



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES ENFOCADOS A UNA GESTIÓN INTEGRAL COMO PROPUESTA BASE DE LA REGULACIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO LAMPA

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JOUL DIRAKS DARYL, CONDORI ESPINOZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRICOLA

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre, ser a quien adoro desde los más profundo de mi corazón por apoyarme siempre en la culminación de mis estudios superiores quien con sus consejos y ayuda me dio impulso para salir adelante. A mis hermanos Daryl y Yuliet a quienes les debo muchas cosas, quienes han vivido de cerca los distintos procesos de mi vida tanto en momentos felices y tristes que todo ser humano experimenta en el camino a seguir como un destino. Para ti mi querida Delia, que constituyes ese pedacito lleno de amo en mi vida.

Diraks Espinoza



AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido concluir satisfactoriamente esta investigación brindándome tranquilidad y paciencia en el desarrollo de este trabajo.

Al M.Sc. Audberto Millones Chafloque, asesor de la presente tesis, quien con su apoyo incondicional contribuyo de manera sustancial en el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Salvador Mamani Cosi, por la oportunidad y confianza brindada. Su apoyo, conocimientos y experiencias han sido fundamentales para mi formación.

Diraks Espinoza



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.3. HIPÓTESIS	14
1.3.1. Hipótesis general.....	14
1.3.2. Hipótesis específicas.....	14
1.4. OBJETIVO	15
1.4.1. Objetivo general.....	15
1.4.2. Objetivos específicos	15

CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES	16
2.2. MARCO CONCEPTUAL	21
2.2.1. Ciclo hidrológico	21
2.2.2. Cuenca hidrográfica	22
2.2.3. Diagnóstico de una cuenca	24
2.2.4. Diagnóstico de los recursos hídricos	24
2.2.5. Precipitación	25
2.2.6. Temperatura	26
2.2.7. Evapotranspiración	26
2.2.8. Precipitación media en la cuenca.....	27
2.2.9. Polígono de Thiessen modificado.....	28
2.2.10. Modelo hidrológico.....	30
2.2.11. Modelo hidrológico GR2M	31
2.2.12. Caudal	35
2.2.13. Caudal ecológico.....	36
2.2.14. Balance hídrico	36
2.2.15. Sistema de información geográfica.....	37
2.2.16. Gestión integral de recursos hídricos GIRH	42
2.2.17. Regulación hídrica	43
2.2.18. Recarga hídrica	43



2.2.19. Siembra y cosecha de agua	44
---	----

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	46
3.1.1. Ubicación geográfica	46
3.1.2. Ubicación política	46
3.1.3. Ubicación hidrográfica	47
3.2. MATERIALES	47
3.2.1. Información cartográfica y geográfica.....	47
3.2.2. Información meteorológica.....	47
3.2.3. Información hidrométrica	48
3.2.4. Equipo de ingeniería para el estudio.....	48
3.3. METODOLOGÍA	48
3.3.1. Parámetros climáticos necesarios en la cuenca del río Lampa	49
3.3.1.1. Recopilación y procesamiento de información geográfica	49
3.3.1.2. Recopilación de información de precipitación y temperatura	51
3.3.1.3. Determinación de la evapotranspiración	52
3.3.1.4. Obtención de información hidrométrica.....	53
3.3.1.5. Evaluación de la demanda, e identificación de los usos.....	54
3.3.1.6. Análisis del vector regional	55
3.3.1.7. Análisis de doble masa	55
3.3.1.8. Interpolación IDW.....	56
3.3.1.9. Precipitación media (areal).....	56
3.3.1.10. Modelamiento hidrológico	57
3.3.1.11. Calculo del balance hídrico	59
3.3.2. Identificación de áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico de la cuenca del río Lampa	60
3.3.2.1. Generación de información cartográfica y clasificación de las áreas estratégicas por prioridad	64
3.3.3. Para las propuestas de manejo del recurso hídrico en temporadas de máximas avenidas.....	64
3.3.3.1. Siembra y cosecha de agua.....	64

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	67
4.1.1. De los parámetros climáticos necesarios dentro del balance hídrico.....	67
4.1.1.1. Información de precipitación y temperatura.....	67
4.1.1.2. Resultados de evapotranspiración	67
4.1.1.3. Información hidrométrica.....	68
4.1.1.4. Demanda del recurso hídrico de la cuenca	69
4.1.1.5. Vector regional (VR).....	72
4.1.1.6. Precipitación media (areal).....	73



4.1.1.7. Modelamiento hidrológico	75
4.1.1.8. Balance hídrico	81
4.1.2. Áreas estratégicas identificadas para la conservación del recurso hídrico ..	84
4.1.3. Propuestas para el manejo del recurso hídrico en temporadas de máximas avenidas.....	87
4.2. DISCUSIÓN.....	90
V. CONCLUSIONES.....	94
VI. RECOMENDACIONES.....	95
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS.....	99
ANEXO 1: Información meteorológica de las estaciones.....	99
ANEXO 2. Información hidrométrica	114
ANEXO 3. Coeficientes pluviométricos de thiessen modificado	124
ANEXO 4. Mapas.....	125

ÁREA: Ingeniería y Tecnología

LÍNEA: Recursos Hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de agosto del 2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura del modelo hidrológico GR2M.....	33
Figura 2: Celdas de una malla raster con sus valores asociados	38
Figura 3: Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados.....	40
Figura 4: Interpolación Distancia Inversa Ponderada basada en la distancia del punto de muestra ponderada (izquierda). Superficie IDW interpolada de puntos vectoriales de elevación	40
Figura 5: Operador local aritmético	42
Figura 6: Localización del área de estudio	46
Figura 7: Mapa de cobertura de imágenes aster en el ámbito de Perú	50
Figura 8: Modelo conceptual de la recopilación y procesamiento de información geográfica.....	51
Figura 9: Visor de estaciones climáticas	52
Figura 10: Visor de estaciones hidrométricas	54
Figura 11: Modelo conceptual del procesamiento de información sobre la demanda otorgada.....	55
Figura 12: Modelo conceptual para la interpolación de información.....	56
Figura 13: Modelo conceptual para el polígono de thiessen modificado	57
Figura 14: Modelo conceptual para el planteo de propuestas de siembra y cosecha de agua.....	65
Figura 15: Modelo conceptual para visualizar el mapa base.....	66
Figura 16: Variación mensual de la evapotranspiración por estación	68
Figura 17: Distribución espacial de la demanda en la cuenca Lampa.....	70
Figura 18: Índices anuales del vector para la precipitación	72
Figura 19: Índices anuales del vector para la temperatura media.....	72
Figura 20: Índices anuales del vector para los caudales	73
Figura 21: Polígono de Thiessen modificado en la cuenca del río Lampa.....	74
Figura 22: Precipitación media areal mensual en la cuenca del río Lampa	75



Figura 23: Evapotranspiración media mensual	76
Figura 24. Caudal medio mensual en la cuenca del río Lampa.....	76
Figura 25: Hidrograma simulado con el modelo GR2M e hidrograma observado (calibración)	78
Figura 26: Hidrograma simulado con el modelo GR2M e hidrograma observado (validación)	79
Figura 27: Caudales generados a distintos niveles de persistencia. (Elaboración Propia)	80
Figura 28: Déficit/Superávit de agua.....	81
Figura 29: Distribución espacial de la disponibilidad para cada mes del año.....	82
Figura 30: Comparación mensual de la disponibilidad vs la demanda	84
Figura 31: Áreas estratégicas en la zona de estudio	86
Figura 32: Corrientes de agua a priorizar según la demanda del recurso hídrico	86
Figura 33: Áreas identificadas.....	87
Figura 34: Mapa final de las zonas estratégicas para priorizar con la siembra y cosecha de agua	88
Figura 35: Identificación de puntos de aprovechamiento.....	89



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coeficientes de eficiencia Nash-Sutcliffe	34
Tabla 2: Estaciones climáticas próximas a la zona de estudio.	67
Tabla 3: Estaciones seleccionadas para el análisis hidrológico.....	69
Tabla 4: Demanda mensual total otorgada en la unidad hidrográfica Lampa en hm ³ ...	71
Tabla 5: Resultados de la calibración – cuenca del río Lampa 1990-2007.	77
Tabla 6: Resultados de la validación - unidad hidrográfica Lampa 2008-2017.....	78
Tabla 7: Caudales generados a distintos niveles de persistencia (m ³ /s).....	80
Tabla 8: Balance hídrico mensual hm ³	84



RESUMEN

Actualmente en la cuenca del río Lampa, la disponibilidad de agua es de régimen temporal e irregular, con periodos de disponibilidad y prolongados periodos de estiaje, provocando que el recurso hídrico este sometido a fuertes presiones de demanda, sin contar con ningún estudio de reserva y disponibilidad hídrica que hagan frente a un desabastecimiento que ya ha empezado a generarse. El objetivo de la presente tesis es determinar el estado de la cuenca respecto al recurso hídrico, así como la distribución de las zonas de aprovechamiento, orientado a la conservación y regulación hídrica superficial, la investigación se apoyó de varias metodologías: recopilación y procesamiento de información geográfica e hidrometeorológica, que ayudaron a estimar el balance hídrico en la cuenca, asimismo, para la identificación de áreas estratégicas y propuestas para el aprovechamiento del recurso hídrico superficial, se utilizó el programa QGIS. El área evaluada corresponde a la cuenca del río Lampa, y los resultados de balance hídrico, confirman que en la cuenca existe déficit entre julio a noviembre, por lo tanto, para mitigar el déficit, se realizó la identificación y clasificación de zonas por prioridad, teniendo como principal variable, la demanda, asimismo, considerando las condiciones hidrográficas, se ha identificado 9 lugares donde es posible instalar diques en lagunas y 36 zonas donde es posible la instalación de zanjas de infiltración, lo cual ayudará a incrementar significativamente la disponibilidad debido a la retención del recurso hídrico en épocas de avenida, esto como propuesta base para una buena gestión y regulación hídrica.

Palabras clave: Áreas estratégicas, balance hídrico, recurso hídrico, regulación hídrica.



ABSTRACT

Currently in the Basin of the Lampa River, the availability of water is of temporary and irregular regime, with periods of availability and prolonged periods of styling, causing the water resource to be under severe demand pressures, without having any reserve and water availability studies that face a supply that has already begun to be generated. The objective of this thesis is to determine the state of the basin with respect to the water resource, as well as the distribution of the areas of use, oriented to conservation and surface water regulation, the research relied on several methodologies: collection and processing of geographical and hydrometeorological information, which helped to estimate the water balance in the basin, also for the identification of strategic areas and proposals for the use of the surface water resource , the QGIS software was used. The area assessed corresponds to the basin of the Lampa River, and the results of water balance, confirm that in the basin there is deficit between July and November, therefore, to mitigate the deficit, the identification and classification of zones by priority was carried out, having as main variable, the demand, also, considering the watershed conditions, has been identified 9 points where it is possible to install levees in lagoons and 36 areas where it is possible to install trenches , which will help to significantly increase availability due to the retention of the water resource in times of avenue, this as a basic proposal for good water management and regulation.

Keywords: Strategic areas, water balance, water resource, water regulation.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Es imposible para el hombre imaginar una vida sin el recurso hídrico, debido a que este, presta diferentes servicios ambientales y ecosistémicos; uno de los más importantes es el de abastecimiento, tanto para la dinámica natural como para el sustento de la vida. La modelación hidrológica es una herramienta muy importante para el estudio del comportamiento del agua (ciclo hidrológico) lo cual es fundamental, ya que de ella depende el sustento de la vida. En particular dado a que la población tiende a elevarse rápidamente, así como su demanda del recurso (Moreno, 2017).

La presente tesis, integra dos campos muy importantes como son la hidrología y los Sistemas de Información Geográfica donde a partir de la elección de una metodología en aplicación de un balance hídrico y un modelo en QGIS se busca determinar el estado de la cuenca respecto al recurso hídrico, e identificar áreas estratégicas para formular propuestas para la conservación del recurso hídrico en la cuenca del río Lampa, asimismo, los Sistemas de Información Geográfica ofrecen la posibilidad de visualizar, consultar y evaluar diferentes escenarios que ayudan a tomar decisiones.

En este trabajo se identifica las zonas de extracción del recurso hídrico, la cual es preocupante ya que en escenarios futuros existirá un grado de des abastecimiento, lo anterior sin contar que no existen estudios que soporten posibles fuentes de abastecimiento futuro, a nivel de crecimiento de demanda y que indique como abordar épocas de escasez por condiciones climáticas que ya han ocurrido y que han dejado soluciones insuficientes.



En ese sentido como objetivo general de esta tesis, se plantea determinar el estado de la cuenca respecto al recurso hídrico superficial, así como la distribución espacial de las zonas de aprovechamiento hídrico e identificar áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico, teniendo como propuestas base la siembra y cosecha de agua.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los usos de agua sin restricciones han crecido a nivel global a un ritmo acelerado, hasta el punto que en muchas regiones ya no es posible el suministro de un servicio de agua fiable. La presión demográfica, el ritmo de desarrollo económico, la urbanización y la contaminación están ejerciendo una presión sin precedentes sobre un recurso renovable pero finito (Arela, 2014).

El recurso hídrico en la mayoría de los departamentos del Perú, es muy limitado, tal es el caso del departamento de Puno, que en épocas pasadas tuvo grandes problemas por efectos de la sequía, donde la población específicamente rural, sufre los estragos de la escasez del recurso hídrico.

La cuenca del río Lampa, a pesar de contar con varias fuentes de agua superficial como manantiales, lagunas, quebradas y ríos, en la actualidad presenta problemas de escasez de agua para los distintos usos, esta situación aparece como consecuencia de una demanda por encima de su capacidad de recarga de las fuentes, haciendo que se convierta en un recurso escaso, lo cual da lugar a un rápido desabastecimiento y agotamiento de los recursos hídricos, provocando el desabastecimiento.



