demanda antropogénica. En este estudio se realizará el balance hídrico haciendo un análisis con los dos tipos de demanda.

El balance hídrico natural incluye los siguientes componentes (Iñiguez, 2003):

$$P + Q_{si} + Q_{ui} - E - ET - Q_{so} - Q_{uo} - DA - n = 0 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

P: precipitación

Q_{si}: caudal superficial de entrada

Q_{ui}: caudal subterráneo de entrada

E: evaporación

ET: evapotranspiración

Q_{so}: caudal superficial de salida

Q_{uo}: caudal subterráneo de salida

DA: cambio de almacenamiento en la cuenca (puede ser positivo o negativo)

n: error de estimación (debe ser menor al 5 %)

Considerando la información disponible en la cuenca de estudio se utiliza la siguiente ecuación para el balance hídrico:

$$P - ET = \Delta \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde Δ representa la cantidad de agua que existe en la cuenca (superávit o déficit) o disponibilidad de agua después de haber restado las entradas de agua (precipitación) y salidas de agua debido a la demanda atmosférica de vapor agua (evapotranspiración potencial) la cual está ajustada a los parámetros climáticos de la zona de estudio.

2.2.2. Diseño hidrológico

Proceso de evaluación del impacto de los eventos hidrológicos ya sea para un sistema de recursos hidráulicos o para las variables importantes del sistema para que éste pueda comportarse adecuadamente; asimismo, el diseño hidrológico puede ser utilizado en esquemas de nuevas estructuras hidráulicas (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

2.2.3. Escurrimiento

Es un componente del ciclo hidrológico correspondiendo al agua que proviene de la precipitación, circula sobre o bajo la superficie del suelo llegando a una corriente, que por último drena hacia la salida de una cuenca hidrográfica (Chipana & Orellana, 2005).

2.2.4. Tipos de escurrimiento

Escurrimiento superficial. – Proveniente de la precipitación que no se infiltra lo cual hace que se escurra sobre el suelo, existe

durante la tormenta e inmediatamente después que termine (Chipana & Orellana, 2005).

Escurrimiento subsuperficial. – Es resultado de parte de la precipitación que se infiltró, su efecto puede ser inmediato o retardado (Chipana & Orellana, 2005).

Escurrimiento subterráneo. – Proviene del agua subterránea que se recarga en parte de la precipitación que se haya infiltrado, después de que el suelo se haya saturado (Chipana & Orellana, 2005).

2.2.5. Precipitación atmosférica

En meteorología la precipitación es el agua procedente de la atmósfera que se deposita sobre la superficie de la tierra en forma sólida o líquida como consecuencia de los procesos de condensación y agregación que afectan al vapor de agua dentro de las nubes. Las principales formas de precipitación son la lluvia, la nieve y el granizo. Los efectos de los microclimas urbanos llevan a un incremento de las precipitaciones, tanto en cantidad como en intensidad, que caen sobre las ciudades. El calentamiento global también está causando cambios en los patrones de las precipitaciones a nivel planetario (Olalla, López, & Calera, 2005).

Las precipitaciones son uno de los componentes principales del ciclo del agua y son responsables de depositar la mayor parte del agua dulce del planeta.

Entre los mecanismos que producen la precipitación se incluyen los procesos convectivos los de estratificación y los orográficos que forman las nubes. Los procesos convectivos conllevan fuertes corrientes ascendentes que pueden causar un gran cambio en la atmósfera a una determinada localización en una hora y causar fuertes precipitaciones, mientras que los procesos de estratificación involucran fuerzas ascendentes más débiles y provoquen precipitaciones menos intensas (Sánchez A. , 2006).

La precipitación se puede clasificar en tres tipos según si cae en forma de agua líquida, agua líquida que se congela al llegar a tierra o agua sólida. Mezclas de estos tres tipos pueden caer de manera simultánea. La lluvia que se congela en contacto con una masa de aire más fría situada a ras del suelo se denomina lluvia ángel. Las formas sólidas de precipitación, agua congelada, incluyen la nieve y diferentes formas de granizo (Maderey, 2005).

El pluviómetro mide directamente la precipitación líquida o pluviometría. En el caso de haber nieve en el pluviómetro ésta se funde con una cantidad conocida de agua caliente y se determina como litros de agua líquida.

La precipitación se mide en milímetros o en litros por metro cuadrado. Las dos unidades son equivalentes, ya que un litro en un recipiente de 1 metro cuadrado sube un milímetro.

2.2.6. Ciclo hidrológico

Corresponde al foco central de la hidrología, no tiene principio ni fin y sus procesos ocurren en forma continua; inicia con la evaporación del agua de los océanos y de la superficie terrestre convirtiéndose parte de la atmósfera, luego ésta se precipita en la misma superficie o en los océanos, posteriormente el agua que se precipita es interceptada por la vegetación que se convierte el flujo superficial o subsuperficial que se convierte en escorrentía superficial que regresa a los océanos (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

2.2.7. Evapotranspiración

La evapotranspiración (ET) es la suma de la evaporación y la transpiración vegetal desde la superficie del suelo hacia la atmósfera. La evapotranspiración es parte importante del ciclo del agua. La evapotranspiración potencial (ETP) es la representación de la demanda medioambiental y representa la tasa de evapotranspiración de una vegetación densa baja, homogénea y con suficiente agua

para no limitar su crecimiento, es decir que cubre completamente el suelo, con un peso uniforme y suficientemente provista de agua (Maderey, 2005).

- Evapotranspiración Potencial (ETP): es la cantidad máxima de agua que puede evaporarse desde la superficie del suelo cubierto por vegetación y sin llegar a un estrés hídrico (FAO, 2006).
- Evapotranspiración de Referencia (ETo): representa la tasa de evapotranspiración de un cultivo en específico con características de crecimiento similar que cubren totalmente el suelo y con la cantidad necesaria de agua para que no exista un déficit hídrico (FAO, 2006).
- Evapotranspiración real (ETr): cantidad real de evapotranspiración, es decir lo que se encuentra en el campo de estudio, para el cálculo de ETr se necesita más parámetros a diferencia de la ETP y ETo (WIKIPEDIA, 2015)
- Coeficiente de cultivo (Kc): el coeficiente de cultivo es un valor de ajuste para el cálculo de la ETr y se presenta en tablas dependiendo las características de cada cultivo (FAO, 2006).

Factores que influyen en la evapotranspiración:

- Etapa de crecimiento de las plantas,
- Porcentaje de cubrimiento del suelo,
- Radiación solar,
- Humedad,
- Temperatura y viento.

En relación a las estimaciones de evapotranspiración podemos nombrar las siguientes:

- Métodos indirectos que utilizan fórmulas matemáticas, la más conocida y utilizada es la del método FAO-56 Penman – Monteith.
- Métodos directos para calcular la evapotranspiración real que hacen uso de dispositivos llamados lisímetros que consisten en tener una parcela de tierra cultivada sobre una báscula de precisión de gran tamaño. Con ello se consigue medir las pérdidas de peso que, con las debidas correcciones, se consideran pérdidas de agua por evapotranspiración (Ramakrishna, 1997).

Entre los métodos indirectos más comunes para calcular la evapotranspiración potencial destacan los siguientes:

2.2.8. Métodos de cálculo

- Radiación: este método precisa disponer de datos mensuales de temperatura media, humedad relativa media, número de horas de sol y velocidad del viento diurno (Carchi, 2015).
- Penman: este método requiere disponer de temperaturas medias mensuales, humedades relativas media y máxima, número de horas de sol, velocidad del viento y estimación de la relación entre velocidades del viento diurnas y nocturnas (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006).
- Blaney-Criddle: se basa en los datos de temperatura media, humedad relativa mínima, número de horas de sol y velocidad diurna del sol (Carchi, 2015).
- Hargreaves: es necesario datos de temperatura y radiación solar para realizar el cálculo de evapotranspiración potencial (Hargreaves & Samani, 1985).
- Thornthwaite: tan sólo requiere los datos de temperatura media mensuales, y permite calcular la evapotranspiración potencial mensual.

Entre los métodos más utilizados, por su simplicidad para el cálculo de la evapotranspiración está el método de Thornthwaite, uno de los métodos empíricos más prácticos para realizar cálculos detallados de balances anuales y mensuales de agua, y ampliamente usado.

El método de Thornthwaite aporta valores aceptables en zonas más o menos húmedas, en cambio no funciona bien para las zonas áridas o semiáridas (Vorhauer & Hamlett, 1996).

La falta de información en zonas de montaña como la inexistencia de datos de variables como la humedad, la radiación, la velocidad del viento, etc., ha conducido a estimar la evapotranspiración mediante la aplicación del método empírico de Thornthwaite (1948), que únicamente necesita los datos mensuales de temperatura media.

2.2.9. Oferta hídrica

Porción de agua, que después de haberse precipitado sobre la cuenca y haber satisfecho la evapotranspiración e infiltración, escurre por los cauces mayores de los ríos y corrientes superficiales; además de alimentar lagos, lagunas y reservorios confluye con otras corrientes y llega directa a indirectamente al mar. Razón por la cual esta proporción de agua se considera como escorrentía superficial (CORPONARIÑO, 2019).

2.2.10. Demanda hídrica

Agua que es utilizada en el consumo humano, con la finalidad de satisfacer las necesidades domésticas, individuales o colectivas y en especial las actividades destinadas a la comercialización o distribución que no requieran elaboración (Pizarro, 2010).

2.2.11. Uso primario del agua

Consiste en el uso directo y efectivo del agua en las fuentes naturales y cauces públicos, con la finalidad de satisfacer las necesidades humanas primarias. Comprende el uso del agua para la preparación de alimentos, consumo directo y el aseo personal, así como también su uso en las ceremonias culturales, religiosas y culturales (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.12. Uso poblacional del agua

Consiste en la extracción de agua de una fuente por medio de un sistema de captación, tratamiento y distribución con la finalidad de satisfacer las necesidades humanas básicas de preparación de alimentos y hábitos de aseo personal (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.13. Uso productivo del agua

Consiste en la utilización de carácter exclusivo de los recursos hídricos como insumo para el desarrollo de una actividad económica y para ejercer dicho uso se requiere de permiso o autorización de uso del agua otorgado por la Autoridad Nacional del Agua (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.14. Demanda hídrica poblacional

Consiste en la cuantificación necesaria para satisfacer las necesidades hídricas humanas dentro de un área determinada. El uso poblacional consiste en la captación del agua de la fuente o red pública debidamente tratada (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.15. Población actual y futura

Se determina partiendo de los censos de población y proyecciones del INEI. En caso de que la información de la población no se encuentre actualizada se deben aplicar métodos matemáticos

o un modelo simplificado, para el cual se tiene el siguiente método aritmético.

$$Pd = Pi(1 + r)^n \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

Pd (habitantes) : Población proyectada

Pi (habitantes) : Población inicial

r (%) : Índice de crecimiento de población anual

n (años) : Periodo de análisis

2.2.16. Dotación de abastecimiento de agua para consumo poblacional

Basado en el consumo per cápita (L/hab./día) y el número de personas para obtener el volumen requerido (m³/mes o m³/año), para determinar el consumo actual y proyectado se pueden adoptar los siguientes criterios:

- Dotación recomendada según región geográfica
- Dotación de otras localidades con características similares
- Curva de demanda obtenida con información del consumo familiar ante opciones de precio, tomando en cuenta a consumidores del sistema público de agua potable como consumidores de fuentes alternativas
- Dotaciones de consumo de agua determinados a través de medidores testigos

2.2.17. Demanda hídrica de consumo por riego

La demanda de agua por riego es la cantidad de agua necesaria para satisfacer los requerimientos durante todo un periodo vegetativo de los cultivos que se desarrollan dentro de un sistema de riego (Pizarro, 2010).

2.2.18. Balance hídrico en riego

El balance hídrico en proyectos de riego permite establecer la relación entre la oferta o disponibilidad de agua y demanda de agua de los cultivos programados; además permite conocer el déficit o excedente en la fuente de abastecimiento (Pizarro, 2010).

Áreas de cultivo

Se consideran las áreas parciales para cada cultivo.

Coeficiente de uso consuntivo del cultivo

Este coeficiente expresa la diferencia entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la superficie del pasto de referencia, el cual depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada especie de cultivo y expresa la capacidad del cultivo de extraer el agua del suelo en las diferentes etapas del periodo vegetativo (FAO, 2006).

En la siguiente figura, se puede observar la curva generalizada del periodo de cultivo.

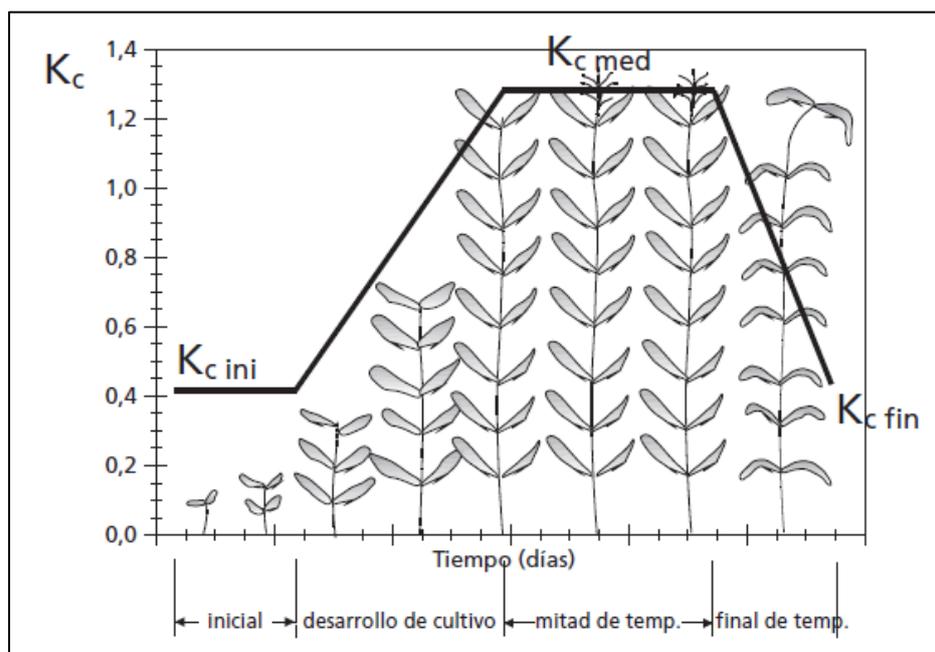


Figura 2. Curva generalizada del periodo de cultivo
Fuente: FAO (2006).