De ahí la importancia de identificar las zonas donde se realiza la mayor demanda dentro de la cuenca, y plantear propuestas de siembra y cosecha de agua que nos ayuden a conservar el recurso hídrico.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo y dónde se puede implementar la siembra y cosecha de agua, para aprovechar el recurso hídrico en temporadas de máximas avenidas y poder aprovecharlas en temporadas de sequía?

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

El estado del recurso hídrico, y su zonificación del mayor aprovechamiento contribuye a la solución de los periodos de escases de agua, mediante la implementación de la siembra y cosecha de agua.

1.3.2. Hipótesis específicas

- El balance hídrico nos permite cuantificar los periodos de superávit y déficit en la cuenca.
- Con la ubicación de las zonas donde se realiza la mayor demanda se podrá priorizar las áreas de intervención.
- Con la implementación de la siembra y cosecha de agua se puede realizar la conservación del recurso hídrico en épocas de superávit.



1.4. OBJETIVO

1.4.1. Objetivo general

Realizar el balance hídrico en la cuenca del río Lampa para identificar las zonas de mayor aprovechamiento, con el fin de incorporar mecanismos de conservación y regulación hídrica.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros climáticos necesarios dentro del balance hídrico.
- Identificar las áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico.
- Plantear propuestas para el manejo del recurso hídrico en épocas de máximas avenidas.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

La evaluación exhaustiva de la gestión del agua en la agricultura (CA, 2007) planteó la pregunta: ¿Hay tierra, agua y capacidad humana suficiente para producir alimentos para una población creciente en los próximos 50 años – o se agotara el agua? La respuesta fue la siguiente: Es posible producir los alimentos – pero es probable que las tendencias actuales en el medio ambiente y la producción de alimentos, de continuar así, provoquen crisis en muchos lugares del mundo. Solo si trabajamos para mejorar el uso del agua en la agricultura, seremos capaces de superar los grandes desafíos a los que se enfrentara la humanidad en los próximos 50 años por causa de la escasez de agua dulce. Dicho de otra manera, seguir haciendo lo de siempre no es una opción viable. Para poder evitar crisis tanto transitorias como a largo plazo, es necesario hacer cambios reales en la forma en la que se regula y usa el agua (FAO, 2013).

En el ámbito internacional, nacional y regional, el tema de cuencas hidrográficas y el uso de este espacio territorial como unidad básica de planificación, manejo, gestión y cogestión, adquiere cada día mayor importancia; no solamente por el interés y preocupación de los actores e interesados directos: comunidades, organizaciones locales, municipales, instituciones nacionales, etc., sino también de los organismos donantes y cooperantes. Se promueve el uso y la gestión apropiada de los recursos naturales, buscando un equilibrio entre crecimiento económico, equidad, sostenibilidad integral y el mejoramiento de la calidad de vida de la población (Arela, 2014).



En el año 2006 el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA – que ya contaba con la Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral de Cuencas Hidrográficas – UEEDICH -, tomo la iniciativa de conformar la Comisión Nacional de Microcuencas de Guatemala.

El MAGA, a través de la UEEDICH, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas y la Secretaria de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia – SCEP – fueron las primeras instituciones que integraron la Comisión Nacional de Microcuencas. Su fin consistía en propiciar un espacio de dialogo y propuestas sobre problemáticas del uso y manejo integral de los recursos naturales en función del desarrollo productivo de la población local y sus organizaciones (Naturaleza, 2009).

Los primeros aprovechamientos de agua de lluvia datan de 4000 años A.C. En el desierto del Negev (Israel y Jordania), se han descubierto vestigios de aprovechamiento de agua de lluvia consistentes en el desmonte de colinas y conducción del agua hacia parcelas agrícolas ubicadas en las partes bajas cuya antigüedad es de 4000 años o más. En Yemen del sur existe evidencia de terrazas y patios de templos utilizados hace 1000 años para la captación de agua de lluvia. Hacia los siglos III y IV A.C. las viviendas unifamiliares contaban con un espacio y estructuras para la captación y aprovechamiento de agua de lluvia; en Ganzhou, China existen pozos y jarras para la captación de agua de más de 2000 años de antigüedad. En Irán se encuentran los Abarbans que consisten en sistemas tradicionales locales de captación y almacenamiento de agua de lluvia. En el siglo X.A.C. en Oxkutzcab (Yucatán) los Mayas captaron y almacenaron el agua de lluvia en cisternas subterráneas impermeabilizadas con yeso denominado Chultuns. En Cerros, Belice



(año 200 D.C.), existió infraestructura consistente en canales, diques y depósitos que le permitió disponer de agua en épocas secas. También en Edzna, Campeche existió un canal de 50 m de ancho y 1 m de profundidad para captar agua de lluvia y proveer agua de riego y consumo humano. Sin embargo, el mismo autor también anota que en los siglos XIX y XX se potencio el aprovechamiento del agua superficial a través de obras de captación y conducción para el abastecimiento de ciudades y riego, lo que desplazo sistemas locales de captación de agua de lluvia principalmente en regiones coloniales europeas tales como América y la India (Chan, 2012).

El manejo hídrico en el Perú antiguo ha dejado una huella imborrable en el modo de vida andino, pues la sociedad andina se desarrolló en un medio ambiente complejo y frágil, donde el agua representa un elemento esencial para la supervivencia. En el Perú la zona más vulnerable ante este desorden climático es el ecosistema altoandino, ecosistema frágil y con gran presión productiva. En ese ecosistema, la principal actividad económica del poblador es la crianza de camélidos sudamericanos domésticos. El hábitat de los camélidos sudamericanos y el modo de vida del poblador altoandino están siendo impactados negativamente y se está produciendo el deterioro paulatino del suelo y de los pastos naturales, especialmente al agotamiento de las fuentes de agua, fuente de vida de todo ser viviente. Frente a esta problemática y en especial a la escasez hídrica, el Centro de Estudio y Promoción del Desarrollo (DESCO), viene revalorando las practicas antiguas del manejo del agua a través de la experiencia desarrollada en la provincia de Caylloma, utilizando para ello tecnología adecuada, fácilmente replicable y de bajo costo. Esta tecnología denominada como la “cosecha de agua” tiene por objetivo el almacenamiento del agua de lluvia a través de la construcción de microrrepresas rusticas, para su posterior uso en el riego de pasturas (Cruz, 2008).



La gestión de microcuencas en el Perú: Históricamente, el manejo y la gestión de cuencas y microcuencas en el Perú están relacionados con la administración del agua. Las sociedades prehispánicas asentadas en los Andes establecieron agroecosistemas relativamente sostenibles. Andenes, sistemas de irrigación, manejo de cultivos de altura, prácticas de forestación, prueban la existencia de un manejo integral de los recursos naturales en zonas de montaña, lo cual podría indicar que existía una gestión por microcuencas e, incluso, cuencas (PRONAMACHCS, 2005).

Las etapas del PRONAMACHCS: El PRONAMACHCS como proyecto fue creado en 1991; sin embargo, inicio sus actividades diez años antes como Programa Nacional de Conservación de Suelos y Agua en Cuencas Hidrográficas (PNCSACH) para llevar a cabo acciones en beneficio de los pobladores rurales en las microcuencas de la sierra andina, afectados por problemas de degradación de los recursos naturales, erosión, deforestación, sobre pastoreo, sobreexplotación del agua, entre otros. Durante el periodo 1995-96, junto con el Ministerio de Agricultura el PRONAMACHS formulo los estudios de pre factibilidad y factibilidad para el “Proyecto de manejo de recursos naturales para el alivio de la pobreza en la sierra”. Desde 1997 hasta la fecha, el PRONAMACHCS se ha concentrado en las labores de este proyecto con recursos provenientes del Tesoro Público y fuentes cooperantes con el Banco Mundial y el JBIC – Japan Bank for International Cooperación (PRONAMACHCS, 2005).

El subproyecto Manejo intensivo de microcuencas altoandinas (MIMA): Al inicio de la década de los años noventa, con la expansión de la cobertura de intervención del PRONAMACHCS y las manifestaciones de los trabajos conservacionistas, se llegó a la conclusión que hacía falta una mayor articulación e



integración de las acciones desarrolladas en microcuencas. Para buscar respuestas a esta situación, se incluyó un subproyecto denominado “Manejo Intensivo de Microcuencas Altoandinas” (MIMA), dentro del proyecto “Manejo de recursos naturales para el alivio a la pobreza en la sierra” (ALIVIO), a ser financiado por el Banco Mundial y el Gobierno Peruano. El subproyecto fue diseñado analizando que se necesitaba contar, en adición a las acciones convencionales del PRONAMACHCS – construcción de terrazas, obras de riego, reforestación – con modelos (planes) de manejo integral y participativo de recursos naturales el nivel de microcuencas piloto, a ser replicados posteriormente en otras áreas altoandinas (PRONAMACHCS, 2005).

La organización de los Estados Americanos por intermedio de su Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, asistió al Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador en un estudio denominado Proyecto de Manejo y Conservación de la Cuenca Alta del río Pastaza, “PROCAP” durante el periodo 1985/87. En aquella oportunidad, junto con el Ministerio de Agricultura y ganadería colaboraron también el Instituto Ecuatoriano de Electricidad, el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, la dirección General del Medio Ambiente y el Consejo Nacional de Desarrollo. La contribución del Gobierno del Ecuador supero los 260 millones de sucres y la de la OEA fue de aproximadamente US\$230 mil dólares. Como resultado de este esfuerzo se obtuvo un diagnostico general del medio natural, de los aspectos socioeconómicos y del marco institucional del área del Proyecto. También se formuló una estrategia general y un plan preliminar para la conservación y el manejo de los recursos renovables de la Cuenca Alta del Pastaza. Se priorizaron las subcuencas más críticas y se propuso un plan de acciones más inmediatas (PROCAP, 1991).



En la cuenca del río Lampa se tiene una oferta potencial que asciende a un volumen de 72.9 Hm^3 de agua para riego en la cuenca, considerando la cosecha de agua en los embalses de Huayllane y el embalse Pomasi para ser distribuido de acuerdo a la demanda de campaña agrícola en periodo de estiaje. En toda la cuenca del río Lampa se tiene 06 sistemas de riego con un área total de 3,177 has para riego, con una demanda hídrica de 56.87 Hm^3 anualmente y la demanda mayor se muestra en el mes de setiembre con $3.0 \text{ m}^3/\text{seg}$. Según el balance hídrico se muestra un déficit mensual de hasta $2.77 \text{ m}^3/\text{seg}$ que presenta en el mes de setiembre, que anualmente representa a 40 Hm^3 , por lo que es indispensable plantear y/o identificar sistemas de represamiento de agua en las partes altas del río Lampa. Para satisfacer la demanda de agua en la cuenca del río Lampa se proyecta un plan de aprovechamiento de los recursos hídricos para riego, identificando 02 lugares estratégicos para represar agua en periodo de avenidas para ser distribuidos en los 06 sistemas de riego en periodos de déficit hídrico o según la demanda de los cultivos del calendario de riego de la campaña agrícola, beneficiando a 2720 familias productores agropecuarios que representan a 10.828 habitantes de la cuenca (Castillo, 2018).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Ciclo hidrológico

En la Tierra, el agua existe en un espacio llamado hidrosfera, que se extiende desde unos quince kilómetros arriba en la atmosfera hasta un kilómetro por debajo de la litosfera o corteza terrestre. El agua circula en la hidrosfera a través de un laberinto de caminos que constituyen el ciclo hidrológico (Chow, Maidment, & Mays, 1993).



El ciclo hidrológico se lleva a cabo en tres estratos del sistema terrestre: la atmosfera, o sea la capa gaseosa que envuelve al globo terráqueo, la litosfera que corresponde a la porción sólida de la superficie del globo y la hidrosfera, formada por los cuerpos de agua que cubren parte de la superficie terrestre. A ciencia cierta ni se sabe dónde se inicia el Ciclo Hidrológico, pero se considera que por ocupar los mares y océanos el 70% de la superficie del planeta, es ahí donde se inicia el ciclo, ya que la evaporación proviene de ellos es mucho más alta que la proveniente de la tierra y de algunas partes de la atmosfera (Mejia, 2006).

El ciclo hidrológico no es nada regular. Todo lo contrario. Una muestra de ello son los periodos de sequias y de inundaciones con los que estamos tan acostumbrados en el país. Prácticamente todos los años tenemos nosotros problemas de sequía e unos lugares y problemas de inundaciones en otros. El ciclo hidrológico es completamente irregular, y es precisamente contra estas irregularidades que lucha el hombre (Chereque, 2010).

2.2.2. Cuenca hidrográfica

Entre las regiones hidrológicas de importancia practica para los hidrólogos se destaca la cuenca hidrográfica o cuenca de drenaje, por la simplicidad que ofrecen en la aplicación del balance hídrico. Según Viessman, Knapp (1997), la cuenca hidrográfica es toda el área drenada por un curso de agua o por un sistema de cursos de agua, cuyas aguas concurren a un punto de salida, en otras palabras, se puede decir que cuenca de drenaje, es el área que contribuye a la escorrentía y que proporciona todo o parte del flujo del cauce principal y sus tributarios (Mejia, 2006).



Las características físicas y funcionales de una cuenca hidrográfica pueden ser definida como los diversos factores que determinan la naturaleza de la descarga de un curso de agua. El conocimiento de esas características es muy importante por las siguientes razones: a) para establecer comparaciones entre cuencas hidrográficas, b) para interpretar de forma clara los fenómenos pasados, c) para efectuar previsiones de descarga de un río. Estos factores, que determinan la naturaleza de descarga de los ríos, pueden ser agrupados en factores que dependen de las características físicas y de uso de la cuenca hidrográfica o factores fisiográficos y factores que depende del clima, factores climáticos (Mejia, 2006).