Uso consuntivo del cultivo, factor Kc ponderado

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Kc_{pond} = \frac{\sum(A * Kc)}{\sum A} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Evapotranspiración de referencia (ETO)

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

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

$$ET_o = \frac{0.48\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) * \mu_2 - (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\mu_2)} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

- ETO : Evapotranspiración de referencia (mmdía⁻¹).
- Rn : 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 : Déficit de presión de vapor (kPa).
- Δ : Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹).
- Γ : Constante psicométrica (kPa °C⁻¹).

Determinación de la evapotranspiración de cultivo (ETC)

De acuerdo con el enfoque del coeficiente de cultivo, la evapotranspiración del cultivo ET_c se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia ET_o y el coeficiente de cultivo K_c :

$$ET_c = K_c * ET_o \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm/d-1)

K_c : Coeficiente de cultivo (adimensional)

ET_o : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/d-1)

Precipitación efectiva (mm)

Cantidad de agua del total de la precipitación que aprovecha el cultivo para cubrir sus necesidades parciales o totalmente.

Requerimiento de agua (mm)

Lámina adicional de agua que se debe aplicar a un cultivo para cubrir sus necesidades, se expresa como la diferencia entre la ET_c y la precipitación efectiva.

$$\text{Requerimiento de agua} = ET_c - P. \text{Efectiva} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Requerimiento vol. neto} \\ = \text{Requerimiento de agua (mm)} * 10 \end{aligned} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Eficiencia de riego

Factor que indica la eficiencia del aprovechamiento del agua, en la siguiente tabla se muestran los valores de los diferentes tipos de riego.

Tabla 1. Eficiencia de riego según el 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

Requerimiento bruto del agua

Se sugiere emplear la siguiente ecuación:

$$Req. vol. bruto = \frac{Req. de volumen neto}{Ef. de riego proyecto} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Área total de la parcela (Área total)

Representa la cantidad de terreno de cultivo a irrigar con el proyecto.

Caudal de disponibilidad a la demanda (L/s)

Caudal requerido por el sistema de riego, de manera que se pueda satisfacer las necesidades de todos los usuarios.

$$Q_{dem} = \text{Área total} * MR \quad (\text{Ecuación 11})$$

2.3. Definición de términos

Precipitación. - Se denomina precipitación al agua que proviene de la humedad atmosférica y cae a la superficie terrestre, principalmente en estado líquido como lluvia, o sólidos como nieve o granizo (UNESCO,

1979). Como generalmente, las precipitaciones son la única fuente de humedad que llega a la superficie terrestre, la exactitud en su medición y su evaluación es determinante en el resultado del balance hídrico. Lamentablemente, no se puede estimar con un alto grado de exactitud ya que una parte del error radica en la pérdida que tiene la precipitación en la caída (UNESCO, 1979).

Temperatura. - La temperatura es de gran importancia dentro del ciclo hidrológico debido a que esta variable climática se encuentra ligada a la evapotranspiración y al período vegetativo de los cultivos.

Evaporación. - La evaporación es el proceso por el cual una cantidad de agua cambia de estado líquido a vapor. Para el cálculo del balance hídrico superficial, se considera la evaporación la que se produce desde una superficie libre de agua como lagos, embalses y pantanos.

Evapotranspiración. - La evapotranspiración (ET) se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por la transpiración de la vegetación. Es la suma de la cantidad de agua que pasa a la atmósfera por los procesos de evaporación del agua interceptada por el suelo y de la transpiración de las plantas (UNESCO, 1979).

Balance hídrico superficial. - El balance hídrico es un método de investigación del ciclo hidrológico, que analiza el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan y salen del sistema en un intervalo de tiempo determinado.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha del distrito de Apata - Jauja, es positiva y directa.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La relación que existe entre la oferta hídrica y el consumo poblacional de la laguna de Tipicocha es directa.
- b) La relación de la oferta hídrica y el consumo agrícola de la laguna de Tipicocha es directa.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente (X): Oferta hídrica: Porción de agua, que después de haberse precipitado sobre la cuenca y haber satisfecho la evapotranspiración e infiltración, escurre por los cauces mayores de los ríos y corrientes superficiales; además de alimentar lagos, lagunas y reservorios confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Razón por la cual esta proporción de agua se considera como escorrentía superficial (CORPONARIÑO, 2019).

Variable dependiente (Y): Demanda hídrica: Agua que es utilizada en el consumo humano, con la finalidad de satisfacer las necesidades domésticas, individuales o colectivas y en especial las actividades destinadas a la comercialización o distribución que no requieran elaboración (Pizarro, 2010).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente (X): Oferta hídrica: La oferta hídrica de la Laguna de Tipicocha se estimó con la información de la precipitación, evapotranspiración y temperatura de la zona, de la cual se obtuvo posteriormente la escorrentía superficial.

Variable dependiente (Y): Demanda hídrica: En cuanto a la demanda hídrica de la Laguna de Tipicocha, se obtuvo a partir de la información de población cercana a la zona de estudio, como también fue necesario la información de los cultivos propios de la zona para

satisfacer las necesidades de consumo poblacional como de uso agrícola con la disponibilidad hídrica de la zona de estudio.

2.5.3. Operacionalización de la variable

En la Tabla 2 se puede observar la operacionalización de variable de la investigación.

Tabla 2. Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Fuente
Variable independiente (X): Oferta hídrica	Oferta hídrica	Precipitación	mm	SENAMHI
		Temperatura	°C	SENAMHI
		Evapotranspiración	mm/mes	Hojas de cálculo
		Factor de corrección F	Adimensional	Hojas de cálculo
		Índice térmico anual	Adimensional	Hojas de cálculo
		Exponente en función de la temperatura	Adimensional	Hojas de cálculo
Variable dependiente (Y): Demanda hídrica	Consumo poblacional	Número de habitantes	Habitantes	INEI
		Dotación	L/día	Reglamento Nacional de Edificaciones
	Consumo agrícola	Tipo de cultivo	Adimensional	Bibliografía
		Precipitación	mm	SENAMHI
		Evapotranspiración	mm/mes	Hojas de cálculo
		Eficiencia de riego	Adimensional	Bibliografía

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Según Sánchez y Reyes (2015), afirma que el método es el proceso de indagación para tratar un conjunto de problemas que no conocemos y es la manera sistematizada de hacer uso del pensamiento reflexivo; incluyendo la solución de problemas de la sociedad que aún no han sido investigados o llevan hacia otra dirección.

En ese sentido, la presente investigación utilizó el método científico ya que se desarrolló de manera organizada y sistemática la información y los resultados necesarios para hacer posible la investigación.

3.2. Tipo de investigación

De acuerdo con Ramírez (2010), la investigación aplicada utiliza la teoría para la solución de problemas concretos y se encuentra relacionada de manera directa con la investigación pura, ya que las teorías que descubre esta última permiten la estructuración de soluciones concretas a problemas de la realidad.

El tipo de investigación fue aplicada porque se hace uso de los conocimientos para determinar la oferta y demanda hídrica de la Laguna

de Tipicocha, con la finalidad de satisfacer las necesidades de consumo humano y consumo agrícola de la población que se encuentre cerca de la Laguna.

3.3. Nivel de investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2014), menciona que la investigación correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población; en este caso la correlación se desarrolló entre la oferta hídrica y la demanda hídrica de la Laguna de Tipicocha.

3.4. Diseño de investigación

Para Orellana (2014), el diseño no experimental observa los fenómenos tal y como ocurren en su contexto o ambiente natural y el investigador no tiene el control sobre las variables y tampoco puede influir sobre ellas. Para el cual, la recolección de datos y el alcance del estudio es transversal ya que la recolección de datos se realizó en un determinado momento.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población correspondió a la laguna de Tipicocha, ubicada en el distrito de Apata, provincia de Jauja del departamento de Junín.

3.5.2. Muestra

No se utilizó técnica de muestreo, pues esta constituyó a la totalidad de la población; es decir, la laguna de Tipicocha ubicada en el distrito de Apata de la provincia de Jauja y departamento de Junín, tal como se observa en la siguiente figura:

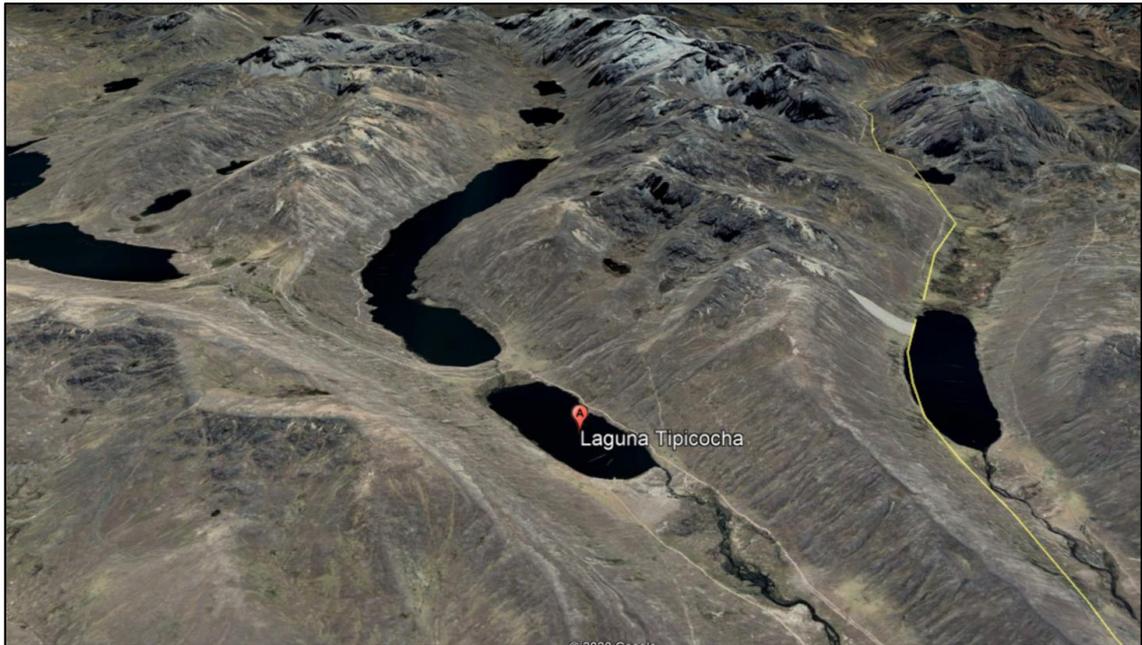


Figura 3. Laguna de Tipicocha - Vista panorámica.
Fuente: Elaboración propia.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa: La observación es una técnica que consiste en determinar las propiedades mediante la percepción al momento de la toma de datos; en ese sentido esta técnica tendrá mayor relevancia cuando se realice la visita a campo y se discuta en función a los resultados obtenidos de la investigación.

Análisis de documentos: Consiste en recopilar información bibliográfica, el cual puede ser en material físico o digital, los datos obtenidos se utilizarán para elaborar una metodología que permita la organización de dicha información, así como también para realizar la estimación del caudal del río en estudio.

Trabajo en gabinete: Consiste en el procesamiento de datos, propiamente dicho en gabinete, el cual procederá con el ordenamiento de los datos de la Laguna de Tipicocha, posteriormente se realizará los cálculos de oferta y demanda hídrica respectivamente, como se describe en las siguientes líneas:

- Paso 1: Ordenamiento de datos de precipitación de la Laguna de Tipicocha.

- Paso 2: Ordenamiento de datos de temperatura de la Laguna de Tipicocha.
- Paso 3: Cálculo de evapotranspiración de la zona de estudio.
- Paso 4: Cálculo de la escorrentía superficial de la zona de estudio.
- Paso 5: Cálculo de la demanda hídrica por consumo poblacional.
- Paso 6: Cálculo de la demanda hídrica por consumo agrícola.

3.7. Procesamiento de datos

El procesamiento de la información se realizará con la finalidad de ordenar la información obtenida; las cuales se realizarán en un programa en particular, del trabajo en gabinete y su presentación en el informe final de investigación. En ese sentido en la presente investigación se hará uso del MS-Excel para procesar los datos y el SPSS 22 para realizar la prueba estadística de la hipótesis planteada, con la finalidad de obtener tablas, gráficos y matrices de tabulación que faciliten la comprensión de la información obtenida.

3.7.1. Oferta hídrica

Precipitación en la zona de estudio

En la siguiente tabla, se puede observar la precipitación en el área de influencia de la Laguna de Tipicocha para un periodo de 15 años el cual está comprendido entre el año de 1998 y 2012. De otro lado, es importante mencionar que los datos se obtuvieron de la base de datos de SENAMHI.

Tabla 3. Precipitación mensual en la Laguna de Tipicocha

Mes	Máximo	Promedio	Mínimo
Ene.	98	68	28
Feb.	105	71.4	49
Mar	117	75.5	39
Abr.	60	41.3	9
May.	44	12	1
Jun.	8	2.2	0
Jul.	14	2.2	0
Ag.	29	13	0
Sep.	30	11.4	0
Oct.	133	103	91
Nov.	115	104.1	90
Dic.	197	88.5	54.2

Fuente: SENAMHI.

Del mismo modo, se puede observar la figura de la precipitación mensual en la Laguna de Tipicocha.

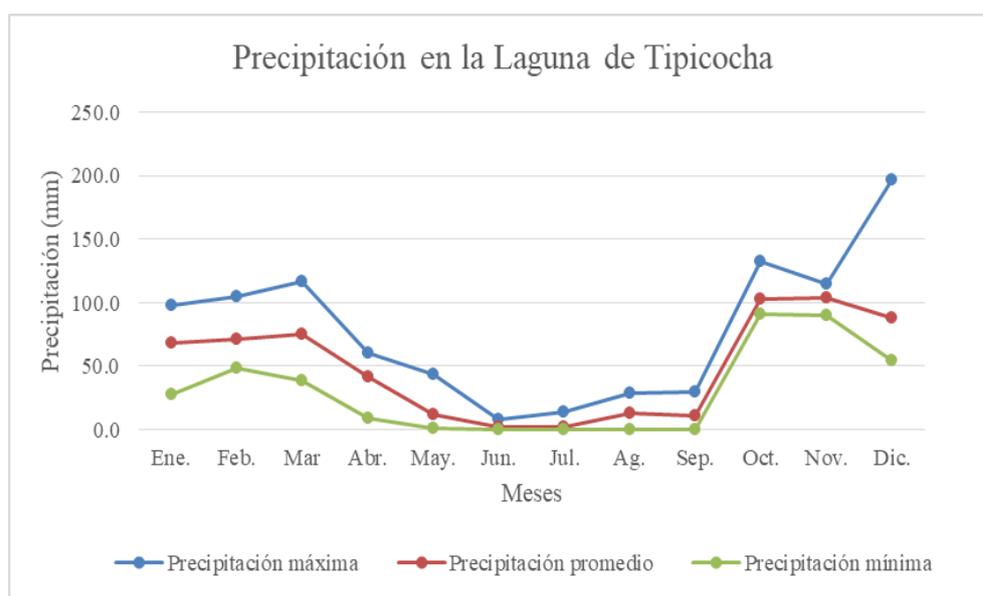


Figura 4. Precipitación en la Laguna de Tipicocha.

Fuente: Elaboración propia.

Temperatura de la zona de estudio

La siguiente tabla, muestra la temperatura en la Laguna de Tipicocha, para un periodo de 15 años.

Tabla 4. Temperatura en la Laguna de Tipicocha

Mes	Máximo	Promedio	Mínimo
Ene.	12.1	9	5.1
Feb.	11.7	8.8	5.1
Mar	11.7	8.9	5.5
Abr.	10.4	8.2	5.5
May.	7.7	6.6	5.3
Jun.	6.5	5.4	4.5
Jul.	6.2	5.1	4
Ag.	7.3	6.3	4.8
Sep.	9.5	7.7	5.2
Oct.	11.5	9.1	5.4
Nov.	12.6	10	6.9
Dic.	11.5	9.5	5.8

Fuente: SENAMHI

En la siguiente figura, se puede apreciar la representación de la temperatura máxima, promedio y mínima de la Laguna de Tipicocha.

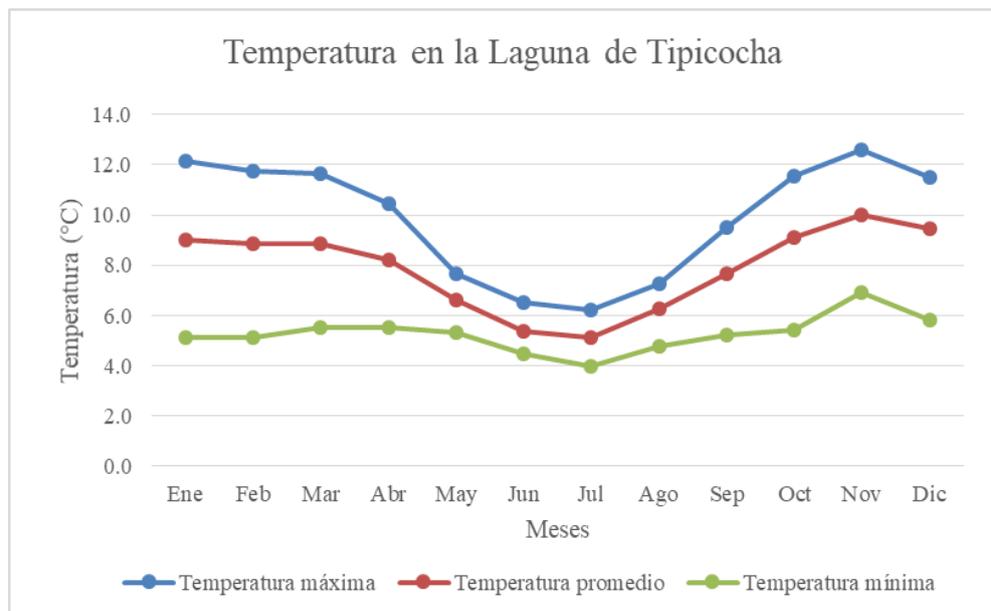


Figura 5. Temperatura en la Laguna de Tipicocha.
Fuente: Elaboración propia.

Evapotranspiración

Existen dos tipos de superficies de terreno, una natural y otra de riego, por lo que el cálculo de la evapotranspiración dependió del tipo de superficie que se tuvo.

Una superficie natural se identifica cuando la superficie regada es muy pequeña en relación al área total. Dentro del área limítrofe de la Laguna de Tipicocha se tiene un total de 6.7 km² de área verde que, con respecto al total del área de la subcuenca, equivaldría al 0.59 %. Por lo tanto, la Laguna de Tipicocha es una superficie natural.

Para calcular la evapotranspiración en la laguna Tipicocha, se utilizó el método de Thornthwaite el cual consiste en calcular para cada mes la evapotranspiración potencial y a partir de su suma, calcular el valor anual. Tiene la ventaja de utilizar en sus cálculos dos factores, la temperatura media mensual y la latitud, que implícitamente introduce la duración teórica de la insolación; y tiene como desventaja no tomar en cuenta la humedad del aire.

Para hallar la evapotranspiración potencial, se utiliza la siguiente ecuación:

$$ETP = 16F * \left(10 * \frac{T}{I}\right)^A \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

ETP : Evapotranspiración (mm/mes).

F : Factor de corrección por latitud y duración del mes.

T : Temperatura media mensual (°C).

I : Índice térmico anual.

A : Exponente en función de la temperatura.

Cálculo del factor de corrección F

Para el cálculo del factor de corrección (F), será necesario saber el número de horas de sol teóricas (N) para cada mes dependiendo de la latitud en la que se encuentra la estación. El factor de corrección tiene la siguiente expresión:

$$F = \frac{N}{12} * \frac{d}{30} \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Donde:

N = Número de horas de sol teóricas (Anexo 4, latitud 12°S)

d = Número de días que tiene el mes analizado

La siguiente tabla, muestra el factor de corrección mensual.

Tabla 5. Factor de corrección mensual.

Mes	N	d	F
Ene.	12.6	31	1.1
Feb.	12.4	28	1
Mar	12.1	31	1
Abr.	11.7	30	1
May.	11.4	31	1
Jun.	11.3	30	0.9
Jul.	11.4	31	1
Ag.	11.6	31	1
Sep.	11.9	30	1
Oct.	12.3	31	1.1
Nov.	12.6	30	1.1
Dic.	12.7	31	1.1

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del índice térmico anual I

Por otra parte, se hizo el cálculo del índice térmico anual (I), el cual se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5}\right)^{1.514} \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Donde:

T_i : Temperatura mensual.

La siguiente tabla, muestra el índice térmico anual de la Laguna de Tipicocha.

Tabla 6. Cálculo del índice térmico mensual.

Mes	Promedio
Ene	2.5
Feb	2.4
Mar	2.4
Abr	2.1
May	1.5
Jun	1.1
Jul	1
Ago	1.4
Sep	1.9
Oct	2.5
Nov	2.9
Dic	2.6

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del exponente en función de la temperatura A

Para lo cual se aplicó la siguiente expresión en función del índice térmico anual:

$$A = 6.75 * 10^{-7} * I^3 - 7.71 * 10^{-5} * I^2 + 0.01792 * I + 0.4924 \quad (\text{Ecuación 15})$$

La siguiente tabla, muestra el resultado de calcular el exponente en función de la temperatura (A), habiendo calculado el índice térmico anteriormente.

Tabla 7. Cálculo del exponente "A" en función de la temperatura.

Año	Índice térmico anual (I)	Exponente en función de la temperatura (A)
1998	16.7	0.8
1999	20.5	0.8
2000	15	0.7
2001	15.1	0.7
2002	18.4	0.8
2003	19.4	0.8
2004	20.4	0.8
2005	22	0.9
2006	22.4	0.9
2007	23.9	0.9
2008	24.6	0.9
2009	23.6	0.9
2010	24.5	0.9
2011	26.7	0.9
2012	25.9	0.9

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo calculado los factores de corrección mensual F, así como los parámetros I y A anuales, se procede según el método de Thornthwaite, a calcular la ETP (evapotranspiración potencial) mensual para la laguna Tipicocha.

Tabla 8. Evapotranspiración potencial mensual en mm – método de Thornthwaite.

Mes	Máximo	Promedio	Mínimo
Ene	66.20	56.20	39.30
Feb	56.80	49.00	38.40
Mar	60.90	53.20	44.00
Abr	50.90	46.40	39.20
May	44.10	38.60	35.50
Jun	37.30	31.00	26.00
Jul	43.30	30.80	25.60
Ago	44.90	37.60	34.00
Sep	47.30	42.60	0.00
Oct	61.20	55.20	44.10
Nov	66.50	59.70	46.10
Dic	63.00	59.10	47.90

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la Tabla 8 podemos observar los cálculos para obtener la evapotranspiración real (ETR), para lo cual se establecen ciertas hipótesis basadas en efectuar el balance mes a mes.

Las hipótesis son:

- a) Se compara cada valor mensual de la precipitación con la ETP. Si la precipitación mensual es superior a la ETP mensual, entonces:

$$ETR = ETP \quad \text{(Ecuación 16)}$$

La diferencia "P - ETR" se acumularía como reserva de humedad, ΔH , en el suelo para cada mes.

- b) La reserva de agua en el suelo se determina como la diferencia de la P y la ETR y se acumula con la reserva del mes anterior, si la hubiera. En ningún caso ésta será menor a cero. El excedente ΔH se almacena como humedad del suelo aumentando ésta hasta la saturación

del suelo, que Thornthwaite consideró 100 mm. El excedente de los 100 mm, está disponible para el escurrimiento y alimentación subterránea, más no para evapotranspiración.

- c) Si la precipitación mensual es inferior a la ETP, la ETR se producirá tomando la precipitación más la reserva del suelo. La expresión quedaría como:

$$ETR = PP + \Delta H \quad (\text{Ecuación 17})$$

Tabla 9. Reserva de humedad, ΔH , para el cálculo de la ETR mensual en mm.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1998	42.2	47	13.8	0	0	0	0	0	0	100	42.2	100	345.2
1999	27.7	38.1	10.5	0	0	0	0	0	0	100	44.3	100	320.6
2000	39.6	43.3	100	0	0	0	0	0	0	55	38.3	100	376.2
2001	36.8	20.7	46.7	0	0	0	0	0	0	100	42.7	43.2	290.1
2002	0	100	30.5	5.2	0	0	0	0	0	100	100	23.4	359.1
2003	0	19.4	100	0	0	0	0	0	0	100	100	26.5	345.9
2004	0	35.5	0	0	0	0	0	0	0	100	100	22.8	258.3
2005	0	21.6	12.3	0	0	0	0	0	0	100	100	24.6	258.5
2006	8.7	15.5	23.9	0	0	0	0	0	0	100	35.3	26.3	209.7
2007	15.2	3.1	100	0	0	0	0	0	0	100	26.4	24.4	269.1
2008	7.4	0	0	0	0	0	0	0	0	36.3	100	28.6	172.3
2009	4.2	9.3	19.2	0	3.9	0	0	0	0	30	28.3	100	194.9
2010	34.5	0	0	2.4	0	0	0	0	0	33.2	100	24.1	194.2
2011	5.3	100	100	0	0	0	0	0	0	40.7	35.4	31.3	312.7
2012	9.3	35.8	0	9.8	0	0	0	0	0	100	100	29.1	284.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. ETR en mm de la laguna Tipicocha – Método Thornthwaite.

Mes	Máximo	Promedio	Mínimo
Ene	63.2	53.4	28
Feb	56.8	49	38.4
Mar	60.9	52.4	39
Abr	50.9	38.8	9
May	35.7	12	1
Jun	8	2.2	0
Jul	14	2.2	0
Ago	29	13	0
Sep	30	11	0
Oct	61.2	55.2	44.1
Nov	66.5	59.7	46.1
Dic	62.2	57.7	45.1

Fuente: Elaboración propia.

Escorrentía superficial en el área de influencia de la laguna Tipicocha

Se basa en la ecuación de conservación de masa (UNESCO, 1979):

$$\text{Situación final} = \text{Situación inicial} + \text{entradas} - \text{salidas} \quad (\text{Ecuación 18})$$

La ecuación a utilizar para el balance hídrico superficial en el que se cuenta con todos los parámetros involucrados, es la siguiente:

$$PP = R + ETR + \mu \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

PP : Precipitación en mm.

R : Escorrentía superficial en mm.

ETR: Evapotranspiración real en mm.

M : Término de discrepancia.

Como se ha mencionado anteriormente, para el estudio del balance hídrico superficial, sólo se cuenta con el parámetro de la precipitación "PP" y la evapotranspiración real "ETR" calculada en las tablas anteriores. Por lo tanto, el balance hídrico superficial de la subcuenca de la Laguna Tipicocha se realizó utilizando la siguiente expresión (UNESCO, 1979).

$$R = PP - ETR \quad (\text{Ecuación 20})$$

Los parámetros de P y ETR son del año 1998 hasta el 2012, por lo que la escorrentía se calculó para ese periodo de tiempo (UNESCO, 1979).

Tabla 11. Escorrentía superficial en la laguna Tipicocha en mm.

Mes	Máximo	Promedio	Mínimo
Ene	42.1	13.3	0
Feb	60.7	22.5	0
Mar	62.5	23.1	0
Abr	13.7	2.5	-3
May	8.3	0	-1.1
Jun	0	0	0
Jul	0	0	0
Ago	0	0	0
Sep	8.4	0.4	0
Oct	79.7	47.8	30.1
Nov	57.9	44.4	30.9
Dic	26.3	30.8	1.6

Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Demanda hídrica por consumo poblacional

Población

En la siguiente tabla, se puede ver la población del distrito de Apata al cual pertenece la Laguna de Tipicocha.

Tabla 12. Población del distrito de Apata.

Año	Población
2011	4689.00
2012	4564.00
2013	4441.00
2014	4319.00
2015	4198.00
2016	4084.00
2017	3975.00
2018	3868.00
2019	3761.00
2020	3656.00

Fuente: INEI

Además de obtener la población, se pudo determinar la tasa de crecimiento de población del distrito de Apata, la cual tiene un valor de -2.73 %.

Consumo de agua

La siguiente tabla, muestra el consumo de agua poblacional del distrito de Apata a donde pertenece la Laguna de Tipicocha.

Tabla 13. Consumo de agua en el distrito de Apata.

Año	Consumo doméstico			Otras actividades			Consumo total	
	L/día	m ³ /año	L/s	L/día	m ³ /año	L/s	m ³ /año	L/s
2016	52800.00	19272.00	0.61	60	21.9	0.00069	19293.90	0.61
2017	66720.00	24352.80	0.77	60	21.9	0.00069	24374.70	0.77
2018	67560.00	24659.40	0.78	60	21.9	0.00069	24681.30	0.78
2019	68520.00	25009.80	0.79	60	21.9	0.00069	25031.70	0.79
2020	69480.00	25360.20	0.8	60	21.9	0.00069	25382.10	0.80

Fuente: Municipalidad Provincial de Jauja.