En la actualidad, se tiene gran interés sobre la gestión de cuencas, en especial la protección y conservación de las cabeceras de cuenca, pero ¿Qué tanto sabemos sobre las cabeceras de cuenca?, a la fecha no se conoce su definición y no se tiene muy claro como delimitar una zona de cabecera; siendo esto, lo primero que debe hacerse antes de cualquier intervención. Por ello, es fundamental identificar y delimitar adecuadamente las cabeceras de cuenca para planificar mejor su conservación y la de los recursos naturales existentes en ella. Una cuenca se divide en tres partes: zona alta, zona media y zona baja. Parte de la zona situada en la parte alta es denominada “Cabecera de cuenca”. Las cabeceras de cuenca son espacios geográficos que desempeñan mejor las principales funciones de una cuenca (función hidrológica, función ecológica, función ambiental y función socioeconómica); estos procesos en las partes altas, invariablemente, tienen repercusiones en la parte media y baja de la cuenca. En ese sentido, es importante preservar las cabeceras de cuenca, dado que cumplen un rol regulador del ciclo hidrológico, controlan la cantidad y temporalidad del flujo de agua, contribuyen



al mantenimiento de la conectividad hidrológica, a la integridad de los ecosistemas, y al buen estado ecológico de la cueca (Gutierrez, 2013).

2.2.3. Diagnóstico de una cuenca

El diagnóstico de una cuenca, es el esfuerzo coordinado e integrado de investigaciones y análisis de los medios disponibles para solucionar o aliviar los conflictos y/o problemas para el uso de la cuenca (Dourojeanni, 2002).

El diagnóstico es un instrumento que sirve para la planificación y ejecución de acciones de desarrollo. Es el paso inicial para conocer los recursos y obstáculos que presenta una determinada área geográfica para alcanzar su desarrollo (Sesa, 1982).

2.2.4. Diagnóstico de los recursos hídricos

El diagnóstico debe tener siempre un propósito definido, de allí que la información y el análisis que se realicen deben orientarse a buscar los datos absolutamente necesarios para cumplir sus propósitos, permitiendo por un lado ahorrar tiempo, recursos y esfuerzos y por otro lado no sesgar sus intencionalidades con abundancia de información y tratamiento estadístico. Esto implica necesariamente una selección cuidadosa de factores, y dentro de ellos de variables e indicadores que sean fundamentales a los propósitos del diagnóstico, y a sus usuarios (Sesa, 1982).

Los recursos hídricos están constituidos, principalmente, por las aguas de escurrimiento superficial y las aguas subterráneas. Los recursos hídricos en el Perú se encuentran distribuidos en tres vertientes con régimen totalmente diferente y en gran irregularidad en las descargas de sus ríos. La vertiente del Atlántico es la



más extensa y tiene 1'298,281 km² (78%); la del Pacífico comprende la llanura costera y ocupa 229,060 km² (17.7%); y la del Titicaca 45,953 km² (3.5%). Según el “Inventario y Evaluación Nacional de las Aguas Superficiales”, realizado en 1980 por la Oficina de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN), se dispone en un volumen anual total de 2,043.53 km³ que corresponde al 5% del escurrimiento de todos los ríos del mundo. De este total 1,998.76 km³ (97.8%) pertenece a la vertiente del Atlántico; 34.62 km³ (1.7%), a la del Pacífico y 10.17 km³ (0.5%) a la del Titicaca (Santayana, 1990).

2.2.5. Precipitación

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Los tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire son la elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre aire frío por un pasaje frontal; la elevación orográfica, mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la elevación convectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por una acción convectiva, como ocurre en el centro de una celda de una tormenta eléctrica. Las celdas convectivas se originan por el calor superficial, el cual causa una inestabilidad vertical de aire húmedo, y se sostiene por el calor latente de vaporización liberado a medida que el vapor del agua sube y se condensa (Chow, 1993).

La principal fuente de humedad para la precipitación la constituyen la evaporación desde la superficie de los océanos. Sin embargo, la cercanía a los



océanos no conlleva una precipitación proporcional, como lo demuestran muchas islas desérticas. Son los factores del clima ya estudiados (latitud, altitud, continentalidad, corrientes marinas, vientos dominantes) y las barreras orográficas, las que determinan la humedad atmosférica sobre una región.

Se define precipitación a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garuas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación (Chereque, 2010).

2.2.6. Temperatura

La temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evaporación y en las fórmulas para calcular las necesidades de agua de riego de las plantas. Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado (Chereque, 2010).

2.2.7. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la combinación de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. Los mismos factores que dominan la evaporación desde una superficie de agua abierta también dominan la evapotranspiración, los cuales son: el suministro de energía y el transporte de vapor. Además, el suministro de humedad a la superficie de evaporación es un tercer factor que se debe tener en cuenta. A medida que el suelo se seca, la tasa de



evapotranspiración cae por debajo del nivel que generalmente mantiene en un suelo bien humedecido (Chow, 1993).

Del agua que una planta absorbe del suelo solo una parte muy pequeña se queda para formar los tejidos de la planta; el resto regresa a la atmosfera en forma de vapor, configurando la transpiración. Este fenómeno de la transpiración constituye una fase muy importante del ciclo hidrológico, porque es el mecanismo principal por medio del cual el agua precipitada a tierra regresa a la atmosfera (Chereque, 2010).

Al estudiar el balance hídrico de una cuenca, el interés recae en la determinación de las pérdidas totales de agua, es decir por evaporación y por transpiración. Además, desde el punto de vista práctico es muy difícil evaluar por separado cada perdida. Las pérdidas totales de agua constituyen la evapotranspiración (Chereque, 2010).

2.2.8. Precipitación media en la cuenca

A partir de las lluvias medidas en los pluviómetros es posible calcular la precipitación media en la cuenca. Singularmente útil resulta la precipitación media anual, o modulo pluviométrico anual, en la cuenca (Chereque, 2010).

En muchos tipos de problemas hidrológicos es necesario determinar la magnitud de la precipitación promedio sobre un área o cuenca específica, para una tormenta determinada o para un periodo de tiempo dado, comúnmente un año. La precisión con la cual la lluvia de un área puede ser estimada depende principalmente de la densidad de la red pluviométrica, del tamaño y tipo de tormenta analizada o de la duración de la lluvia en estudio. En general se puede



indicar que las redes pluviométricas de poca densidad y muy dispersas, tienden a subestimar las cantidades máximas de lluvia y sus intensidades, lo mismo sucede si el registro disponible es corto (Aranda, 1998).

Básicamente se tiene tres métodos para la estimación de la precipitación promedio sobre un área, los cuales son aplicables a intervalos muy diferentes como son: la duración de la tormenta, días, meses o años. Tales métodos son los siguientes: Método del promedio aritmético, método de los polígonos de Thiessen y método de las isoyetas (Aranda, 1998).

2.2.9. Polígono de Thiessen modificado

El polígono de Thiessen Modificado, es un método para determinar la precipitación media areal en una cuenca, este método está basado en una composición del método de las isoyetas y los polígonos de Thiessen. La información que se necesita para su puesta en práctica, además de la requerida en el método de Thiessen, es la existencia previa de isoyetas. Este requisito condiciona bastante a este método, debido a que su exactitud dependerá fuertemente de la calidad de esta información pluvial, ya sea en el grado de semejanza a la realidad que posean o en la cantidad de datos utilizados en su construcción, entre otros aspectos (INRENA, 2008).

En el método de Thiessen Modificado es posible establecer la siguiente relación:

$$K_i = \frac{\bar{P}_{ai}}{\bar{P}_{ei}}$$



Donde:

K_i = Constante de proporcionalidad de precipitación de la estación i .

P_{ai} = Precipitación media del área de influencia de la estación i .

P_{ei} = Precipitación media de la estación i .

El valor de P_{ai} , se obtiene a partir de un mapa de isoyetas del área en estudio.

Por otra parte, el valor P_{ei} es obtenido como un promedio aritmético de los datos que posee la estación pluviométrica en análisis, recomendándose cuando sea posible el uso de la precipitación normal, es decir, el promedio de los treinta últimos años.

En el mismo marco, se plantea la existencia de una segunda relación matemática, la que se define en función de la superficie del área de influencia y la superficie total del área en estudio. Así se tiene la siguiente expresión:

$$R_i = \frac{S_i}{S}$$

Donde:

R_i = Constante de proporcionalidad de superficies.

S_i = Superficie del área de influencia i .

S = Superficie total del área en estudio.

La constante K_i presenta valores $K_i > 0$, en tanto que la constante R_i , denota valores $0 < R_i < 1$.

Finalmente, para calcular la precipitación media, se utiliza la siguiente expresión:

$$P_{mj} = \sum_{i=1}^n K_i * P_{ij} * R_i$$

Donde:

P_{mj} = Precipitación media del área en estudio, en periodo j , (mm).

P_{ij} = Precipitación de la estación del área de influencia i , en mm, en el periodo j .

2.2.10. Modelo hidrológico

El objetivo de análisis de sistemas hidrológicos es estudiar la operación del sistema y predecir su salida. Un modelo del sistema hidrológico es una aproximación del sistema real, sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables, y su estructura, un conjunto de ecuaciones o funciones de transferencia que transforman las variables de entrada en variables de salida. Una de las primeras clasificaciones agrupa a los modelos hidrológicos en dos categorías: Modelos físicos y modelos matemáticos. Los primeros representan el sistema sobre una escala reducida, tal como los modelos hidráulicos; los segundos representan el sistema en forma matemática, mediante una serie de funciones que relacionan las variables de salida con las variables de entrada. La mayoría de los procesos hidrológicos son aleatorios y su magnitud varía con el tiempo y con el espacio, por lo que el desarrollo de un modelo con esas características es una tarea



muy difícil y requiere de una simplificación, despreciando algunas fuentes de variación (Mejia, 2006).

Los modelos matemáticos, a su vez, pueden ser determinísticos o estocásticos. El modelo determinístico no considera la aleatoriedad, es decir que una entrada al sistema siempre produce la misma salida y se usa cuando las variaciones de la salida sean pequeñas como en el caso de los pronósticos, modelo de hidrograma unitario, etc. Un modelo estocástico produce salidas, por lo menos, parcialmente aleatorias y se usa cuando las variaciones de la salida son mayores, como en las predicciones (Mejia, 2006).

La modelación hidrológica es una herramienta muy importante para el estudio del comportamiento del agua (ciclo hidrológico) lo cual es fundamental ya que se ella depende el sustento de la vida. En particular dado a que la población tiende a elevarse rápidamente así como su demanda del recurso (Moreno, 2017)

2.2.11. Modelo hidrológico GR2M

Un modelo hidrológico es una representación simplificada de un sistema real complejo que por lo general es una cuenca hidrográfica. Los modelos hidrológicos son pues herramientas que nos ayudan a comprender y analizar eventos extremos como sequias e inundaciones, generar escenarios de disponibilidad hídrica y en general realizar un óptimo y adecuado manejo de los recursos hídricos (Metzger, 2017).

El modelo hidrológico GR2M es conceptual fue desarrollado por CEMAGREF (Centro de Investigación Agrícola e Ingeniería Ambiental de Francia). Su uso en el Perú fue introducido por el IRD (Instituto de Investigación

y Desarrollo) de Francia, primero en estudios de modelización hidrológica en cuencas de la vertiente del Pacífico (SOFI CONSULT S.A.) y luego en cuencas de la región hidrográfica del Atlántico (Lacado W.) y del Titicaca (Vera H.), es así que se ha extendido en estudios de simulación hidrológica bajo escenarios de cambio climático, sobre todo los elaborados por SENAMHI (PACC-PRAA) (Metzger, 2017).

GR2M es un modelo hidrológico agregado que simula caudales en intervalos mensuales. El modelo transforma la precipitación en escorrentía mediante la aplicación de dos funciones: una función de producción y una función de transferencia.

Su estructura consta de dos reservorios: el reservorio suelo y el reservorio de agua gravitacional. La Figura 1 muestra la arquitectura del modelo GR2M con los principales procesos hidrológicos que producen escorrentía y que son tomados en cuenta por el modelo. De acuerdo a este esquema, P es la precipitación media de la cuenca, $P1$ es la escorrentía superficial, E es la evapotranspiración actual, $P2$ la percolación profunda, S el almacenamiento del reservorio suelo al inicio del periodo de análisis, R el almacenamiento del reservorio de agua gravitacional al inicio del periodo de análisis y Q el caudal a la salida de la cuenca. La capacidad máxima de almacenamiento del reservorio suelo es $X1$ y la del reservorio gravitacional es asumida como 60mm (Metzger, 2017).

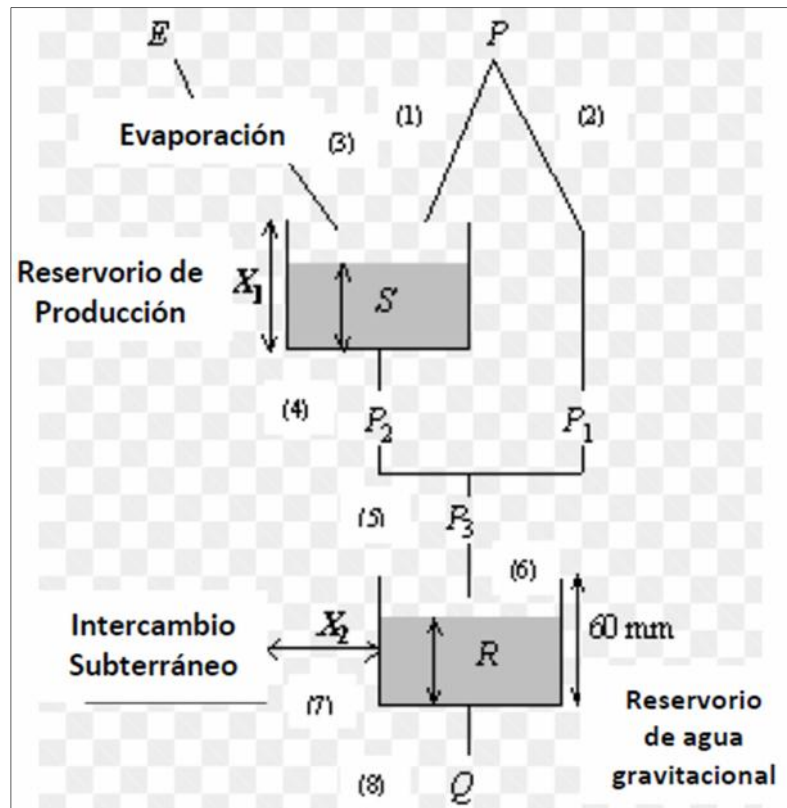


Figura 1: Estructura del modelo hidrológico GR2M

X1: Capacidad del reservorio suelo en milímetros (mm)

X2: Coeficiente de intercambios subterráneos (adimensional)

X2 oscila entre 1 y 2. Si $X2=1$ significa que todas las precipitaciones netas del mes son transferidas a la salida de la cuenca sin ser retenida en el reservorio de transferencia. En el caso extremo si $X2=2$ toda la precipitación es retenida en el reservorio de transferencia.

El modelo ha sido implementado en diferentes programas como Fortran y hoja de cálculo, utiliza métodos de optimización para la calibración de los parámetros maximizando la eficiencia del modelo con el criterio de Nash-Sutcliffe (E).

- Medidas de bondad de ajuste

Las calibraciones de los modelos se enfocan usualmente es un “criterio de exactitud”, el cual se apoya en la cuantificación de la bondad de ajuste del modelo. Para este estudio, se han utilizado los siguientes criterios estadísticos o coeficientes:

NASH: El criterio de Nash-Sutcliffe (E) es uno de los más usados en hidrología. Su valor se define como:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}$$

donde:

Q_{sim} = Caudales simulados

Q_i = Caudales observados

\bar{Q} = Promedio de los caudales observados

A continuación, se muestra los coeficientes de eficiencia de Nash-Sutcliffe(E):

Tabla 1: Coeficientes de eficiencia Nash-Sutcliffe

Nash	Ajuste
< 0.2	Insuficiente
0.2 – 0.4	Satisfactorio
0.4 – 0.6	Bueno
0.6 – 0.8	Muy Bueno
> 0.8	Excelente

Fuente: (Metzger, 2017)

RMSE: La raíz del error cuadrático medio (RMSE) permite cuantificar la magnitud de la desviación de los valores simulados respecto a los observados. Su expresión se define como:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i)^2}{n}}$$

donde:

Q_{sm} = Caudales simulados

Q_j = Caudales observados

n = Numero de valores simulados

R: El coeficiente de correlación (R) expresa la dependencia lineal entre dos variables, para este estudio nos referimos a los caudales observados y los caudales simulados. Su expresión se define como:

$$r = \frac{S_{o,si}}{\sqrt{S_o S_{si}}}$$

donde:

S_{obs}, S_{sim} es la covarianza sin sesgo entre los caudales observados y simulados.

2.2.12. Caudal

El caudal de un río, es decir la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo. El caudal en un



tiempo dado puede medirse por varios métodos diferentes y la elección del método depende de las condiciones de cada sitio (Masabni, 2000).

2.2.13. Caudal ecológico

El caudal ecológico (CE) en ríos y humedales es un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, que establece la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad. El CE concilia la demanda económica, social y ambiental del agua, reconoce que los bienes y servicios de las cuencas hidrológicas dependen de procesos físicos, biológicos y sociales y que únicamente conservando el agua que estos necesitan, se puede garantizar su provisión futura (Fondo Mundial para la Naturaleza, 2010).

En la práctica, el caudal ecológico busca reproducir en alguna medida el régimen hidrológico natural, conservando los patrones estacionales de caudales mínimos y máximos – temporada de sequías y lluvias, respectivamente, su régimen de crecidas y tasa de cambio de especial interés para la gestión de infraestructura hidráulica o hidroeléctrica (Fondo Mundial para la Naturaleza, 2010).

2.2.14. Balance hídrico

La evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración.



La ecuación del Balance Hídrico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca (Ordoñez, 2011).

Dado que la cantidad de agua disponible en la tierra es finito e invariable, el sistema hidrológico global puede ser considerado cerrado, no obstante, sean comunes los sistemas abiertos. La cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua de tal forma que todo el caudal sea descargado a través de una única salida (Mejia, 2006).

En la realidad, el balance hídrico en una cuenca hidrográfica no es tan simple; diversas pérdidas ocurren durante el proceso. Así como la evaporación que tiene lugar desde el momento en que se inicia la precipitación; luego que llega al suelo, el agua precipitada, comienza a ser almacenada; como la superficie del suelo no es plana como en el modelo, ya que existe depresiones en el terreno, el agua allí acumulada, eventualmente será evaporada o se infiltrará en el suelo; no obstante alcanza los cursos de agua o se transforma en escorrentía, el agua continua sufriendo el proceso de evaporación, y que deben, por lo tanto ser consideradas (Mejia, 2006).

2.2.15. Sistema de información geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica pueden definirse de forma provisional como sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación. La representación de datos espaciales es

el campo de estudio de la cartografía, por tanto, es necesario comenzar introduciendo algunos conceptos básicos de esta ciencia (Alonso, 2015).

Formato raster

En el modelo raster, la zona de estudio se divide de forma sistemática en una serie de unidades mínimas (denominadas habitualmente celdas), y para cada una de estas se recoge la información pertinente que la describe. Se puede ver este detalle en la Figura 2, que muestra aumentada una porción la malla raster de elevaciones, de modo que los límites de las celdas se hacen patentes y puede además representarse en cada una de ellas su valor asociado.

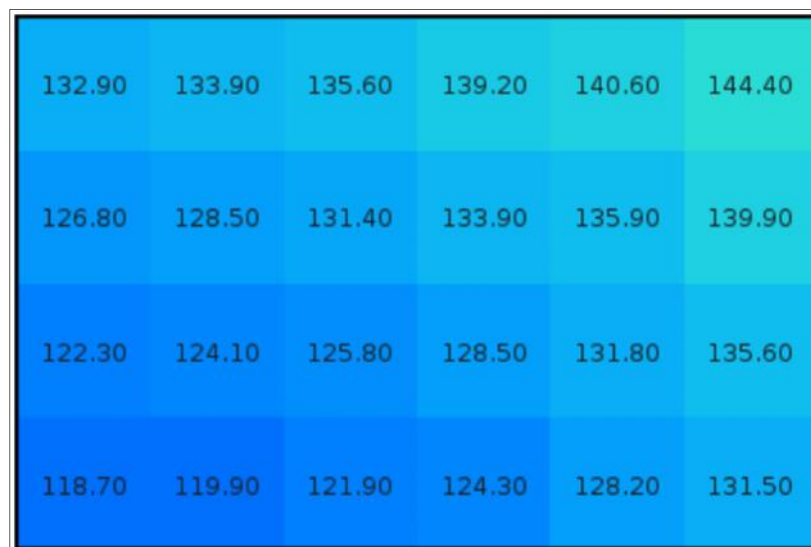


Figura 2: Celdas de una malla raster con sus valores asociados

Aunque la malla de celdas puede contener información sobre varias variables, lo habitual es que trate una única variable. Es decir, que se tenga un único valor para cada una de las celdas. La característica principal del modelo raster, y que lo confiere gran parte de sus propiedades más interesantes, especialmente de cara al análisis, es su sistematicidad. La división del espacio en unidades mínimas se lleva a cabo de forma sistemática de acuerdo con algún



patrón, de tal modo que existe una relación implícita entre las celdas, ya que estas son iguales entre sí, cubren todo el espacio, y no se solapan. Por lo tanto, la posición de una celda depende de las restantes, para así conformar en conjunto toda la malla regular que cumple las anteriores características. Dicho de otro modo, el orden propio de las celdas, presente gracias a la división sistemática realizada, aporta un elemento adicional que las relaciona entre sí (Olaya, 2014).

Formato vectorial

Con este modelo se persigue la representación vectorial de la información espacial. Es preciso recordar el concepto de vector como segmento definido por dos puntos, uno inicial y otro final que define su tamaño, su dirección y su sentido. Así, podemos aproximarnos a la estructura vectorial pensando que cada punto de la realidad queda definido por unas coordenadas X e Y, y pretende siempre a un elemento geográfico (punto, línea o polígono) (Morea y Huerta, 2016).

Los objetos quedan definidos de la siguiente manera:

- Punto: vector con el mismo punto inicial y final, sin distancia y con dimensión topológica 0.
- Línea; sucesión de vector en donde el punto final de cada una corresponde exactamente con el punto inicial de siguiente, y con dimensión topológica 1.
- Polígono: sucesión de vectores con la misma relación que una línea, pero donde el punto inicial del primer vector coincide con el punto final del último vector, definiendo un área interior y con dimensión topológica 2

Primitiva	Entidad espacial	Representación	Atributos																					
Puntos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Altura</th> <th>Díámetro Normal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>17,5</td><td>35</td></tr> <tr><td>2</td><td>22</td><td>45,6</td></tr> <tr><td>3</td><td>15</td><td>27,2</td></tr> <tr><td>4</td><td>19,7</td><td>36,1</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>	ID	Altura	Díámetro Normal	1	17,5	35	2	22	45,6	3	15	27,2	4	19,7	36,1	-	-	-	-	-	-
ID	Altura	Díámetro Normal																						
1	17,5	35																						
2	22	45,6																						
3	15	27,2																						
4	19,7	36,1																						
-	-	-																						
-	-	-																						
Líneas			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho máx(m)</th> <th>Caído máx(m)</th> <th>Longitud(km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15</td><td>4,3</td><td>35</td></tr> <tr><td>6,3</td><td>3,9</td><td>5,2</td></tr> </tbody> </table>	Ancho máx(m)	Caído máx(m)	Longitud(km)	15	4,3	35	6,3	3,9	5,2												
Ancho máx(m)	Caído máx(m)	Longitud(km)																						
15	4,3	35																						
6,3	3,9	5,2																						
Polígonos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Superficie(m²)</th> <th>Profundidad máx(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>31494</td><td>1637</td></tr> </tbody> </table>	Superficie(m ²)	Profundidad máx(m)	31494	1637																	
Superficie(m ²)	Profundidad máx(m)																							
31494	1637																							

Figura 3: Primitivas geométricas en el modelo de representación vectorial y ejemplos particulares de cada una de ellas con atributos asociados

Interpolación IDW

En el método de interpolación IDW, los puntos de muestreo se ponderan durante la interpolación de tal manera que la influencia de un punto en relación con otros disminuye con la distancia desde el punto desconocido que se desea crear.

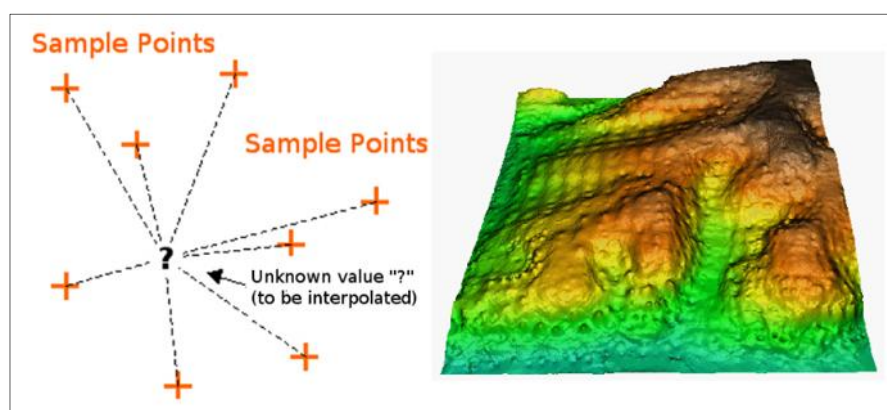


Figura 4: Interpolación Distancia Inversa Ponderada basada en la distancia del punto de muestra ponderada (izquierda). Superficie IDW interpolada de puntos vectoriales de elevación (derecha)



La ponderación es asignada a los puntos de muestreo mediante la utilización de un coeficiente de ponderación que controla como la influencia de la ponderación decae mientras la distancia hacia el punto nuevo se incrementa. Mientras más grande es el coeficiente de ponderación menor será el efecto que los puntos tendrán si están lejos del punto desconocido durante el proceso de interpolación. Conforme el coeficiente se incrementa, el valor de los puntos desconocidos se aproxima al valor del punto de observación más cercano (https://docs.qgis.org/2.8/es/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html).

Álgebra de mapas

El álgebra de mapas incluye un amplio conjunto de operadores que se ejecutan sobre una o varias capas raster de entrada para producir una o varias capas raster de salida. Por operador se entiende un algoritmo que realiza una misma operación en todas las celdillas de una capa raster. Estos operadores se definen mediante ecuaciones, por ejemplo, el operador $B=A*100$ genera una nueva capa (B) asignando a cada celdilla un valor de la celdilla correspondiente a la capa (A) multiplicado por 100. (Figura 5). Cada capa raster es una matriz de números y la operación se realiza para todos los números de la matriz, por tanto, para todas las celdillas de la capa raster. Sin embargo, aunque ambas operan sobre matrices, el álgebra de mapas tiene poco más que ver con el concepto matemático de álgebra matricial (Alonso, 2015).