3.7.3. Demanda hídrica por consumo agrícola

Para el consumo agrícola del distrito de Apata, se tomó en consideración los cultivos propios de la zona (papa, maíz choclo, maíz grano, pastos cultivados y alfalfa) con una pequeña área de cultivo equivalente a 6.88 ha, para la estimación del caudal requerido en la zona de estudio. Es así que la siguiente tabla muestra la demanda de agua para la agricultura de la zona.

Tabla 14. Consumo agrícola en el distrito de Apata.

Parámetro	Ud.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
ETP	mm/día	4.28	3.97	3.71	4.17	3.61	3.16	3.07	3.49	4.14	3.54	3.84	4.19
Kc ponderado		0.86	0.88	0.82	1.12	0.95	1.12	1.12	1.12	0.57	0.81	1.05	1.07
ETR	mm/día	3.70	3.49	3.04	4.68	3.43	3.55	3.45	3.92	2.35	2.87	4.03	4.47
Precipitación efectiva	mm/día	1.95	2.26	2.14	1.29	0.38	0.07	0.07	0.41	0.37	2.77	2.89	2.45
Déficit de humedad	mm/día	1.75	1.23	0.90	3.39	3.05	3.47	3.38	3.51	1.98	0.10	1.14	2.02
Eficiencia de riego	%	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Nº de días al mes	días	31.00	29.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Requerimiento de agua	mm/día	5.82	4.10	3.01	11.31	10.17	11.58	11.25	11.69	6.59	0.33	3.80	6.73
	m³/ha/día	58.17	41.05	30.10	113.15	101.65	115.80	112.51	116.93	65.90	3.32	37.95	67.30
	m³/ha/mes	1803.17	1190.44	933.15	3394.36	3151.26	3473.92	3487.77	3624.95	1977.06	103.07	1138.56	2086.38
Área de agua	ha	6.09	3.20	3.20	2.04	2.41	2.04	2.04	2.04	5.72	6.88	6.88	6.88
Volumen demandado	m³/mes	10981.0	3809.0	2986.0	6925.0	7595.0	7087.0	7115.0	7395.0	11309.0	709.0	7833.0	14354.0

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Oferta hídrica y el consumo poblacional de la Laguna de Tipicocha

La siguiente tabla, muestra la oferta hídrica y el consumo poblacional en m³/año, desde el año 2016 al 2020.

Tabla 15. Oferta hídrica y consumo poblacional.

Año	Oferta hídrica (m³/año)	Consumo poblacional (m³/año)
2016	1150.00	19293.90
2017	1063.00	24374.70
2018	1074.00	24681.30
2019	1089.00	25031.70
2020	1103.00	25382.10

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se adjunta la representación gráfica de los resultados mostrados en la tabla; donde se puede apreciar claramente que el consumo poblacional es mayor en comparación a la oferta hídrica.

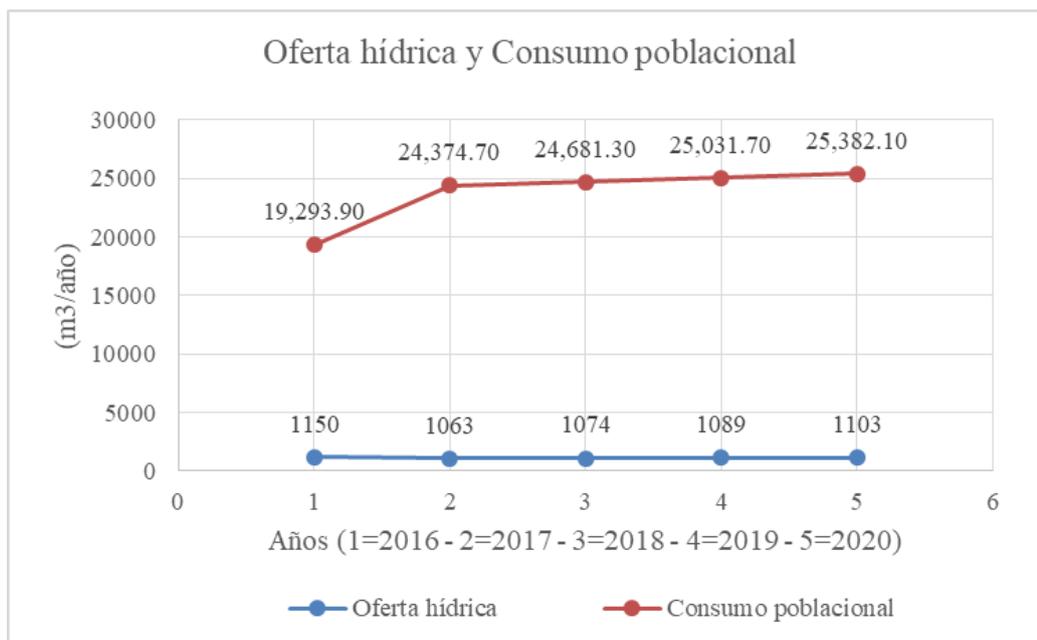


Figura 6. Oferta hídrica y consumo poblacional.
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Oferta hídrica y el consumo agrícola de la Laguna de Tipicocha

La siguiente tabla, muestra la oferta hídrica y el consumo agrícola en una pequeña área de cultivo cercana a la Laguna de Tipicocha, los resultados se muestran m³/mes.

Tabla 16. Oferta hídrica y consumo agrícola.

Mes	Oferta hídrica (m ³ /mes)	Consumo para riego (m ³ /mes)
Ene	51.02	10981.00
Feb	65.85	3809.00
Mar	109.88	2986.00
Abr	50.26	6925.00
May	0.00	7595.00
Jun	0.00	7087.00
Jul	0.00	7115.00
Ago	0.00	7395.00
Set	0.00	11309.00
Oct	334.09	709.00
Nov	447.97	7833.00
Dic	46.59	14354.00

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, la siguiente figura es la representación gráfica de los resultados mostrados en la tabla anterior, donde se aprecia que el consumo agrícola o también demanda de riego es mayor a la oferta hídrica.

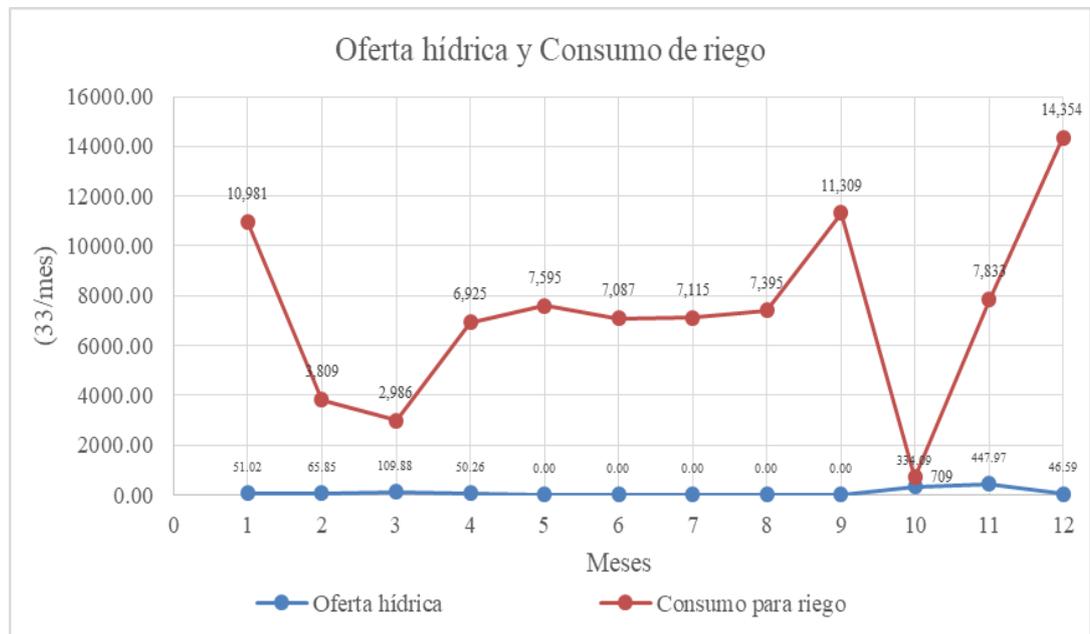


Figura 7. Oferta hídrica y consumo agrícola.
Fuente: Elaboración propia.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Oferta hídrica y el consumo poblacional de la Laguna de Tipicocha

Como prueba de hipótesis para este ítem, se desarrolló la correlación de Pearson del cual se obtuvo la estadística de regresión, el valor de crítico de F y la curva de regresión que más se ajusta a esta correlación la cual es la función polinómica.

Ho: No existe correlación entre la oferta hídrica y el consumo poblacional.

Hi: Existe correlación entre la oferta hídrica y el consumo poblacional.

Tabla 17. Estadísticas de la regresión.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.82
Coefficiente de determinación R ²	0.67
R ² ajustado	0.56
Error típico	1671.83
Observaciones	5.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Análisis de varianza de correlación de Pearson - Oferta hídrica y consumo poblacional.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	17035792.72	17035792.72	6.10	0.09
Residuos	3	8385072.03	2795024.01		
Total	4	25420864.75			

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, se presenta la curva de correlación que más se ajusta a la relación entre la oferta hídrica y el consumo poblacional.

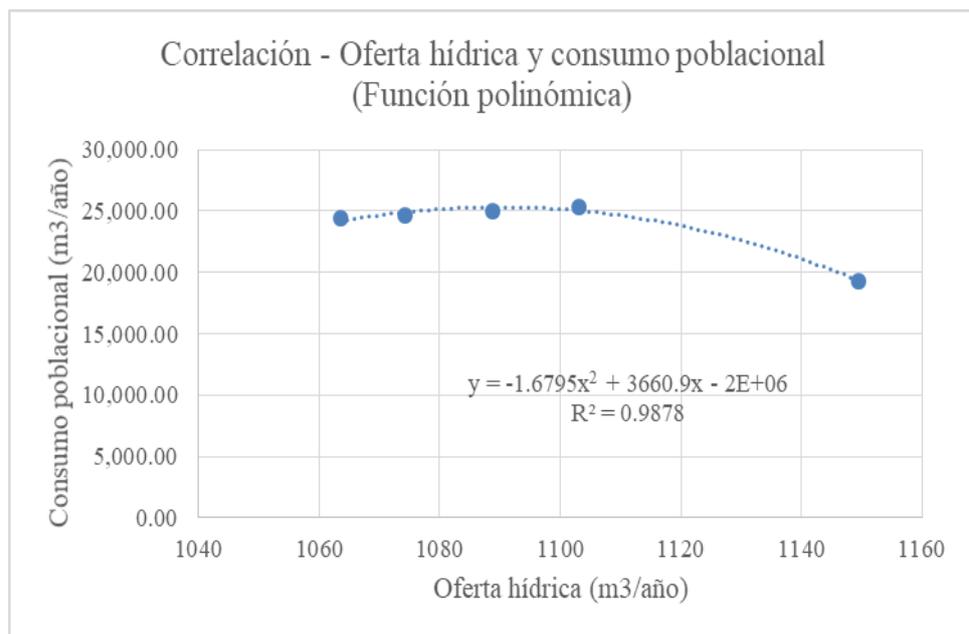


Figura 8. Función polinómica – Correlación entre oferta hídrica y consumo poblacional.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

De acuerdo con los resultados de la estadística de regresión, se obtuvo que el coeficiente de correlación múltiple (R) fue igual a 0.82 lo que corresponde a una relación alta directa; del mismo modo es

necesario mencionar el resultado del análisis del análisis de varianza donde el valor crítico de F fue igual a $0.09 > 0.05$ por lo que se acepta la hipótesis alterna de que si existe correlación entre la oferta y el consumo poblacional; de otro lado también se debe reconocer que la función que más se ajusta a la relación entre la oferta hídrica y el consumo poblacional, es la función polinómica ya que el coeficiente de determinación (R^2) fue igual a 0.9878 de donde se deduce que el 98.78% del consumo de agua poblacional depende de la oferta hídrica de la Laguna de Tipicocha, mientras que el otro 1.22% del consumo poblacional depende de otros factores.

4.3.2. Oferta hídrica y el consumo agrícola de la Laguna de Tipicocha

En cuanto a este ítem, también se desarrolló la correlación de Pearson del cual se obtuvo la estadística de correlación, análisis de varianza de la correlación y la función que más se ajusta a la relación entre la oferta hídrica y el consumo de agua para riego, cabe mencionar que se utilizó el programa Ms-Excel para su obtención.

H0: No existe correlación entre la oferta hídrica y el consumo para riego.

H1: Existe correlación entre la oferta hídrica y el consumo para riego.

Tabla 19. Estadísticas de la regresión.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.37
Coefficiente de determinación R^2	0.14
R^2 ajustado	0.05
Error típico	3650.20
Observaciones	12.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Análisis de varianza de correlación de Pearson - Oferta hídrica y consumo agrícola.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	20960578.52	20960578.52	1.57	0.24
Residuos	10	133239463.90	13323946.39		
Total	11	154200042.40			

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, se presenta la curva de correlación que más se ajusta a la relación entre la oferta hídrica y el consumo de agua agrícola.

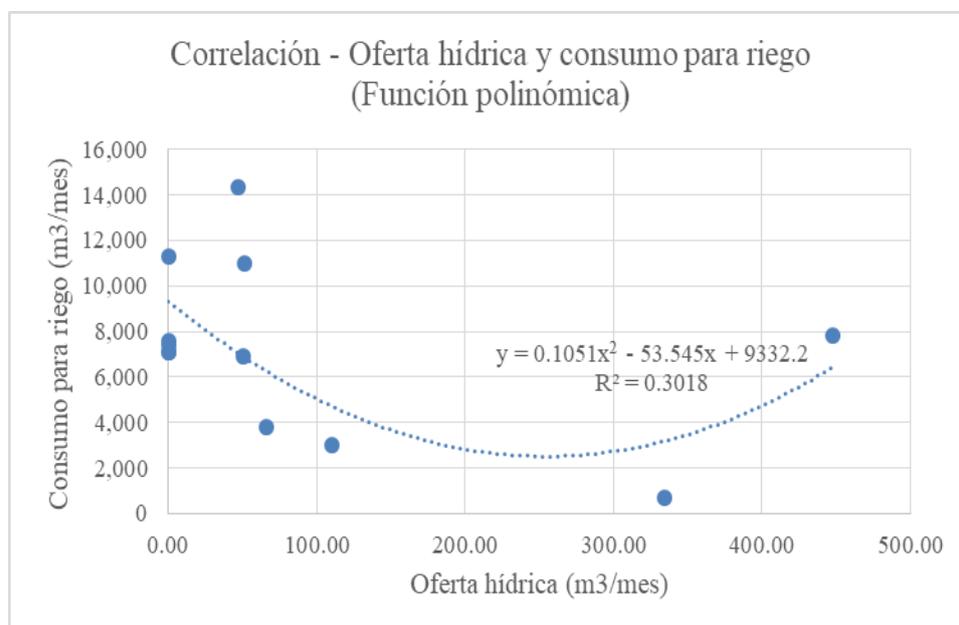


Figura 9. Función polinómica – Correlación entre oferta hídrica y consumo agrícola. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Según los resultados de la estadística de regresión, se obtuvo que el coeficiente de correlación múltiple (R) fue igual a 0.37 lo que corresponde a una relación baja directa; del mismo modo es necesario mencionar el resultado del análisis de varianza donde el valor crítico de F fue igual a $0.24 > 0.05$ por lo que se acepta la hipótesis alterna de que existe correlación entre la oferta y el consumo de agua agrícola; de otro lado también se debe reconocer que la función que más se ajusta a la relación entre la oferta hídrica y el consumo agrícola, es la función polinómica ya que el coeficiente de determinación (R^2) fue igual a 0.3018 de donde se deduce que el 30.18 % del consumo de agua poblacional depende de la oferta hídrica de la Laguna de Tipicocha a diferencia del 69.82 % del consumo agrícola que depende de otros factores.