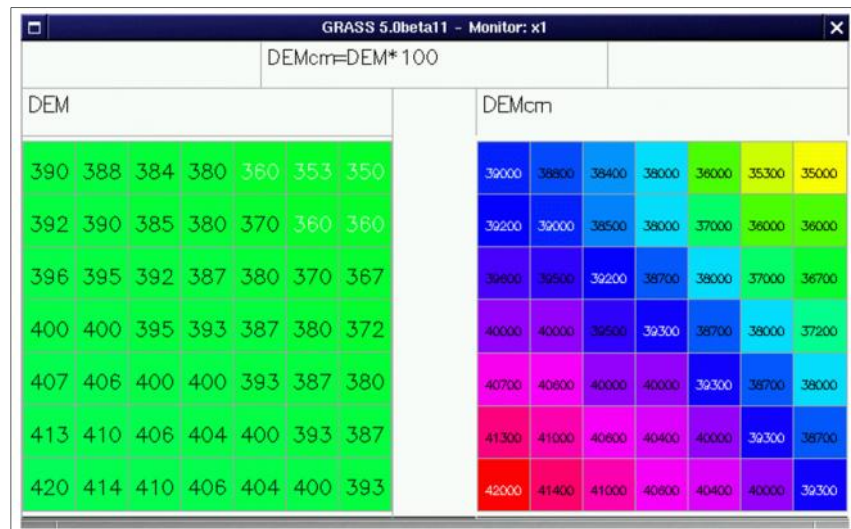


Figura 5: Operador local aritmético

2.2.16. Gestión integral de recursos hídricos GIRH

Un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (GWP E INBO, 2009).

Es un proceso que se apoya en la planificación de acciones como instrumento de gestión para alcanzar ciertos objetivos y como tal se inicia con el conocimiento de los parámetros hidrológicos que determinan su disponibilidad de la cuenca, tanto en el tiempo y espacio, así como en cantidad y calidad, teniendo en consideración los procesos dinámicos ejercidos por la presión de la demanda desplegada por la actividad económica y productiva de sus habitantes, a través del cual se identifican los objetivos locales, regionales y nacionales, traduciendo en la articulación de un conjunto de acciones que reflejan las aspiraciones del país (Comision Tecnica Multisectorial, 2004).



2.2.17. Regulación hídrica

La regulación del ciclo hidrológico se produce cuando el ecosistema almacena agua en los periodos lluviosos y la libera lentamente en los periodos secos o de estiaje. A mayor capacidad de regulación, mayor serna los caudales base, y mayor será el tiempo que el cauce se mantiene con agua antes de llegar a secarse (IMA, 2015).

El servicio ecosistémico de regulación hídrica se refiere a la proporción de las precipitaciones que pueden ser interceptadas e infiltradas en napas subterráneas, contribuyendo al constante flujo de agua como escorrentía superficial. El proceso de regulación hídrica comienza con la interceptación de la precipitación incidente por el dosel de la vegetación, donde una gran proporción se pierde por evaporación. El agua residual de esta etapa, fluye a través del escurrimiento fustal, acoplándose a la precipitación directa la cual no es interceptada y llega directamente al suelo, donde una proporción fluye como escurrimiento superficial, otra se infiltra y se almacena en el suelo, quedando disponible para las plantas y el resto se acumula en napas subterráneas, por ende, la regulación y almacenamiento de agua dependerá de estos procesos circunscritos al balance hídrico, donde el tipo de vegetación y las características físicas del suelo condicionan la capacidad de regulación (Grizzetti, 2016).

2.2.18. Recarga hídrica

Se conoce como recarga hídrica, al proceso por el cual se incorpora a un acuífero, agua procedente del exterior, además se define este fenómeno como un proceso por el cual el exceso de agua por infiltración sobre la evapotranspiración



drena desde la zona radicular y continúa circulando en dirección descendente a través de la zona no saturada, hasta la capa freática (Rodríguez, 2014).

La recarga hídrica puede ser natural, es concebida por el volumen de agua que penetra a un embalse subterráneo durante un periodo de tiempo a causa de la infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua (Rodríguez, 2014).

2.2.19. Siembra y cosecha de agua

Para que la reducción del recurso hídrico nos afecte menos, se debe realizar la “siembra y cosecha de agua” en las cabeceras de cuenca. Esto permitirá almacenar el agua de las lluvias, incrementar su infiltración y aprovecharla en las épocas de estiaje (FONCODES, 2015).

Siembra de agua: El Perú, a la recarga de las aguas subterráneas realizadas por el hombre, se le llama “siembra de agua”. Consiste en captar parte del agua de lluvia y hacer que esta se infiltre para recargar las aguas subterráneas, antes que se pierda, o se caya al río (FONCODES, 2015).

Formas de siembra de agua: La siembra de agua puede hacer de varias maneras, el principal objetivo es disminuir la velocidad con la que discurre el agua de lluvia en el suelo, así ya no seguirá corriendo “con la misma fuerza” y se infiltrará recargando las aguas subterráneas. Existen varias formas de sembrar agua:

Zanjas de infiltración: Las zanjas de infiltración son canales sin desnivel, excavadas en terrenos de ladera; sirven para atrapar el agua de las lluvias que corre por las laderas, infiltrándola en el suelo, así no se pierde y se evita la erosión de los suelos.



Para el diseño, construcción y mantenimiento de las zanjás se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuanto más inclinado es el terreno, el distanciamiento entre zanjás debe ser menor.
- En zonas de pastoreo se deben dejar caminos con un ancho adecuado para facilitar el paso de los animales y evitar el deterioro de las zanjás.
- Se debe realizar el mantenimiento de la zanja, limpiando la tierra, arena o cascajo arrastrados por el agua. De esta manera se aumenta su vida útil.
- Realizar plantaciones forestales con especies nativas como el qolle, queñua o chachacomo, sobre el camellón de la zanja, para ayudar a estabilizarla e infiltrar el agua.

Clausura de praderas: Es una práctica que consiste en cercar un área determinada de pradera en las cabeceras de cuenca, por do o más años, dependiendo del estado de la pradera y el uso. Para ello se usa materiales de la zona como piedras, champas o malla ganadera.

Amunas: Es una práctica que se realiza en zonas rocosas por encima de los 4400 msnm, captando el agua de las lluvias y conduciéndolas a través de acequias de tierra, para luego infiltrarlas en rocas fracturadas, ubicadas encima de los manantes.

Cosecha de agua: La cosecha o recolección de agua es la captación del agua que discurre por el suelo, para utilizarla directamente en la agricultura, en el consumo humano, en la crianza de animales o para regar plantaciones forestales. La cosecha de agua es una opción para tener más agua, en la temporada seca.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación geográfica

La cuenca del río Lampa se ubica en la parte occidental del departamento de Puno, con una variación altitudinal de 5327 a 3813 msnm.

3.1.2. Ubicación política

Políticamente la cuenca del río Lampa se ubica en el departamento de Puno, comprendiendo las provincias de San Román y Lampa, y los distritos de Vilavila, Palca, Lampa, Cabanillas y Juliaca.

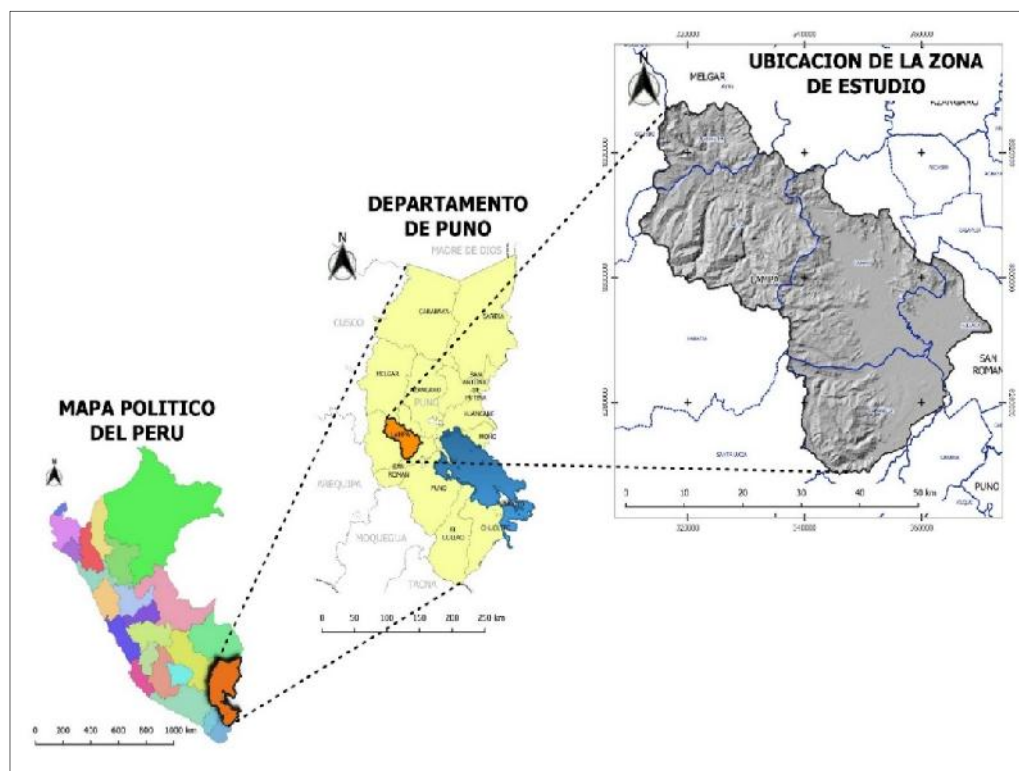


Figura 6: Localización del área de estudio



3.1.3. Ubicación hidrográfica

La zona de estudio, hidrográficamente se ubica dentro de la cuenca del río Coata, el cual es una vertiente del lago Titicaca y perteneciente al Sistema Titicaca, Desaguadero, Poopo y Salar de Coipasa (Sistema Hídrico TDPS).

3.2. MATERIALES

3.2.1. Información cartográfica y geográfica

Para la presente tesis se utilizó la siguiente información:

- Cartografía en formato Raster (DEM), de la página ASTER GDEM la cual se encuentra en formato GeoTIFF con coordenadas lat/long, con resolución espacial de 30 metros y hace referencia al geoido WGS84/EGM96. (S16W71). Se puede descargar desde el link http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx
- Cartografía base en formato Shapefile la cual es distribuido a través de la página Web GEO GPS PERU.
- Imagen Satelital SASPlanet, permite descargar mosaicos de mapas temáticos, entre las capas disponibles para su visualización y descarga dispone mapas satelitales provenientes de Google, Yahoo, ESRI, OSM, Nokia, Big entre otros.

3.2.2. Información meteorológica

La información meteorológica utilizada para la presente tesis, corresponden a la información de la red de estaciones del VISOR DE



ESTACIONES CONVENCIONALES, de la página de la Autoridad Nacional del Agua, que se encuentran próximas a la cuenca del río Lampa, dicha información se puede descargar en el siguiente link <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>.

3.2.3. Información hidrométrica

La información hidrométrica utilizada para la presente tesis, corresponde a la información de caudales observados de los ríos Lampa, Ramis, Ilave y río Verde, dicha información se encuentra disponible en la página <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>.

3.2.4. Equipo de ingeniería para el estudio

Dentro de los materiales, instrumentos, equipos y servicios utilizados para la ejecución de la presente tesis se tiene los siguientes:

- **Material y equipos de gabinete:** los materiales y equipos de investigación para la presente tesis son equipos de cómputo e impresión, equipo de dibujo, útiles de escritorio, software de uso libre como QGIS (Quantum GIS), Google Earth Pro, HYDRACCES, SASPlanet y otros.
- **Materiales y equipos de campo:** calculadora, libreta de campo, lapiceros, cámara fotográfica, motocicleta.
- **Servicios:** los servicios que se requirieron son el de impresión, ploteo de mapas, fotocopias, anillados, escaneados y otros.

3.3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizó el software libre QGis versión 3.2.2. la metodología de desarrollo se planteó en 3 fases, la primera consistió en



determinar el balance hídrico, la segunda parte es la identificación de áreas estratégicas y por último la tercera fase consistió en plantear propuestas para el manejo del recurso hídrico en temporada de máximas avenidas.

3.3.1. Parámetros climáticos necesarios en la cuenca del río Lampa

3.3.1.1. Recopilación y procesamiento de información geográfica

Las capas que se utilizaron para la presente tesis, fueron obtenidas de la página <https://www.geogpsperu.com/>. (archivos vectoriales) y http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx (archivos DEM 30 metros). Hay que tener en cuenta que el sistema de coordenadas en la cual se va a realizar los análisis es EPSG:32719 – WGS 84 / UTM zona 19S, por lo que todos los archivos para el análisis, tendrán el mismo sistema de referencia de coordenadas planas. Para las capas de entrada que no vienen en este Sistema de referencia se realiza una proyección al sistema WGS 84 / UTM zona 19S, utilizando las herramientas que se encuentran dentro del software libre QGIS.