CAPÍTULO V

DISCUSIONES DE RESULTADOS

Según la “Guía de balance hídrico superficial” realizado por la UNESCO, el período para el cálculo del balance de agua está condicionado por: la superficie y topografía de la zona, los parámetros hídricos que se deciden analizar para tipificar el fenómeno, los datos realmente factibles de obtener en las redes de estaciones y la disponibilidad de información simultánea en toda la zona.

Si bien el período medio recomendable para caracterizar el balance es del orden de 30 años, se considera que, también es realmente factible realizar un balance para un período más corto, como por ejemplo de 15 años.

Para el presente estudio se han obtenido datos pluviométricos desde 1998 hasta 2012, por lo que se tomará como tiempo de análisis 15 años.

Antes de iniciar con la discusión de los resultados de la correlación entre la oferta hídrica y el consumo poblacional, oferta hídrica y el consumo para riego; es importante mencionar los resultados obtenidos de la oferta hídrica y demanda hídrica por separado.

En cuanto a la oferta hídrica; se debe iniciar con la precipitación de la zona de estudio que se puede apreciar en la tabla 3, de la precipitación mensual en la Laguna de Tipicocha, las precipitaciones promedio, máxima y mínima que se encuentran representadas gráficamente en la figura 3 y que es en el mes de

diciembre donde se encuentra la mayor precipitación con 197 mm mientras que la mínima precipitación ocurre en los meses de junio a setiembre con 0mm de lámina de agua. Referente a la temperatura de la zona de estudio se tienen los resultados máximos, mínimos y promedios en la tabla 4 y en la figura 4 se muestra la representación gráfica donde se aprecia que la temperatura máxima igual a 12.6 °C se tiene en el mes de noviembre y la temperatura mínima de 4.0 °C se tiene en el mes de julio. En cuanto a la evapotranspiración se debe mencionar que se calculó por el método de Thornthwaite el cual requiere del uso de la ecuación 12 en la que es necesario el cálculo del factor de corrección por latitud y duración del mes, temperatura media mensual, índice térmico anual y exponente en función de la temperatura, del cual se obtuvo la evapotranspiración potencial máxima, mínima y promedio según la tabla 8. Posteriormente se calculó la evapotranspiración real para la que se tuvo dos condiciones donde si la precipitación es mayor la ETR sería igual a la ETP y si la precipitación es menor que la ETP la ETR sería igual a $PP + \Delta H$, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10. Finalmente se calculó la escorrentía superficial para el cual se empleó la ecuación 20 y los resultados que se obtuvieron se muestran en la tabla 11 donde se puede apreciar la escorrentía por meses y un resumen de los valores máximos, mínimos y promedios.

En cuanto a la demanda hídrica, se trabajó tanto para la demanda del consumo poblacional y el consumo para riego. Para la demanda por consumo poblacional se obtuvo información de la población del distrito de Apata, Jauja desde al año 2011 hasta el año actual 2020 del cual se obtuvo la tasa de crecimiento igual a -2.73 % que se entiende como un decrecimiento de la población producto de la migración a la ciudad de las personas en busca de oportunidades; posterior a ello se determinó el consumo de agua para el uso doméstico y para otras actividades (comercio y otros) en lt/día y m³/año desde el año 2016 al 2020, donde se obtuvo que la demanda de agua para el consumo poblacional se incrementa a medida que avanzan los años debido a la deficiencia de precipitaciones que se experimenta año a año como consecuencia del cambio climático. De igual modo es necesario mencionar que la información obtenida para la obtención de resultados del consumo de agua poblacional, provino de la Municipalidad de Sincos la cual es cercana a la zona de estudio y tiene

características similares a las del distrito de Apata, hecho que debe ser considerado como se mencionó en el acápite 2.2.6.1. de demanda hídrica poblacional. Para la demanda por consumo agrícola se tomó en consideración los cultivos de la zona de estudio como la papa, maíz chocla, maíz grano, pastos y alfalfa para una pequeña área de 6.88ha, es así que en la tabla 14 se muestra el resultado del consumo agrícola en el distrito de Apata donde se puede apreciar el volumen demandado en m^3 /mes, siendo el mes de diciembre que requiere más agua para los cultivos.

5.1. Oferta hídrica y consumo poblacional de la Laguna de Tipicocha

De acuerdo con los resultados de la tabla 15, en la que se muestra la organización de los resultados de la oferta hídrica y el consumo poblacional en m^3 /año desde el año 2016 hasta el año actual 2020, donde se puede observar claramente que el consumo poblacional es mayor a la oferta hídrica que se puede observar en la representación gráfica de la figura 5 en la que la línea de color rojo corresponde al consumo de agua poblacional del distrito de Apata y la línea de color azul representa la oferta hídrica de la Laguna de Tipicocha, la cual fue obtenida de la escorrentía superficial natural de la Laguna. Según lo mencionado se entiende que la demanda de agua para el consumo poblacional es alta ya que la información obtenida proviene de todo el distrito de Apata que es un área mayor a la de la Laguna, por lo que esta última no podría satisfacer dicha necesidad con solo la escorrentía superficial de su área natural, por lo que sería necesario el aporte de otras fuentes como la captación de la misma precipitación o la captación de agua de un río que se encuentre cerca del distrito de Apata.

Referente a la prueba de hipótesis realizada, la cual se desarrolló empleando la correlación de Pearson para datos cuantitativos como la oferta hídrica y la demanda por consumo poblacional, se obtuvieron el coeficiente de correlación (R) igual a 0.82 equivalente a una relación alta de la que se entiende que existe relación directa entre la oferta hídrica y el consumo poblacional, por otro lado también se obtuvo el análisis de varianza en el valor crítico F igual a 0.09 es mayor a 0.05 lo que implica la aceptación de la hipótesis alterna de que existe relación entre la oferta

hídrica y el consumo poblacional y finalmente se obtuvo la curva de regresión que más se ajusta a dicha relación la cual fue la función polinómica en la que el coeficiente de determinación (R^2) obtenido fue de 0.9878 del cual se entiende que el 98.78 % del consumo de agua poblacional depende de la oferta hídrica mientras que el 1.22 % restante depende de otros factores, de acuerdo con lo mencionado referente a la curva de regresión se ajusta se debe reconocer que la necesidad para el consumo poblacional depende en gran medida de la oferta hídrica con la que se cuenta por lo que debe ser satisfecha de manera inmediata tomando en consideración el aporte de otras fuentes de agua como la captación de precipitación o la captación de agua algún río que se encuentre dentro o cerca al distrito de Apata. Así mismo, se debe reconocer la comprobación de la hipótesis planteada, ya que se demostró estadísticamente que existe relación directa entre la oferta hídrica y el consumo de agua poblacional.

5.2. Oferta hídrica y consumo agrícola de la Laguna de Tipicocha

De acuerdo con los resultados de la tabla 16, en la que se puede apreciar la organización de los resultados de la oferta hídrica y el consumo agrícola en m³/mes, en la que se puede observar claramente que la demanda de agua por consumo agrícola es mayor que la oferta hídrica haciendo crítico el índice de escasez, la representación gráfica de la tabla se muestra en la figura 6 donde la línea de color azul representa la oferta hídrica que proviene de la escorrentía superficial de la Laguna de Tipicocha y la línea de color rojo representa la demanda de agua por consumo agrícola en la que se tomó en consideración un área pequeña cercana a la Laguna de 6.88ha con los cultivos propios de la zona de estudio. Acorde a lo mencionado, se entiende que la demanda de agua para el consumo agrícola es superior a la oferta hídrica la cual se obtuvo mediante la escorrentía superficial de la Laguna de Tipicocha que se trabajó como una superficie natural con la que se cuenta, para el cual se debe reconocer que los cultivos considerados de la zona requieren una cantidad considerable de agua para su desarrollo, razón por la cual es necesario del aporte de una fuente importante de agua como lo puede ser la captación de agua de

un río cercano o que se encuentre dentro del distrito de Apata para su transporte por medio de canales e incluso la adopción de un sistema de riego que no sólo puede satisfacer el pequeño área de cultivo con el que se trabajó en la investigación sino a todas las áreas de cultivo con la que cuenta el distrito de Apata ya que los cultivos son la principal fuente de abastecimiento económico para los pobladores de Apata.

En cuanto a la prueba de hipótesis desarrollada, se empleó la correlación de Pearson para los datos cuantitativos como la oferta hídrica y la demanda de agua para el consumo agrícola del cual se obtuvo el coeficiente de correlación (R) igual a 0.37 que responde a una relación baja directa de la que se entiende que existe relación directa entre la oferta hídrica y el consumo agrícola, de otro lado también se obtuvo el análisis de varianza donde el valor crítico F fue de 0.23 mayor a 0.05 que implica la aceptación de la hipótesis alterna de que existe relación entre la oferta hídrica y el consumo de agua agrícola y finalmente se obtuvo la curva de regresión que mejor se ajusta a dicha relación la cual fue la función polinómica en la que el coeficiente de determinación (R^2) fue igual a 0.3018 del cual se deduce que el 30.28% del consumo de agua agrícola depende de la oferta hídrica mientras que el 69.82% depende de otros factores. Conforme a lo mencionado queda comprobado la relación entre la oferta hídrica y el consumo agrícola.

Así mismo, se debe reconocer que la Laguna de Tipicocha por ser una superficie natural que no cuenta con la capacidad de satisfacer las necesidades de demanda de agua para el consumo poblacional y consumo agrícola, ya que el área de la Laguna es pequeña y menor frente a toda la superficie geográfica del distrito de Apata, no obstante también se debe reconocer la relación entre la oferta hídrica, que en este caso se reconoce como la escorrentía superficial, y el consumo poblacional como también el consumo por riego debido a que las necesidades de consumo de agua en diferentes actividades generalmente se satisfacen con cierto porcentaje de aporte de la escorrentía superficial, sin dejar de reconocer el aporte que tiene la precipitación y el caudal de los ríos.

Por otro lado, es importante mencionar el soporte que tiene la investigación desarrollada con los antecedentes mencionados en el marco teórico. Es así que según Díaz y Alarcón (2018) en la tesis titulada “Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la Quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nuchía, Casanare”, donde recolectaron información histórica para realizar los cálculos de oferta y demanda hídrica, aspecto que se consideró en el desarrollo de la investigación. También se consideró a Carchi (2015) en la tesis titulada “Elaboración de un balance hídrico de la Cuenca del Río Machangara” donde para el desarrollo de dicha investigación se utilizó la información de las variables de precipitación, temperatura y evapotranspiración, la última variable fue desarrollada por el método de Thornthwaite en función de la temperatura y en cuanto a la demanda se utilizó la información de la cercana, aspectos de vital importancia que también se consideraron para hacer posible la presente investigación ya que el cálculo de la evapotranspiración fue realizada por el método y Thornthwaite y en cuanto a la demanda hídrica también se consideró la información más cercana al distrito de Apata el cual fue el distrito de Sincos debido a que no se contó con información disponible del distrito de Apata donde se encuentra la Laguna de Tipicocha; así mismo se debe mencionar la conclusión e esta investigación pues el autor mencionó que la cuenca alta y baja del Río Machangara presentó déficit del recurso a futuro debido a los factores climáticos, aumento de población, incremento de usos industriales, riego, entre otros, hecho también ocurre con la Laguna de Tipicocha ya que presentó déficit de oferta hídrica por ser una pequeña área de la que se pretendía satisfacer demandas de agua para un área mucho mayor sin olvidar la influencia de otros factores como el cambio climático entre otros. Para finalizar se tiene el aporte de la tesis de Ricce y Robles (2014) titulada “Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y estrategias de gestión sostenible en la microcuenca Río Negro - Satipo” donde la población de estudio de dicha investigación fue toda la microcuenca del Río Negro y la muestra de estudio estuvo representada por 20 familias escogidas aleatoriamente, en la que realizaron

la caracterización física, socioeconómica y cantidad y calidad del agua, obteniendo una adecuada oferta hídrica que satisface a la demanda hídrica; situación que en comparación a la presente investigación la oferta hídrica no logra satisfacer la demanda hídrica pues como se mencionó la Laguna tiene un pequeño área de aporte a diferencia del distrito de Apata que es una superficie geográfica con mayor demanda donde no es posible lograr el balance hídrico.

CONCLUSIONES

1. Como conclusión general, se establece que existe relación directa entre la oferta hídrica y la demanda hídrica de la Laguna de Tipicocha, del mismo modo se debe reconocer que la oferta hídrica de la investigación representa la escorrentía superficial de la Laguna que en el procesamiento de datos se consideró como un área natural; así mismo se debe mencionar que la Laguna no se encuentra en la capacidad de satisfacer la necesidad de demanda hídrica o también se podría decir que existe déficit del recurso como lo es el agua, pues es un área pequeña frente a toda una gran superficie geográfica como lo es el distrito de Apata para el cual se tomó en consideración la información del consumo de agua poblacional e incluso una pequeña área de cultivo que requiere grandes cantidades de agua para el adecuado desarrollo de los cultivos.
2. Referente a la relación entre la oferta hídrica y el consumo de agua poblacional de la Laguna de Tipicocha, distrito de Apata – Jauja, se concluye que dicha relación es directa ya que el valor obtenido del coeficiente de correlación fue de 0.82 positivo y de acuerdo con la escala de medición corresponde a una relación alta directa. Asimismo, se debe mencionar que el 98.78 % de la demanda de consumo de agua poblacional depende de la oferta hídrica que se obtuvo de la escorrentía superficial en el área natural de la Laguna.
3. De acuerdo con los resultados obtenidos de la relación entre la oferta hídrica y la demanda de agua para el consumo agrícola, se concluye que la relación es directa con un bajo grado ya que el valor obtenido del coeficiente de correlación fue igual a 0.37, con lo que se demuestra que existe relación directa entre la oferta hídrica y el consumo de agua en el rubro agrícola, cabe reconocer el área agrícola como una pequeña área en la que se consideró los cultivos propios de la zona de estudio la cual es el distrito de Apata al que pertenece la Laguna de Tipicocha.

RECOMENDACIONES

1. En cuanto a la relación entre la oferta hídrica y la demanda de agua por consumo poblacional, se sugiere realizar los cálculos de la demanda de agua para este rubro con información de la zona que se encuentre más cercana a la Laguna de Tipicocha para así poder satisfacer dicha necesidad, además de beneficiar a las personas que viven cerca de la Laguna pues según la geografía la Laguna se encuentra alejada de las zonas pobladas del distrito de Apata.
2. Respecto a la relación de la oferta hídrica y el consumo de agua agrícola, se recomienda de igual modo considerar una pequeña área de cultivo cercana a la Laguna de Tipicocha con la finalidad de poder satisfacer la demanda de agua para los cultivos, como también se sugiere considerar uno o varios cultivos que puedan ser cultivables en dicha zona que de acuerdo con la geografía se puede considerar como terrenos de cultivo de mediana capacidad de suelo y que requieran de menor cantidad de agua.
3. Como recomendación general, se sugiere que para el cálculo del escurrimiento superficial el cual se presentó como la oferta hídrica, se emplee mayor información climática como también el uso de otros métodos para mayor exactitud de los resultados. Del mismo modo, también se recomienda realizar los cálculos mencionando las épocas de déficit del recurso, incrementando el índice de escasez de agua y finalmente proyecciones a futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
2. Autoridad Nacional del Agua. (2019). Ley de Recursos Hídricos. Ley de Recursos Hídricos - Ley N°29338. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.
3. 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. San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.
4. Bernal. (2010). Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales. Colombia.
5. Caicedo, Y. (2009). Medición del caudal por el método del flotador.
6. Carchi, E. (2015). Elaboración de un balance hídrico de la Cuenca del Río Machangara. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
7. Castro, E. (2016). Teoría y práctica de la investigación científica. Huancayo, Perú: PERUGRAPH SRL.
8. Chipana, S., & Orellana, R. (2005). Análisis oferta - demanda del recurso hídrico de la subcuenca del río Shullcas al año 2030. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
9. Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá: McGRAW-HILL.
10. CORPONARIÑO. (2019). www.corponarino.gov.co. Recuperado el 20 de agosto de 2020, de www.corponarino.gov.co: <https://www.corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhmiraflore3.pdf>
11. Díaz, L., & Alarcón, J. (2018). Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la Quebrada

- Niscota para un acueducto interveredal en Nuchía, Casanare. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
12. FAO. (2006). Estudio de riego y drenaje - evapotranspiración del cultivo.
 13. González, V. (2019). AGUA Y MÁS - Revista de la Autoridad Nacional del Agua. Recuperado el 09 de Setiembre de 2020, de AGUA Y MÁS - Revista de la Autoridad Nacional del Agua: <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/2527/ANA0001295.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 14. Hargreaves, G., & Samani, Z. (1985). Reference crop evapotraspiration from ambient air temperature.
 15. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.
 16. Iñiguez, V. (2003). Balance hídrico de microcuenca de Páramo. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
 17. Maderey, L. (2005). Principios de hidrografía: Estudio del ciclo hidrológico. México: Universidad Autónoma de México.
 18. Marroquín, A. (2016). Balance hídrico superficial de la subcuenca del río Paltiture. Piura, Perú: Universidad de Piura.
 19. Naranjo, M., & Duque, R. (2004). Estimación de la oferta de agua superficial y conflictos de uso en la cuenca alta del río Chama, Mérida, Venezuela. 29(3).
 20. Olalla, F., López, P., & Calera, A. (2005). Agua y Agronomía. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de Agua y Agronomía: <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484762461/agua-y-agronomia>
 21. Orellana, E. (2014). Diseños de experimentos aplicados en ciencias forestales y ambientales. Huancayo, Perú: Industria Gráfica MARSANTS.
 22. Pizarro, J. (2010). Gestión de la demanda y oferta de agua de riego en el ámbito de la irrigación SISA-San Martín. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

23. Pizarro, J. (2010). Gestión de la demanda y oferta de agua de riego en el ámbito de la irrigación SISA-San Martín. Trujillo, La Libertad: Universidad Nacional de Trujillo.
24. Ramakrishna, B. (1997). Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas: Conceptos y experiencias. San José, Costa Rica.
25. Ramirez, M. (2018). Determinación del balance hídrico y calidad del agua de la microcuenca quebrada Santa Clara para el consumo humano de la localidad Santa Clara, 2017. Moyobamba, Perú: Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
26. Ramírez, R. (2010). Proyecto de investigación. Cómo se hace una tesis. Lima, Perú: Fondo Editorial AMADP. Lima, Perú.
27. Ricce, M., & Robles, K. (2014). Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y estrategias de gestión sostenible en la microcuenca Río Negro - Satipo. Satipo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
28. Sánchez, A. (2006). Agua: Un recurso escaso. Sevilla, España: ARCIBEL EDITORES S.L.
29. Sánchez, H., & Reyes, C. (2015). Metodología y diseños de la investigación cinética. Lima, Perú: Business Support Aneth.
30. Silva, G. (2005). La cuenca del río Orinoco: Visión hidrográfica y balance hídrico. 46(1).
31. UNESCO. (1979). Balance hídrico mundial y recursos hidraulicos de la tierra. España: Cebtro de Estudios Hidrográficos de España.
32. Untiveros, M. (2011). Balance hídrico de la Laguna Parón, herramienta para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) en la Cuenca el Río Santa. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
33. Vorhauer, C., & Hamlett, J. (1996). GIS: A Tool for Siting Small Farm Ponds. 51(5).
34. WIKIPEDIA. (2015). Evapotranspiración. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de Evapotranspiración: <https://es.wikipedia.org/wiki/Evapotranspiraci%C3%B3n>

35. Zuluaga, L. (2011). Simulador piloto de la oferta y demanda hídrica en una microcuenca rural para la validación de metodologías y la evaluación de políticas de manejo sostenible del recurso agua. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Matriz de consistencia

Título: “Oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha, distrito de Apata – Jauja – Junín, 2020”						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Cuál es la relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha, distrito de Apata – Jauja – Junín, 2020?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar la relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha, distrito de Apata – Jauja – Junín, 2020.</p>	<p>Hipótesis general: La relación de la oferta hídrica y demanda hídrica de la laguna de Tipicocha del distrito de Apata - Jauja, es positiva y directa.</p>	<p>Variable independiente (X): Oferta hídrica</p>	Oferta hídrica	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación. - Temperatura. - Evapotranspiración. - Factor de corrección F. - Índice térmico anual. - Exponente en función de la temperatura. 	<p>Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: No experimental</p> <p>Población y muestra: Población: La población correspondió a la laguna de Tipicocha, ubicada en el distrito de Apata, provincia de Jauja del departamento de Junín.</p>
<p>Problemas específicos: a) ¿Qué relación existe entre la oferta hídrica y el consumo poblacional de la Laguna de Tipicocha? b) ¿Cuál es la relación de la oferta hídrica y el consumo agrícola de la Laguna Tipicocha?</p>	<p>Objetivos específicos: a) Determinar la relación entre la oferta hídrica y el consumo poblacional de la laguna de Tipicocha. b) Determinar la relación entre la oferta hídrica y el consumo agrícola de la Laguna Tipicocha.</p>	<p>Hipótesis específicas: a) La relación que existe entre la oferta hídrica y el consumo poblacional de la laguna de Tipicocha es directa. b) La relación de la oferta hídrica y el consumo agrícola de la laguna de Tipicocha es directa.</p>	<p>Variable dependiente (Y): Demanda hídrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo poblacional. - Consumo agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de habitantes. - Dotación. - Tipo de cultivo. - Precipitación. - Evapotranspiración. - Eficiencia de riego. 	<p>Muestra: No se utilizó técnica de muestreo, pues esta constituyó a la totalidad de la población; es decir, la laguna de Tipicocha ubicada en el distrito de Apata de la provincia de Jauja y departamento de Junín.</p>

Anexo 2: Datos meteorológicos en la zona de estudio.

Tabla 21. Precipitación mensual en la laguna de Tipicocha.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
1998	87	86	58	17	1	1	0	0	5	107	95	197	54.5
1999	88	94	69	32	6	1	1	0	23	122	96	109	53.4
2000	91	86	105	27	8	2	3	2	13	99	92	105	52.8
2001	83	59	92	29	17	6	5	1	14	115	97	91	50.8
2002	28	100	82	52	6	1	14	2	30	103	103	91	51.0
2003	51	70	108	46	2	1	0	5	11	108	114	91	50.6
2004	42	88	39	20	12	4	4	3	30	133	108	91	47.8
2005	41	74	71	22	5	0	0	1	12	120	108	91	45.4
2006	68	65	82	43	6	8	4	3	4	113	98	91	48.8
2007	72	58	117	31	13	0	3	1	10	101	90	91	48.9
2008	70	52	54	9	11	5	2	23	26	94	101	91	44.8
2009	65	64	78	41	44	3	0	12	4	91	96	104	50.2
2010	98	49	48	53	1	0	0	25	1	95	115	91	48.0
2011	66	105	116	46	11	1	1	9	24	97	96	90	55.2
2012	70	85	47	60	4	1	4	20	0	111	114	91	50.6
Máx.	98	105	117	60	44	8	14	25	30	133	115	197	55.17
Prom.	68	75.7	77.7	35.2	9.8	2.27	2.73	7.13	13.8	107	102	101	50.18
Mín.	28	49	39	9	1	0	0	0	0	91	90	90	44.83

Fuente: SENAMHI.

Tabla 22. Temperatura mensual en la laguna de Tipicocha.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
1998	5.7	5.6	6	5.5	5.3	5.2	6.2	4.8	6.4	7.5	7.6	8.3	6.2
1999	8.1	8.5	8.2	8	6.3	6.1	5.6	6.3	6.3	7.1	6.9	7.8	7.1
2000	6.5	5.9	5.5	5.5	5.9	5	4.5	5.5	5.2	5.4	7.3	7	5.8
2001	5.6	5.1	5.8	6.4	6	4.8	4	6	6.3	6.2	7.4	5.8	5.8
2002	5.1	5.9	6.4	6.2	5.8	5.2	4.4	5.3	7.2	8.7	9.6	8.5	6.5
2003	7.7	7.2	7.5	6.8	6	5.7	4.3	5.5	6.8	7.4	8.5	8.3	6.8
2004	8.1	7.8	7.3	7	6	4.6	5	5.4	6.2	8.1	9.5	9.2	7
2005	7.8	8.2	8.5	7.6	5.7	4.8	4.8	5.7	7.3	9	9.7	9.4	7.4
2006	8.4	7.7	8.6	7.5	6.4	5	5.9	6.1	7	8.7	9.3	9.2	7.5
2007	8.2	9.1	9.1	8.4	6.3	5.1	5	6.2	7.3	9	9.9	9.9	7.8
2008	9.5	9.1	8.5	8.7	6.9	6.1	5.3	6.6	7.7	8.8	9.1	9.4	8
2009	8.9	9	8.9	7.8	6	5	4.9	6	7.3	9.2	10.6	9	7.7
2010	9.6	9.1	8.8	8.2	6.7	4.5	5.1	5.7	7.8	9.5	9.6	10.1	7.9
2011	9.7	10.1	10.1	8.9	7	6.5	5	7	8.3	9.1	10	9.2	8.4
2012	9.5	8.4	8.8	8.5	7.3	5.8	5.7	6.8	8.4	9.4	10.8	9.6	8.2
Máximo	9.7	10.1	10.1	8.9	7.3	6.5	6.2	7	8.4	9.5	10.8	10.1	8.7
Promedio	7.9	7.8	7.9	7.4	6.2	5.3	5	5.9	7	8.2	9.1	8.7	7.2
Mínimo	5.1	5.1	5.5	5.5	5.3	4.5	4	4.8	5.2	5.4	6.9	5.8	5.3

Fuente: SENAMHI.

Tabla 23. Número de horas de sol teóricas en el hemisferio Sur.

Lat.	Hemisferio Sur											
Deg.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
70	24.0	17.4	13.0	8.4	2.7	0.0	0.0	6.4	11.2	15.7	21.7	24.0
68	21.9	16.7	12.9	8.7	4.3	0.0	1.7	7.0	11.3	15.3	19.9	24.0
66	20.1	16.2	12.8	9.1	5.3	2.0	3.7	7.6	11.3	15.0	18.8	22.1
64	19.0	15.8	12.8	9.3	6.1	3.7	4.8	8.0	11.4	14.7	18.0	20.3
62	18.3	15.5	12.7	9.6	6.7	4.8	5.6	8.3	11.4	14.5	17.4	19.2
60	17.6	15.2	12.6	9.8	7.2	5.6	6.3	8.7	11.5	14.3	16.9	18.4
58	17.1	14.9	12.6	9.9	7.6	6.2	6.8	8.9	11.5	14.1	16.5	17.8
56	16.7	14.7	12.5	10.1	8.0	6.7	7.2	9.2	11.6	13.9	16.1	17.3
54	16.3	14.5	12.5	10.2	8.3	7.2	7.6	9.4	11.6	13.8	15.8	16.9
52	16.0	14.3	12.5	10.4	8.6	7.5	8.0	9.6	11.6	13.7	15.5	16.5
50	15.7	14.2	12.4	10.5	8.8	7.9	8.3	9.7	11.7	13.6	15.3	16.1
48	15.4	14.0	12.4	10.6	9.0	8.2	8.5	9.9	11.7	13.4	15.0	15.8
46	15.2	13.9	12.4	10.7	9.2	8.5	8.8	10.0	11.7	13.3	14.8	15.5
44	14.9	13.7	12.4	10.8	9.4	8.7	9.0	10.2	11.7	13.3	14.6	15.3
42	14.7	13.6	12.3	10.8	9.6	9.0	9.2	10.3	11.8	13.2	14.4	15.0
40	14.5	13.5	12.3	10.9	9.8	9.2	9.4	10.4	11.8	13.1	14.3	14.8
38	14.4	13.4	12.3	11.0	9.9	9.4	9.6	10.5	11.8	13.0	14.1	14.6
36	14.2	13.3	12.3	11.1	10.1	9.6	9.8	10.6	11.8	12.9	13.9	14.4
34	14.0	13.2	12.2	11.1	10.2	9.7	9.9	10.7	11.8	12.9	13.8	14.3
32	13.9	13.1	12.2	11.2	10.4	9.9	10.1	10.8	11.8	12.8	13.7	14.1
30	13.7	13.0	12.2	11.3	10.5	10.1	10.2	10.9	11.8	12.7	13.5	13.9
28	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8
26	13.5	12.9	12.2	11.4	10.7	10.4	10.5	11.1	11.9	12.6	13.3	13.6
24	13.3	12.8	12.2	11.4	10.8	10.5	10.7	11.2	11.9	12.6	13.2	13.5
22	13.2	12.7	12.1	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.5	13.1	13.3
20	13.1	12.7	12.1	11.5	11.1	10.8	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.2

18	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	11.9	12.4	12.9	13.1
16	12.9	12.5	12.1	11.6	11.3	11.1	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	12.9
14	12.7	12.4	12.1	11.7	11.4	11.2	11.2	11.5	11.9	12.3	12.7	12.8
12	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7
10	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6
8	12.4	12.3	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5
6	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3
4	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2
2	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la FAO Corporate Document Repository.