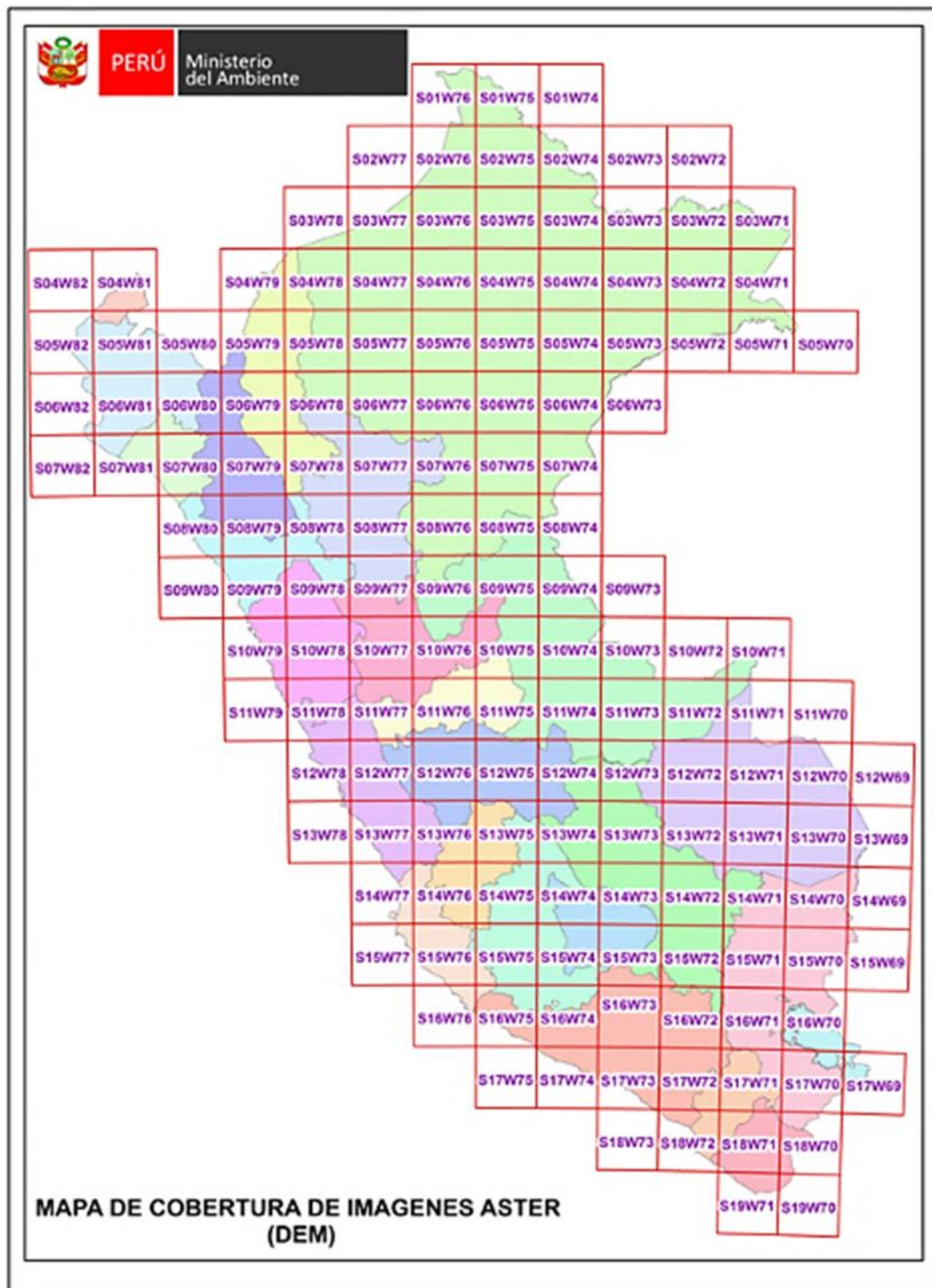


Figura 7: Mapa de cobertura de imágenes aster en el ámbito de Perú

Una vez obtenida la información necesaria, se realizó el procesamiento de dicha información con ayuda de las herramientas del software libre QGis, a continuación, se presenta el modelo conceptual aplicado.

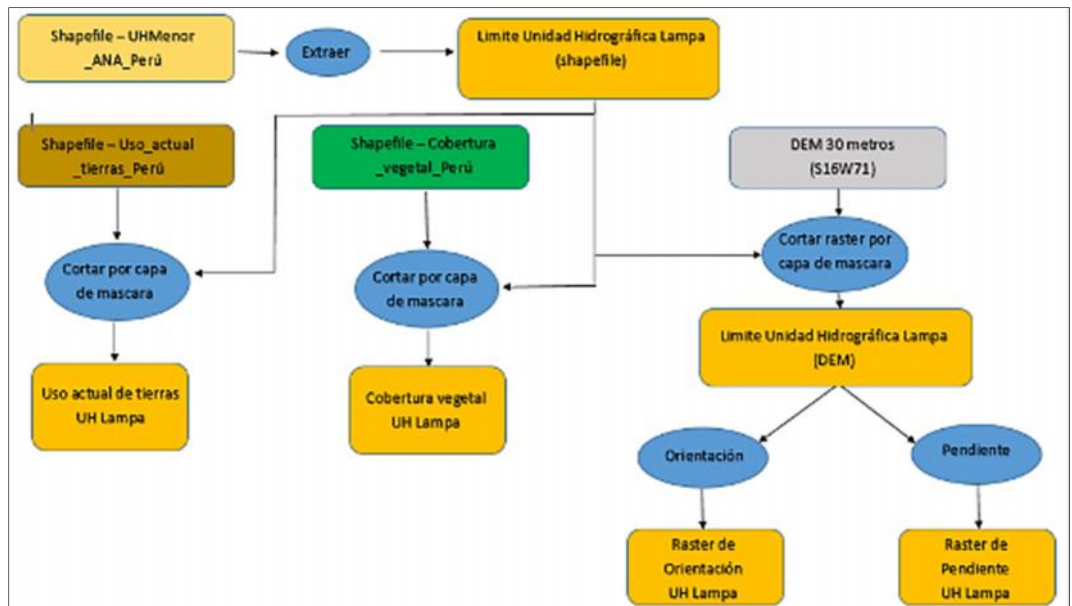


Figura 8: Modelo conceptual de la recopilación y procesamiento de información geográfica

3.3.1.2. Recopilación de información de precipitación y temperatura

Respecto a los parámetros climáticos de precipitación y temperatura, se utilizó la información obtenida del visor de estaciones convencionales, este visor permite ubicar las estaciones y realizar otras consultas, las consultas de información se realiza a través de un visor geográfico y los reportes de datos son descargables en formato pdf y Excel.

Para el presente trabajo de investigación se han identificado un total de cinco (05) estaciones meteorológicas, las cuales son Cabanillas, Juliaca, Lampa, Pampahuta y Pucara, con datos de precipitación mensual, temperatura máxima y mínima.

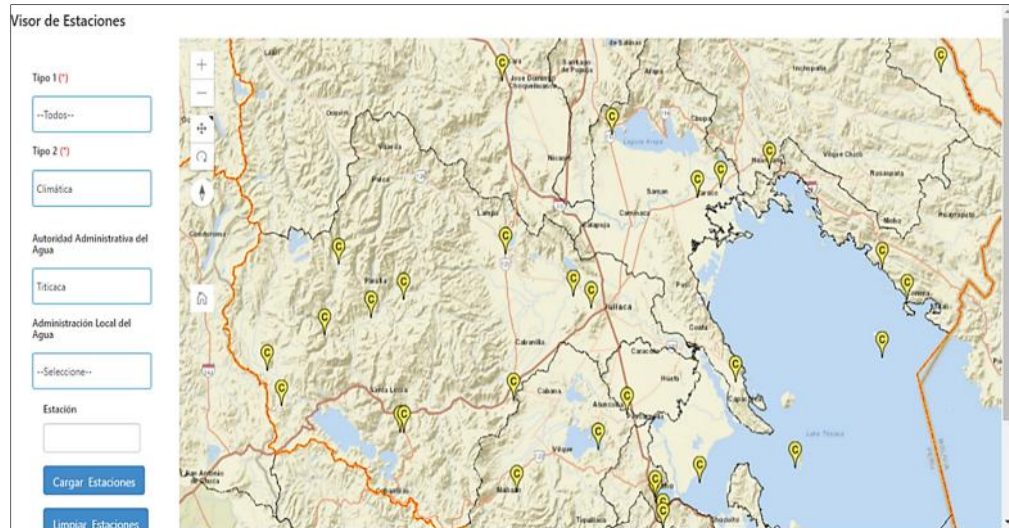


Figura 9: Visor de estaciones climáticas

3.3.1.3. Determinación de la evapotranspiración

Para la determinación de la evapotranspiración se utilizó el método de Thornthwaite, en 1948 Thornthwaite correlaciono la temperatura media mensual con la evapotranspiración determinada por medio de balances hídricos.

La fórmula de Thornthwaite es la siguiente:

$$ETP' = 16 * \left(\frac{10 * T}{I} \right)^{0.75}$$

Donde:

ETP' = evapotranspiración potencial mensual, en milímetros, para meses teóricos de 30 días con 12 horas diarias de insolación. También se conoce como Evapotranspiración Potencial sin corregir.

T = temperatura media mensual del aire en °C.



I = índice de calor anual, igual a la suma de los doce índices mensuales del año en análisis, o sea $I = \sum_1^{12} i$ siendo, i , igual a:

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.5}$$

a = exponente, cuya expresión es:

$$a = 6.75 * 10^{-7} * I^3 - 7.71 * 10^{-5} * I^2 + 1.792 * 10^{-2} * I + 0.49239$$

Al tener en cuenta la duración real del mes (d) y el número máximo de horas de sol (N), según la latitud del lugar, se obtiene la evapotranspiración potencial corregida, la cual se calcula con la ecuación siguiente:

$$E = E_p * \left(\frac{d}{30}\right) * \left(\frac{N}{12}\right)$$

3.3.1.4. Obtención de información hidrométrica

Los datos hidrométricos empleados para la presente investigación corresponden a información de los ríos Lampa, Ramis, Ilave y río Verde, los cuales fueron obtenidos de la página de la Autoridad Nacional del Agua – ANA.

La consulta se realiza colocando en el buscador una palabra clave, que puede hacer referencia a la cuenca, río o nombre de la estación y al resultado de la búsqueda se le hace un click en el responsable de la información, mostrando la versión digital del reporte promedio de caudales mensuales, expresados en m^3/s .

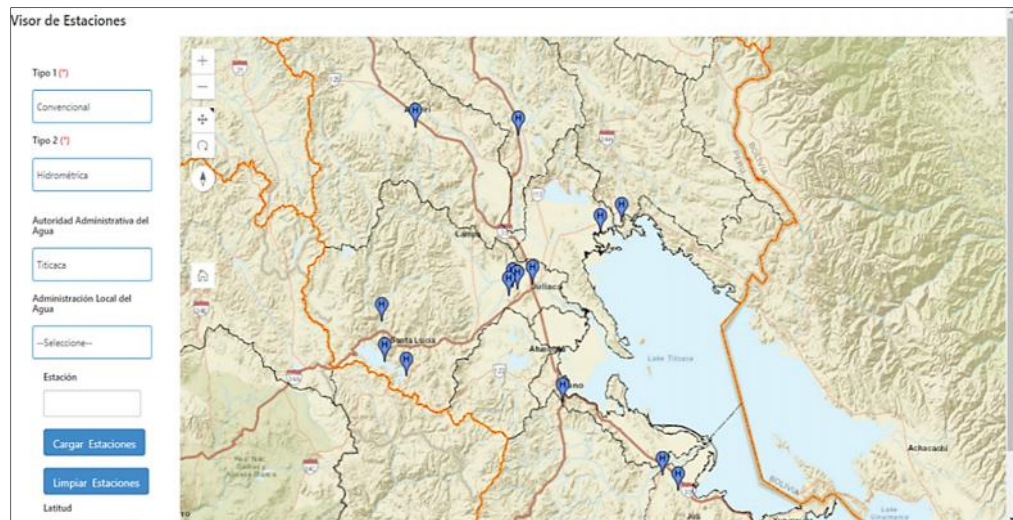


Figura 10: Visor de estaciones hidrométricas

3.3.1.5. Evaluación de la demanda, e identificación de los usos

Para la identificación de los puntos de demanda de agua y el uso que se le da, se ha utilizado los datos de derechos de uso de agua los cuales fueron facilitados por la Autoridad Nacional del Agua, presentando un matriz general de derechos otorgados (Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua), la finalidad de dicho registro es proporcionar información acerca de los derechos de uso de agua sobre fuentes naturales, los mismos que comprenden la asignación de un volumen, de esta tabla solo se utilizó los datos que se encuentran dentro de la cuenca del río Lampa.

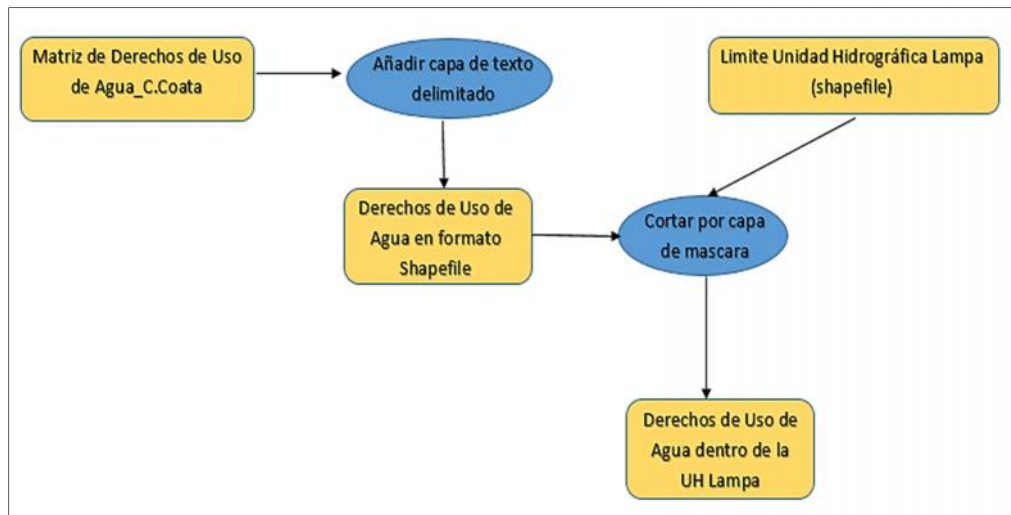


Figura 11: Modelo conceptual del procesamiento de información sobre la demanda otorgada

3.3.1.6. Análisis del vector regional

El método del vector regional consiste en elaborar, a partir de la información disponible, una especie de estación ficticia que sea representativa de toda la zona de estudio. Para el cálculo del vector regional debemos contar como mínimo con tres estaciones por año, y tres años como mínimo por estación.

El análisis del vector regional se utilizó para ver que cada uno de los datos meteorológicos e hidrométricos sea consistente y homogéneo para poder trabajar como datos consistentes para la cuenca del río Lampa, los análisis de datos se realizaron para la precipitación, temperatura máxima, temperatura media y caudales.