Tabla 24. Índice térmico mensual.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	I
1998	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	1.4	0.9	1.5	1.8	1.9	2.2	16.7
1999	2.1	2.2	2.1	2.0	1.4	1.4	1.2	1.4	1.4	1.7	1.6	2.0	20.5
2000	1.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.0	0.9	1.2	1.1	1.1	1.8	1.7	15.0
2001	1.2	1.0	1.3	1.5	1.3	0.9	0.7	1.3	1.4	1.4	1.8	1.3	15.1
2002	1.0	1.3	1.5	1.4	1.3	1.1	0.8	1.1	1.7	2.3	2.7	2.2	18.4
2003	1.9	1.7	1.8	1.6	1.3	1.2	0.8	1.2	1.6	1.8	2.2	2.2	19.4
2004	2.1	2.0	1.8	1.7	1.3	0.9	1.0	1.1	1.4	2.1	2.6	2.5	20.4
2005	2.0	2.1	2.2	1.9	1.2	0.9	0.9	1.2	1.8	2.4	2.7	2.6	22.0
2006	2.2	1.9	2.3	1.8	1.5	1.0	1.3	1.4	1.7	2.3	2.6	2.5	22.4
2007	2.1	2.5	2.5	2.2	1.4	1.0	1.0	1.4	1.8	2.4	2.8	2.8	23.9
2008	2.6	2.5	2.2	2.3	1.6	1.4	1.1	1.5	1.9	2.4	2.5	2.6	24.6
2009	2.4	2.4	2.4	2.0	1.3	1.0	1.0	1.3	1.8	2.5	3.1	2.4	23.6
2010	2.7	2.5	2.4	2.1	1.6	0.9	1.0	1.2	2.0	2.6	2.7	2.9	24.5
2011	2.7	2.9	2.9	2.4	1.7	1.5	1.0	1.7	2.2	2.5	2.9	2.5	26.7
2012	2.6	2.2	2.4	2.2	1.8	1.3	1.2	1.6	2.2	2.6	3.2	2.7	25.9

Fuente: Elaboración SENAMHI.

Tabla 25. Evapotranspiración potencial mensual en mm – Método de Thornthwaite.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1998	44.9	39.3	44.8	39.2	38.4	36.3	43.3	36.2	44.8	54.1	54.2	60.5	536.0
1999	54.5	50.4	52.9	48.5	40.0	37.3	36.2	40.7	40.4	47.7	46.1	53.2	547.9
2000	51.8	42.9	44.0	41.1	43.6	37.0	35.7	42.1	40.1	44.1	54.7	55.2	532.4
2001	46.3	38.4	45.6	46.0	44.1	35.8	32.6	44.9	46.2	48.8	55.2	47.9	531.6
2002	39.3	39.3	45.3	41.3	39.4	34.6	31.6	37.3	47.3	58.8	63.1	59.6	536.9
2003	53.5	45.0	50.3	43.4	39.5	36.3	30.1	37.4	44.2	50.5	56.1	57.3	543.7
2004	54.6	47.1	48.1	43.5	38.5	29.6	33.1	35.9	40.0	53.3	60.4	61.2	545.3
2005	51.3	47.6	53.0	45.1	35.5	29.4	30.6	36.1	44.3	56.6	59.8	60.7	549.8
2006	54.3	44.8	53.2	44.3	38.9	30.1	36.2	37.9	42.4	54.7	57.4	59.2	553.5
2007	51.7	50.4	54.5	47.5	37.0	29.5	30.2	37.2	42.6	54.8	59.1	61.6	556.1
2008	58.3	49.9	50.7	48.4	39.6	34.0	31.2	38.7	44.1	53.1	54.3	58.2	560.5
2009	55.9	50.2	53.7	44.7	35.7	29.2	29.9	36.3	42.9	56.2	63.1	56.9	554.6
2010	59.0	50.0	52.4	46.0	38.7	26.0	30.3	34.0	44.8	57.0	57.1	62.2	557.4
2011	57.5	53.1	57.3	47.7	38.4	34.4	28.1	39.1	45.5	52.9	57.2	55.2	566.3
2012	57.1	45.3	51.1	46.3	40.6	31.5	32.3	38.7	46.6	55.2	62.1	58.1	565.0
Máximo	59.0	53.1	57.3	48.5	44.1	37.3	43.3	44.9	47.3	58.8	63.1	62.2	566.3
Promedio	52.7	46.2	50.5	44.9	39.2	32.7	32.8	38.2	43.7	53.2	57.3	57.8	549.1
Mínimo	39.3	38.4	44.0	39.2	35.5	26.0	28.1	34.0	40.0	44.1	46.1	47.9	531.6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. ETR en mm de la Laguna de Tipicocha – Método de Thornthwaite.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1998	44.9	39.3	44.8	17.0	1.0	1.0	0.0	0.0	5.0	54.1	54.2	60.5	321.9
1999	54.5	50.4	52.9	32.0	6.0	1.0	1.0	0.0	23.0	47.7	46.1	53.2	367.8
2000	51.8	42.9	44.0	27.0	8.0	2.0	3.0	2.0	13.0	44.1	54.7	55.2	347.7
2001	46.3	38.4	45.6	29.0	17.0	6.0	5.0	1.0	14.0	48.8	55.2	47.9	354.1
2002	28.0	39.3	45.3	41.3	6.0	1.0	14.0	2.0	30.0	58.8	63.1	59.6	388.3
2003	51.0	45.0	50.3	43.4	2.0	1.0	0.0	5.0	11.0	50.5	56.1	57.3	372.7
2004	42.0	47.1	39.0	20.0	12.0	4.0	4.0	3.0	30.0	53.3	60.4	61.2	376.0
2005	41.0	47.6	53.0	22.0	5.0	0.0	0.0	1.0	12.0	56.6	59.8	60.7	358.7
2006	54.3	44.8	53.2	43.0	6.0	8.0	4.0	3.0	4.0	54.7	57.4	59.2	391.6
2007	51.7	50.4	54.5	31.0	13.0	0.0	3.0	1.0	10.0	54.8	59.1	61.6	390.2
2008	58.3	49.9	50.7	9.0	11.0	5.0	2.0	23.0	26.0	53.1	54.3	58.2	400.4
2009	55.9	50.2	53.7	41.0	35.7	3.0	0.0	12.0	4.0	56.2	63.1	56.9	431.6
2010	59.0	49.0	48.0	46.0	1.0	0.0	0.0	25.0	1.0	57.0	57.1	62.2	405.3
2011	57.5	53.1	57.3	46.0	11.0	1.0	1.0	9.0	24.0	52.9	57.2	55.2	425.2
2012	57.1	45.3	47.0	46.3	4.0	1.0	4.0	20.0	0.0	55.2	62.1	58.1	400.2
Máximo	59.0	53.1	57.3	46.3	35.7	8.0	14.0	25.0	30.0	58.8	63.1	62.2	431.6
Promedio	50.2	46.2	49.3	32.9	9.2	2.3	2.7	7.1	13.8	53.2	57.3	57.8	382.1
Mínimo	28.0	38.4	39.0	9.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.1	46.1	47.9	321.9

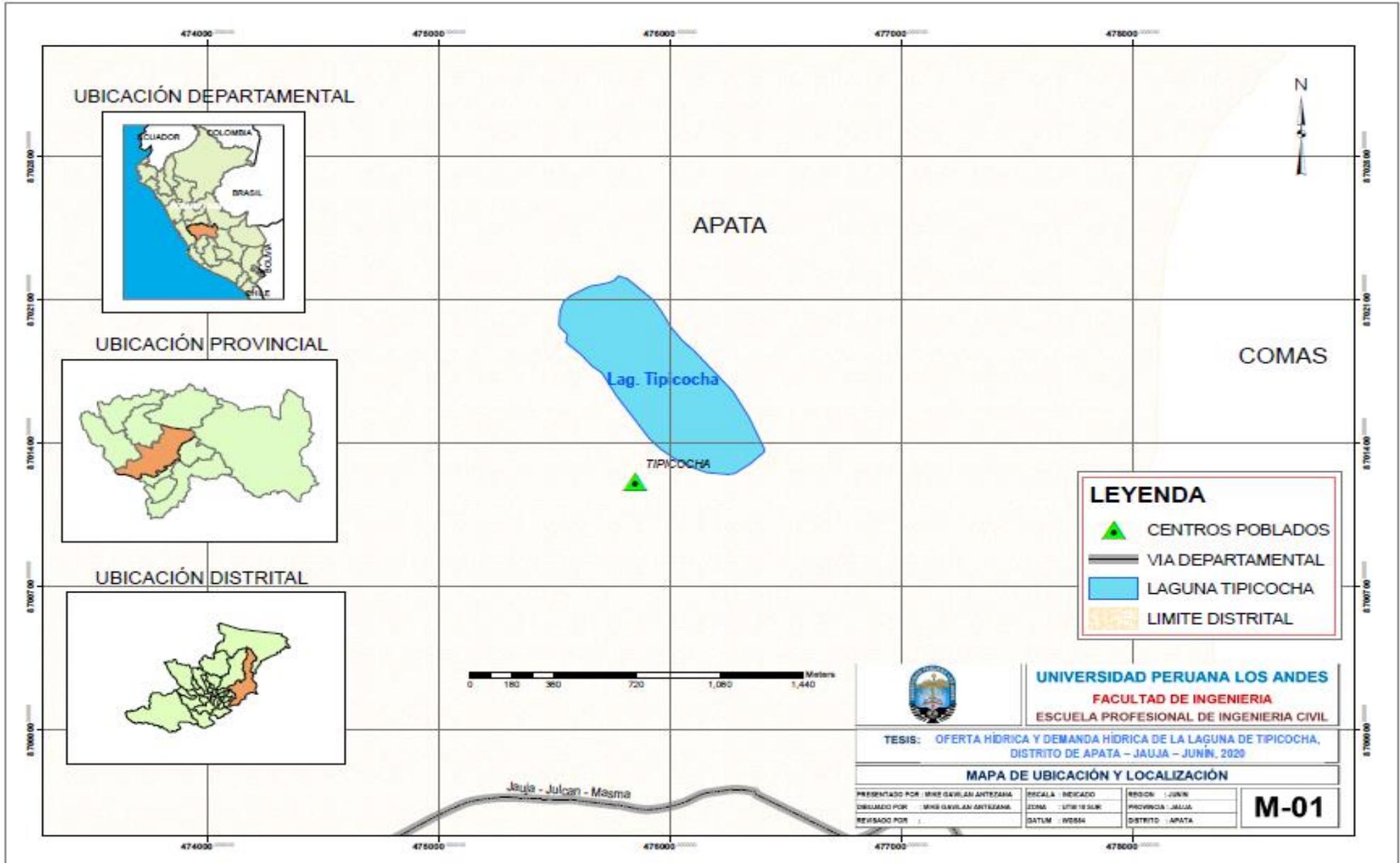
Fuente: Elaboración propia.

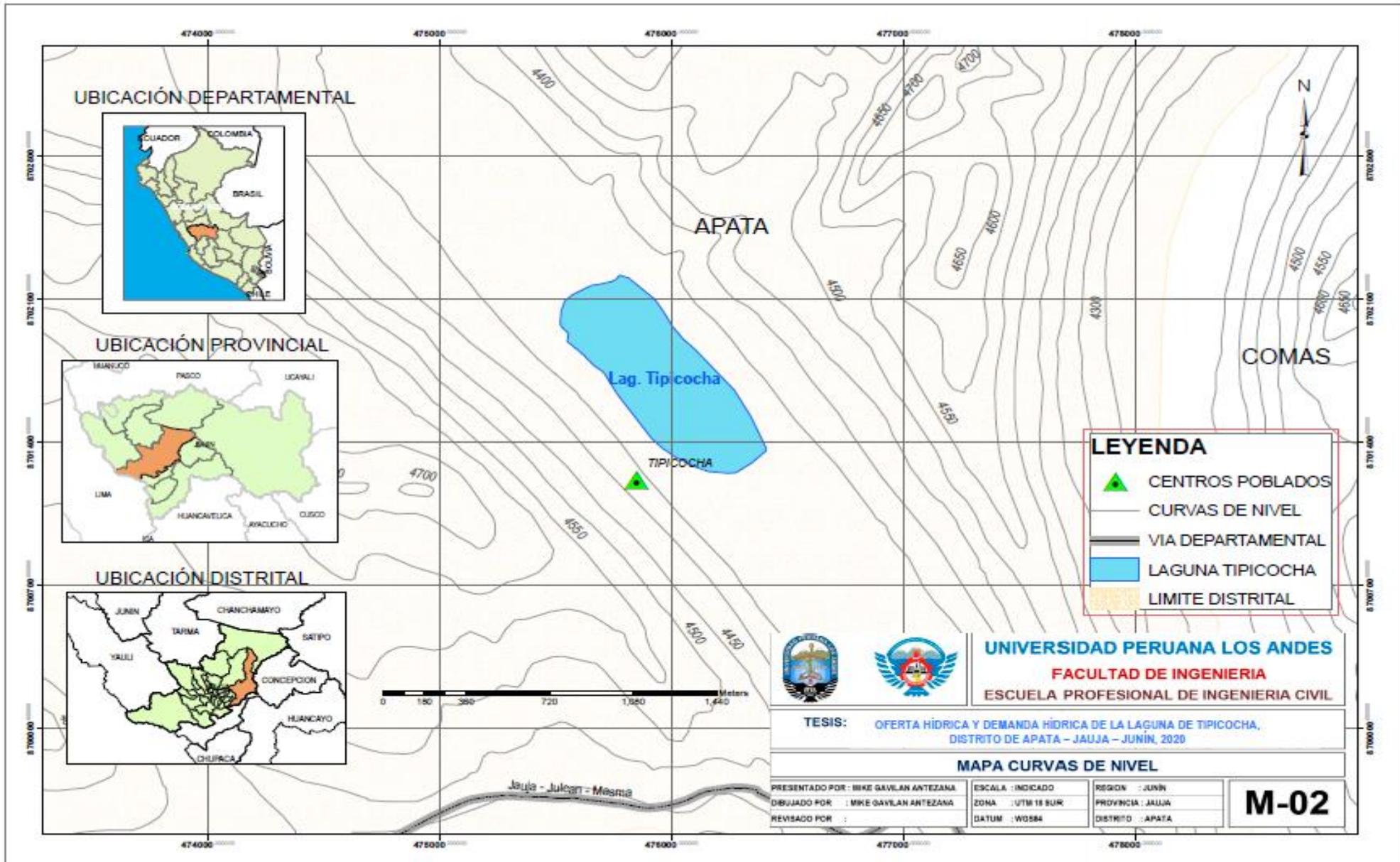
Tabla 27. Escorrentía superficial en la Laguna de Tipicocha.