3.3.1.7. Análisis de doble masa

El análisis de doble masa o doble acumulación, es una herramienta utilizada en la detección de inconsistencia en los datos hidrológicos múltiples,

un quiebre de la recta de doble masa o un cambio de pendiente, puede o no ser significativo.

3.3.1.8. Interpolación IDW

La interpolación de las estaciones en la cuenca del río Lampa se realizó, haciendo uso de la caja de herramientas del software QGis, donde se ubica el proceso de interpolación, y dentro de ella se ubica lo que es el IDW, que es una herramienta que sirve para realizar interpolación con puntos de las estaciones que se encuentran dentro y próximas a la zona de estudio.

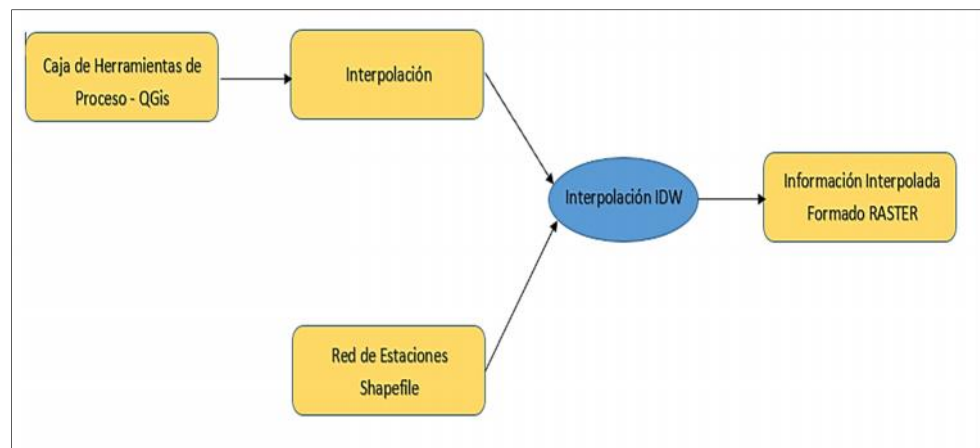


Figura 12: Modelo conceptual para la interpolación de información

3.3.1.9. Precipitación media (areal)

Para la determinación de la precipitación media en la cuenca del río Lampa se ha utilizado el método del polígono de Thiessen Modificado.

- **Polígono de Thiessen modificado:** Como se ha descrito en el Ítem 2.2.8., este método se basa a una composición del método de las isoyetas y los polígonos de Thiessen, para lo cual, como primer paso se realizó la interpolación espacial de la precipitación (isoyetas) con la

ayuda del software libre QGis, dicho software realiza la interpolación utilizando el método IDW (Interpolación Distancia Inversa Ponderada) espacial utilizando las estaciones con valores de precipitación para estimar valores desconocidos en otros puntos. Seguidamente se realizó el cálculo del diagrama de Voronoi (polígono de Thiessen), dicho método de interpolación consiste en crear polígonos uniendo puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmentos de unión entre las estaciones en estudio, para poder obtener las zonas de influencia de cada una de ellas.

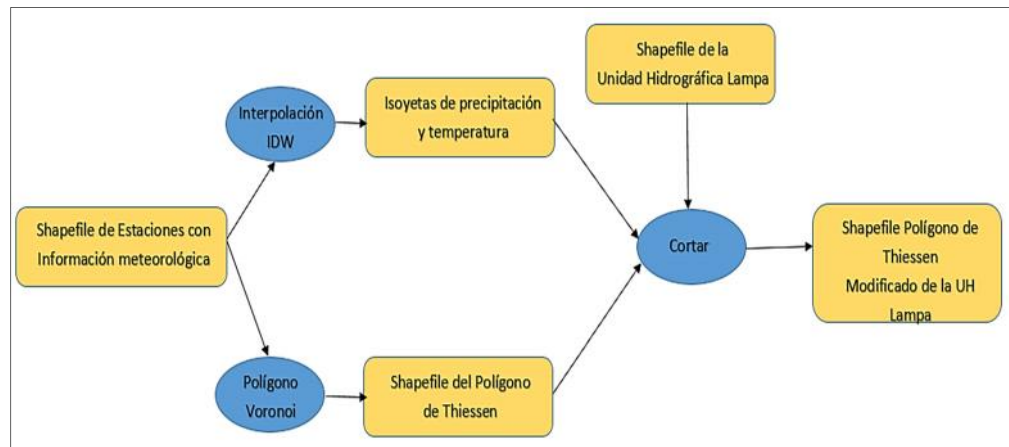


Figura 13: Modelo conceptual para el polígono de Thiessen modificado

3.3.1.10. Modelamiento hidrológico

a) Modelo hidrológico GR2M

El GR2M es un modelo agregado que funciona a paso de tiempo mensual y requiere información promedio de variables climáticas para toda el área de drenaje hasta el punto de salida de la cuenca del río Lampa.

Las variables de entrada (P) y salida (ETP) del reservorio-suelo (capacidad máxima X1) se calculan con base en el almacenamiento del

reservorio de producción (S). una parte de la precipitación P1 hace referencia a la diferencia entre P y la precipitación que ingresa en el suelo, y otra parte P2 hace referencia a la cantidad de agua que contribuye al intercambio subterráneo. La suma tanto de P1 y P2 corresponde a la precipitación efectiva P3, que ingresa en el reservorio de agua gravitacional (R) (capacidad máxima fijada en 60 mm). El intercambio subterráneo (R2) se incluye en el modelo X2. Por último, como resultado para el caudal de salida, el reservorio de agua gravitacional se libera de acuerdo con una función cuadrática. La optimización del modelo responde a dos parámetros: X1, capacidad del reservorio-suelo en milímetros; y X2, coeficiente de intercambios subterráneos (adimensional). Para ello, se realizó una calibración manual previa, para emplear la herramienta SOLVER de Excel.

Para evaluar el rendimiento del modelo se utilizaron las siguientes funciones objetivo: coeficiente de Nash-Sutcliffe (NS); diferencia entre volúmenes calculados y observados mediante el error en el volumen (ΔV), y coeficiente de determinación mostrados (ρ_{Q_o}, ρ_{Q_c}) en las ecuaciones a continuación:

$$N = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (Q_o(t) - Q_c(t))^2}{\sum_{t=1}^n (Q_o(t) - \overline{Q_{obs}})^2}$$

$$\Delta V = \frac{\sum(Q_o(t)) - \sum(Q_c(t))}{\sum(Q_o(t))}$$

$$\rho_{Q_o, Q_c} = \frac{\sigma_{Q_o, Q_c}}{\sigma_{Q_o} \cdot \sigma_{Q_c}}$$



Donde Q_o es el caudal observado; Q_c , el caudal estimado; σ_{Q_o, Q_c} , la covarianza entre Q_o y Q_c ; por último, σ_{Q_o} y σ_{Q_c} representan la desviación estándar de las variables Q_o y Q_c , respectivamente.

3.3.1.11. Cálculo del balance hídrico

a) Análisis espacial

Para el cálculo del balance hídrico espacial se utilizará los archivos raster de precipitación y evapotranspiración, para efectos de operación se utiliza la herramienta calculadora Raster del software QGIS.

$$\text{Caudal Medio} = \int_A [P(x,y) - E(x,y)] dA$$

Donde:

$P(x,y)$ es la precipitación que recibe el punto (x,y) en el periodo considerado.

$E(x,y)$ es la lámina de agua que se pierde por evapotranspiración en el punto (x,y) en el mismo periodo.

b) Análisis cuantitativo.

La ecuación general de balance hídrico incluida la demanda antrópica se describe como: Cantidad de agua (Superávit o Déficit) = Disponibilidad de agua – Demanda de agua.



Disponibilidad de agua: Diferencia entre la precipitación y la Evapotranspiración, es decir, cantidad de agua que existe en la cuenca después de cruzar los factores naturales.

Demanda hídrica: Requerimiento de los usuarios para satisfacer las necesidades, además se debe tener la información de usos actuales como: agrícola y poblacional.

En la presente tesis, el balance hídrico se realizó para la situación actual de la cuenca del río Lampa, es decir, no se consideró ninguna proyección futura. Una vez definida la disponibilidad hídrica y la demanda hídrica se realizó el balance hídrico a nivel mensual en la cuenca del río Lampa.

3.3.2. Identificación de áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico de la cuenca del río Lampa

Para la identificación de áreas estratégicas, se utilizó el software libre QGis 3.2.2. cuyo conjunto de herramientas se encuentra en la Caja de Herramientas de Procesos de dicho software.

El software libre QGis posee unas herramientas para el modelamiento del flujo del agua en una superficie de estudio. El modelamiento del flujo consiste en representar el mecanismo físico de movimiento del agua (de donde proviene el agua y para donde va). Estos conjuntos de herramientas se encuentran en el paquete de la caja de herramientas de procesos.

Con la capa de entrada del DEM de la cuenca del río Lampa usamos la herramienta “r.watershed”.



- **r.watershed:**

Genera un conjunto de mapas que indican: La acumulación del flujo, la dirección del drenaje, la ubicación de los arroyos y las cuencas hidrográficas

<https://grass.osgeo.org/grass76/manuals/r.watershed.html>

- **Drainage direction (*Dirección de drenaje*):**

El mapa raster de salida contiene la dirección de drenaje. Proporciona el “aspecto” para cada celda medida CCW desde el este.

Multiplicar los valores positivos por 45 dará la dirección en grados que la escorrentía superficial viajará desde esa celda. El valor 0 (cero) indica que la celda es un área de depresión (definida por el mapa de entran de depresión). Los valores negativos indican que la escorrentía superficial está saliendo de los límites de la región geográfica actual. El valor absoluto de estas celdas negativas indica la dirección del flujo. Para MFD, el drenaje indica la dirección del flujo máximo.

- **Slope lenght and steepness (LS) (*Longitud de pendiente*)**

El mapa raster length_slope de salida almacena la longitud de la pendiente y el factor de inclinación (LS) para la ecuación de perdida de suelo universal revisada (RUSLE). Ecuaciones tomadas de la ecuación revisada de perdida de suelo universal para los pastizales occidentales (Weltz et al. 1987) Como el factor LS es un número pequeño (generalmente menos de uno), el mapa de salida de GRASS es del tipo DCELL.



- **Slope steepness (S) (*Inclinación de la pendiente*)**

El mapa raster Slope_steepness de salida almacenada el factor de inclinación de pendiente (S) para la ecuación de pérdida de suelo universal (RUSLE). Ecuación tomada del artículo titulado Revised Slope Steepness Factor for the Universal Soil Loss Equation (McCool et al., 1987). Como el factor S es un número pequeño (generalmente menos de uno), el mapa de salida de GRASS es del tipo DCELL.

- **Topographic index $\ln(a/\tan(b))$ (*Índice Topográfico*)**

El mapa raster tci de salida contiene el índice topográfico TCI, calculado como $\ln(a/\tan(b))$ donde a es el área acumulada de la pendiente ascendente que drena a través de un punto por unidad de longitud de contorno y $\tan(b)$ es el ángulo de pendiente local. El TCI refleja la tendencia del agua a acumularse en cualquier punto de la cuenca hidrográfica y la tendencia de las fuerzas gravitacionales a mover el agua cuesta abajo (Quinn et al., 1991).

Este valor será negativo si $a/\tan(b) < 1$.

- **Unique label for each watershed basin (*Etiqueta única para cada Cuenca hidrográfica*)**

El mapa de la cuenca de salida contiene una etiqueta única para cada cuenca hidrográfica. Cada cuenca recibirá un número entero positivo único. Las áreas a lo largo de los bordes pueden no ser lo suficientemente grande como para crear una cuenca exterior. Los valores NULL indican que la celda no es parte de una cuenca hidrográfica completa en la región geográfica actual.



- **Half-basins (*La mitad de cada Cuenca*)**

El mapa raster half_basin de salida almacena cada medio cuenca con un valor único. Las cuencas hidrográficas se dividen en lados izquierdo y derecho. La celda del lado derecho de la cuenca hidrográfica (mirando aguas arriba) recibe valores pares correspondientes a los valores de la cuenca. Las celdas del lado izquierdo de la cuenca hidrográfica reciben valores impares que son uno menos que el valor de la cuenca hidrográfica.

- **Stream power index $a \cdot \tan(b)$ (*Índice de potencia de transmisión*)**

El mapa de trama spi de salida contiene SPI de índice de potencias de flujo, calculado como $a \cdot \tan(b)$ donde a es el área acumulada de la pendiente ascendente que drena a través de un punto por unidad de longitud de contorno y $\tan(b)$ es el ángulo de pendiente local. El SPI refleja el poder del flujo de agua en cualquier punto de la cuenca y la tendencia de las fuerzas gravitatorias a mover esa pendiente descendente (Moore et al. 1991). Este valor será negativo si <0 , es decir, para celdas con posible escorrentía superficial desde fuera de la región geográfica actual.

Una vez obtenida la red de drenaje, se procede a codificar el orden de los ríos. Posterior a ello se continua con hacer una selección de atributos donde se seleccionarán solamente los drenajes de primer y segundo orden.

Una vez obtenido los drenajes de primer y segundo orden del área de estudio, como último paso de esta fase se realizó un buffer a dichos drenajes de 150 metros, para obtener como resultado las áreas de conservación para cada drenaje de orden 1 y 2.



3.3.2.1. Generación de información cartográfica y clasificación de las áreas estratégicas por prioridad

Finalmente, con la información procesada se genera una salida grafica con las áreas estratégicas delimitadas para la conservación del recurso hídrico, diferenciado entre aquellas zonas que pueden ser priorizadas antes que otras, teniendo como principal variable para la identificación la demanda que se le hace a cada zona.

3.3.3. Para las propuestas de manejo del recurso hídrico en temporadas de máximas avenidas

Una vez que se ha determinado los parámetros climáticos de la cuenca, e identificado las áreas estratégicas para la conservación, en este paso se plantea propuestas para el manejo adecuado del recurso hídrico en temporada de máximas avenidas. En ese sentido, como propuesta base se platea la recuperación de las prácticas de siembra y cosecha de agua.