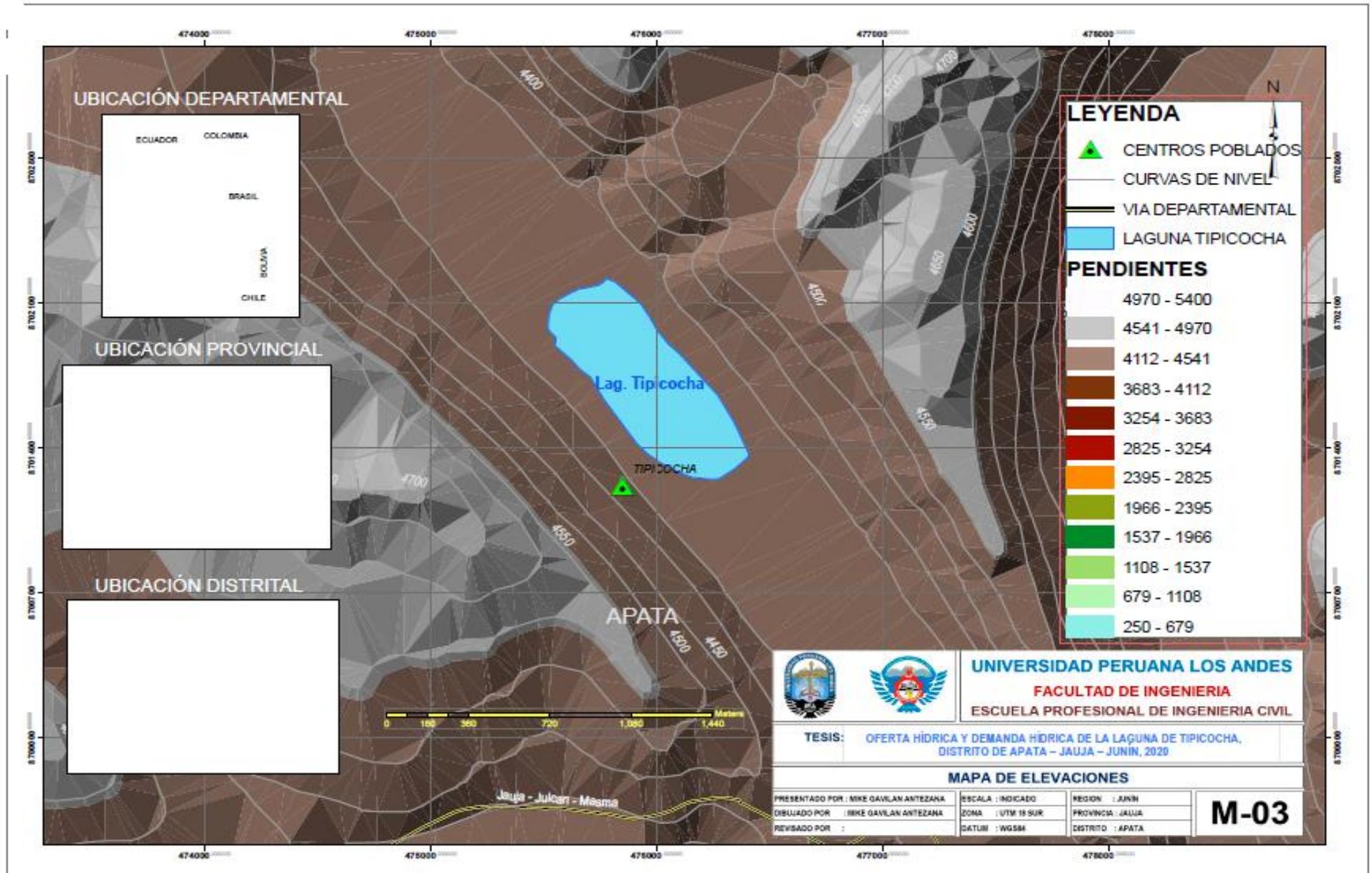
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1998	42.1	46.7	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.9	40.8	136.5	332.1
1999	33.5	43.6	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.3	49.9	55.8	273.2
2000	39.2	43.1	61.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.9	37.3	49.8	285.3
2001	36.7	20.6	46.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.2	41.8	43.1	254.9
2002	0.0	60.7	36.7	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.2	39.9	31.4	223.7
2003	0.0	25.0	57.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.5	57.9	33.7	234.3
2004	0.0	40.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.7	47.6	29.8	198.0
2005	0.0	26.4	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	48.2	30.3	186.3
2006	13.7	20.2	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.3	40.6	31.8	193.4
2007	20.3	7.6	62.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.2	30.9	29.4	196.8
2008	11.7	2.1	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.9	46.7	32.8	137.6
2009	9.1	13.8	24.3	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	32.9	47.1	170.4
2010	39.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.0	57.9	28.8	170.7
2011	8.5	51.9	58.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.1	38.8	34.8	236.8
2012	12.9	39.7	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.8	51.9	32.9	206.8
Máximo	42.1	60.7	62.5	13.7	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	79.7	57.9	136.5	332.1
Promedio	17.8	29.5	28.5	2.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	54.1	44.2	43.2	220.0
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	30.9	28.8	137.6

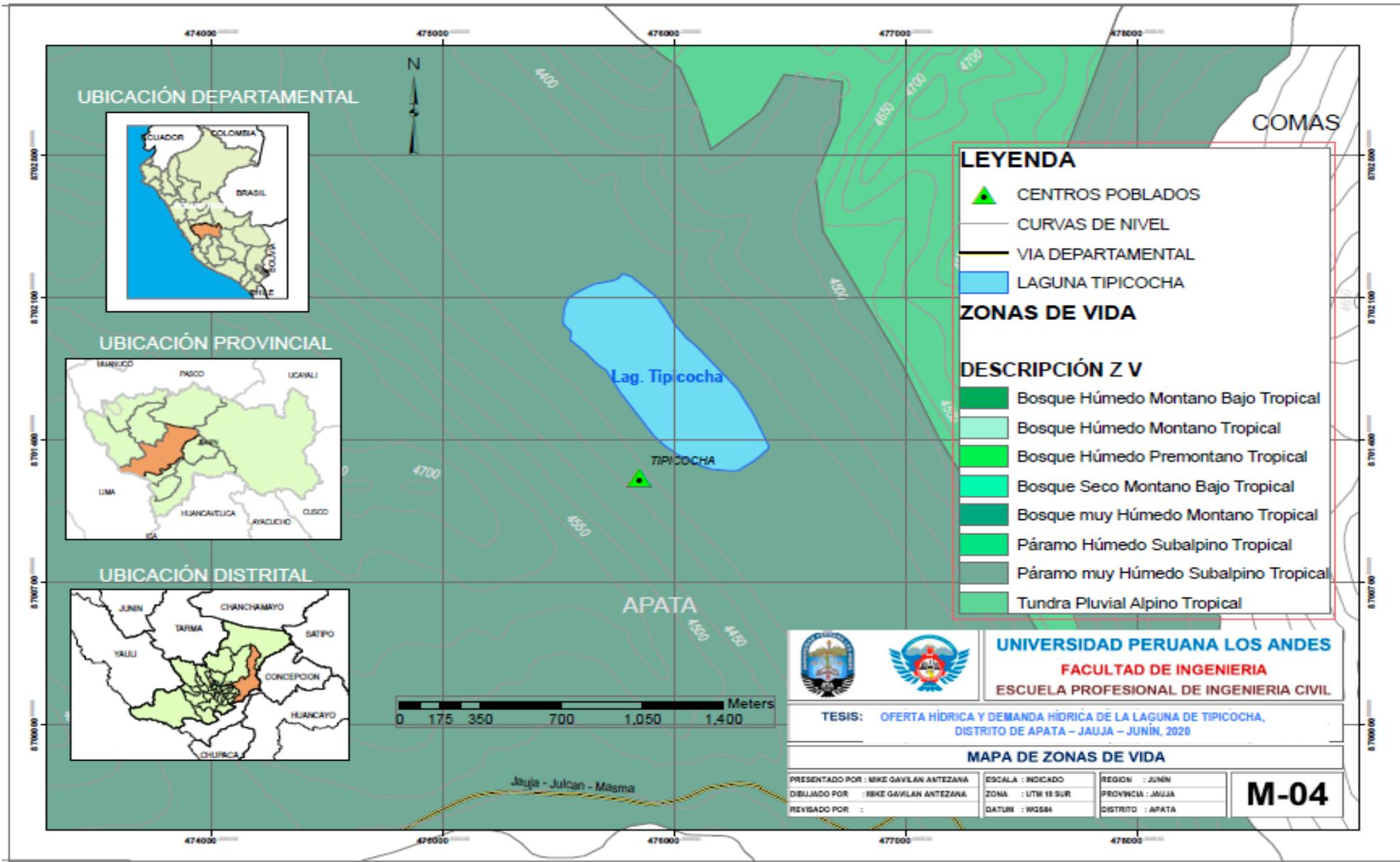
Fuente: Elaboración propia.

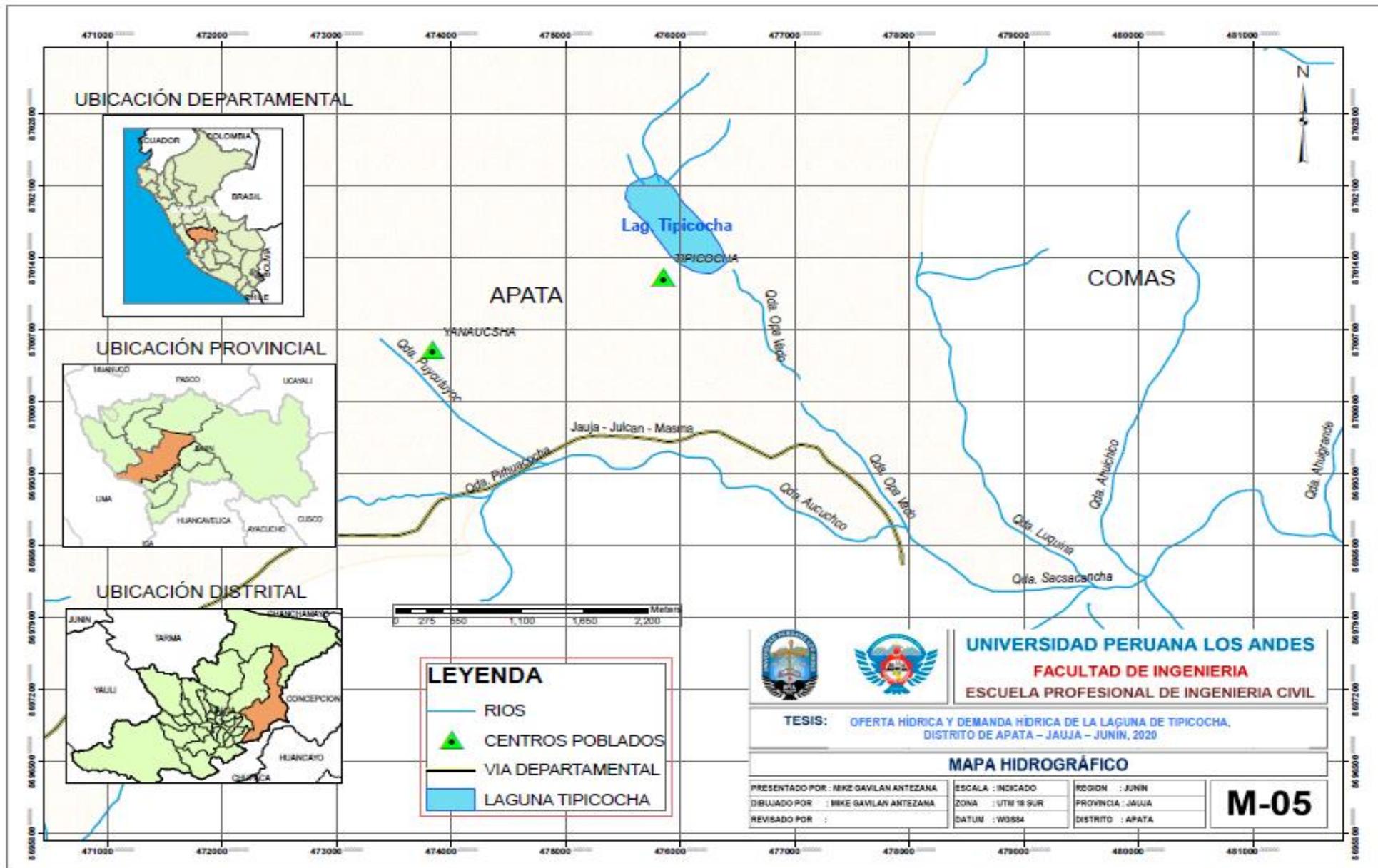
Anexo 3: Planos











Anexo 4: Fotografías



VISITA A SITIO ARQUEOLOGICO TIPICOCHA



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO - LAGUNA DE TIPICOCHA



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO - LAGUNA DE TIPICOCHA PARA
LA DEMANDA HIDRICA