3.3.3.1. Siembra y cosecha de agua

Como se sabe, la siembra y cosecha de agua es calificada como una práctica basada en conocimientos ancestrales que consiste en almacenar el agua de lluvias, incrementar su infiltración y aprovecharlas, asimismo la siembra del agua, consiste en captar parte del agua de lluvia y hacer que esta se infiltre para recargar las aguas subterráneas con el objetivo de disminuir la velocidad en las épocas de estiaje, para ello, se realiza la consolidación de información obtenida en los pasos anteriores, lo cual permitirá determinar las acciones y alternativas de solución que se plantearan para el aprovechamiento

y manejo del recurso hídrico en temporadas de máximas avenidas, a continuación se presenta el modelo conceptual.



Figura 14: Modelo conceptual para el planteo de propuestas de siembra y cosecha de agua

Para la validación e identificación de propuestas es necesario contar con imágenes satelitales, ya que con ellas se puede apreciar de mejor manera la ubicación de las propuestas planteadas, en ese sentido se utilizó la herramienta denominada QuickMapServices, la cual se encuentra dentro del software QGIS.

- QuickMapServices

QuickMapServices es el plugin por excelencia de QGIS con el que puedes visualizar infinidad de mapas base sin necesidad de descargar cartografía raster o vectorial. Mapas de Bing, Google, Carto, ESRI, OSM estarán disponibles como callejeros o imágenes satélite para utilizar como base en mapas o como soporte de fotointerpretación de manera directa en tu vista de QGIS.

Para visualizar en tu vista de QGIS el base temático selecciona el recurso en el que estemos interesados, en este caso se ha utilizado el mapa base “Google.cn Satellite”

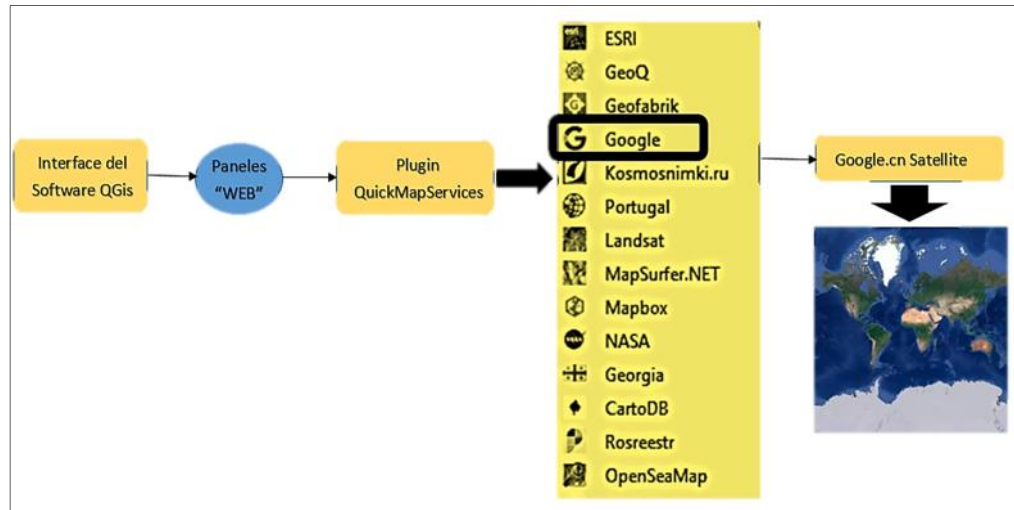


Figura 15: Modelo conceptual para visualizar el mapa base

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. De los parámetros climáticos necesarios dentro del balance hídrico

4.1.1.1. Información de precipitación y temperatura

A continuación, se presenta las estaciones influyentes en la cuenca del río Lampa, los cuales fueron obtenidos de la página de la Autoridad Nacional del Agua – ANA, cuyos detalles se muestran a continuación.

Tabla 2: Estaciones climáticas próximas a la zona de estudio.

Estación	Código	Latitud	Longitud	Tipo 1	Tipo 2
Juliaca	007454	-15.444167	-70.207833	Convencional	Climática
Lampa	000779	-15.363306	-70.36475	Convencional	Climática
Pampahuta	000762	-15.483528	-70.675778	Convencional	Climática
Pucara	000815	-15.0336	-70.3728	Convencional	Climática
Cabanillas	000780	-15.6393	-70.3464	Convencional	Climática

FUENTE: <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>

En la Tabla 2 se muestran las 5 estaciones meteorológicas influyentes de la cuenca Lampa, que fueron identificadas mediante el polígono de Thiessen los mismos que serán utilizados en los cálculos posteriores.

4.1.1.2. Resultados de evapotranspiración

Los resultados de evapotranspiración obtenidos luego de aplicar el método de Thornthwaite (el cual correlaciona temperatura media mensual con la evapotranspiración) se aprecia en la figura a continuación.

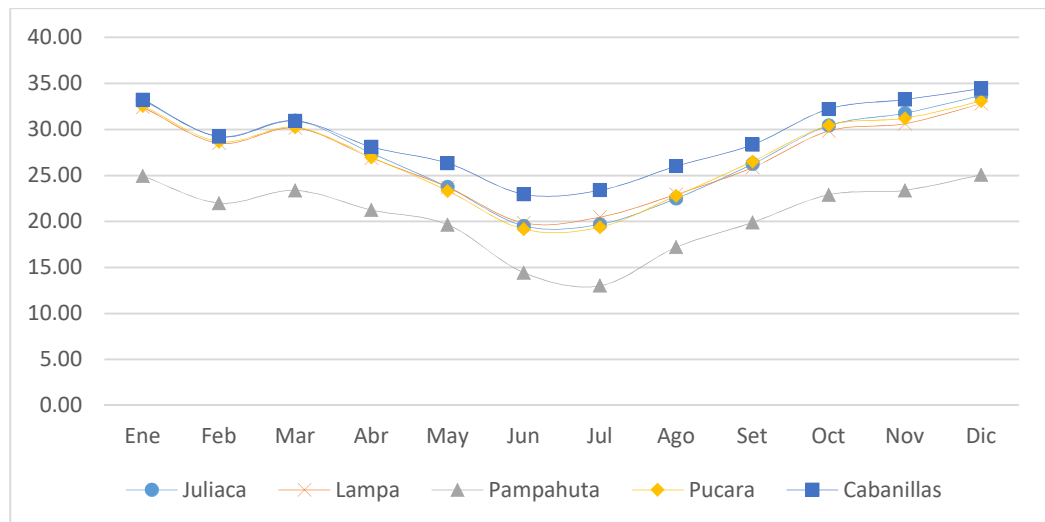


Figura 16: Variación mensual de la evapotranspiración por estación
(Elaboración propia)

En la Figura 16, se puede apreciar que el valor mínimo estimado de evapotranspiración, se da entre los meses de mayo y agosto.

Al respecto, Ordoñez (2011), menciona que, aunque la evapotranspiración es el segundo término de importancia en un balance hidrológico – después de la precipitación – o el primero en zonas áridas y semiáridas, en la actualidad no existe una metodología para medirla a escala de cuenca, por lo que se estima a partir de la utilización de diferentes modelos.

4.1.1.3. Información hidrométrica

Como parte de la etapa del análisis, se utilizó datos hidrométricos de los ríos Lampa, Ilave, Ramis y río Verde, los cuales fueron obtenidos de la página de la Autoridad Nacional del Agua – ANA.

Tabla 3: Estaciones seleccionadas para el análisis hidrológico.

Estación	Código	Latitud	Longitud	Tipo 1	Tipo 2
Lampa	210405	-15.443861	-70.2095	Convencional	Hidrométrica
Río Verde	270300	-15.561722	-70.711916	Convencional	Hidrométrica
Puente Ramis	210101	-15.255292	-69.873764	Convencional	Hidrométrica
Puente Carretera Ilave	210301	-16.088247	-69.631617	Convencional	Hidrométrica

FUENTE: Snirh.ana.gob.pe/visorS2/

Es preciso indicar que, no se ha utilizado información del río Cabanillas, debido a que el caudal de dicho río, es regulado por la presa Lagunillas.

4.1.1.4. Demanda del recurso hídrico de la cuenca

Dentro de la cuenca del río Lampa se identificó principalmente dos tipos de uso, el agrario y poblacional.

Demanda con fines agrarios: Aproximadamente 1437 ha son regadas por medio de diferentes fuentes e infraestructuras hidráulicas.

Demanda de agua para uso poblacional: Aproximadamente 21524 habitantes aprovechan el recurso hídrico para fines poblacionales, en la figura a continuación se muestra los derechos otorgados destinados para uso poblacional distribuidos en la cuenca del río Lampa.

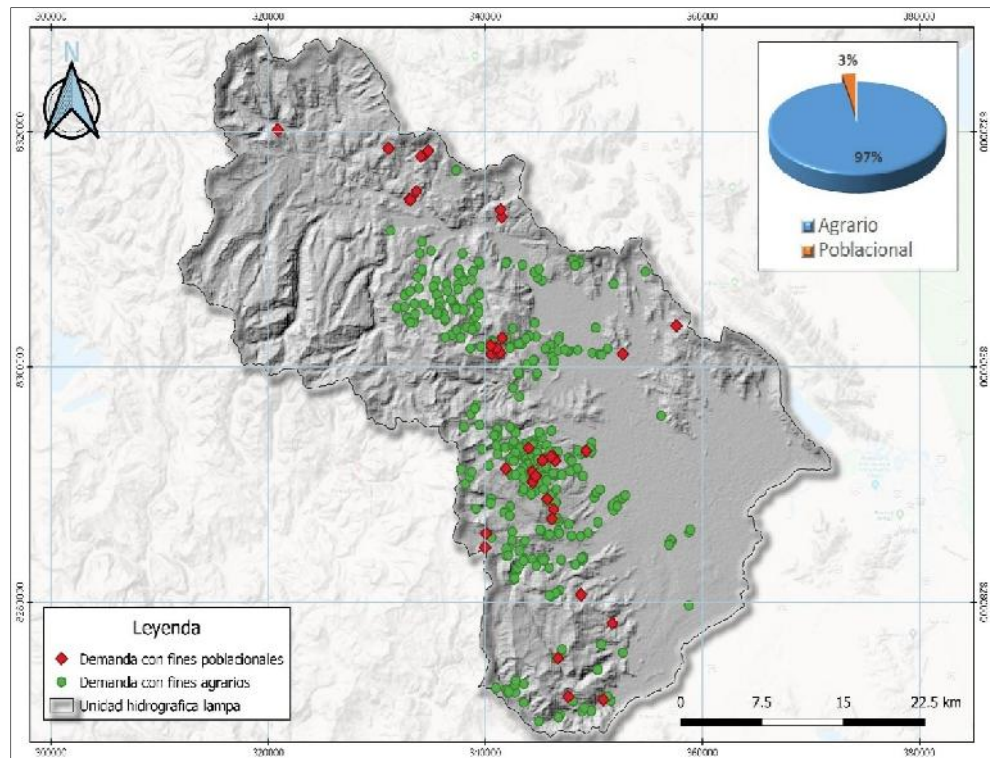


Figura 17: Distribución espacial de la demanda en la cuenca Lampa

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Figura 17 podemos decir que la principal demanda que se le hace al recurso hídrico efectivamente es para fines agrarios y se encuentra distribuido en la parte media y baja de la cuenca Lampa, y para mayor detalle, se presenta a continuación la demanda mensual obtenida.

Demanda mensual total: La demanda total de los diferentes usos de agua es de $22.84 \text{ hm}^3/\text{año}$, este volumen es otorgado por la ANA para la cuenca del río Lampa, siendo el sector agrario la de mayor magnitud. A continuación, se detalla los volúmenes de manera mensual.

Tabla 4: Demanda mensual total otorgada en la unidad hidrográfica Lampa en hm³.

Tipo de Uso	Tipo de Fuente	Área Otorgada (ha)	Total (hm ³)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Agrario	Laguna	0.81	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Manantial	191.25	4.00	0.27	0.23	0.28	0.39	0.39	0.35	0.34	0.33	0.32	0.35	0.37	0.39
	Quebrada	90.89	1.27	0.07	0.06	0.08	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.14	0.14
	Rio	1154.04	16.93	0.67	0.64	1.07	2.19	1.59	1.31	1.31	1.18	1.34	1.78	2.03	1.79
Poblacional	Manantial	-	0.63	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
TOTAL		1436.99	22.84	1.07	0.99	1.48	2.76	2.16	1.81	1.80	1.66	1.82	2.30	2.60	2.38

Fuente: Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua RADA – ANA.

De acuerdo a la Tabla 4, podemos decir que el 97% de la demanda que existe en la cuenca se da para fines agrarios, mientras que solo el 3% es para fines poblacionales, asimismo, la mayor demanda se presenta en el mes de abril mientras que la menor demanda se presenta en el mes de febrero, esto debido a la ocurrencia de precipitaciones sobre la zona.

Los resultados obtenidos tienen relación con la FAO (2013), quien menciona que, de todos los sectores de la económica, la agricultura es la más sensible a la escasez de agua. A veces el sector agrícola es considerado como un usuario “residual” del agua, después de los sectores doméstico e industrial, sin embargo, supone el 70% de las extracciones globales de agua dulce y más del 90% del uso consuntivo. También es el sector con más posibilidades u opciones de ajuste.

Las necesidades hídricas de la cuenca del río Lampa pueden ser cambiantes con el tiempo, esto podría deberse al incremento de necesidades futuras y aumento o disminución de los usos del agua.

4.1.1.5. Vector regional (VR)

El análisis del vector regional se utilizó para que cada uno de los datos de las distintas estaciones sea consistente y homogénea para la cuenca del río Lampa, los análisis se realizaron para la precipitación, temperatura media y caudales.

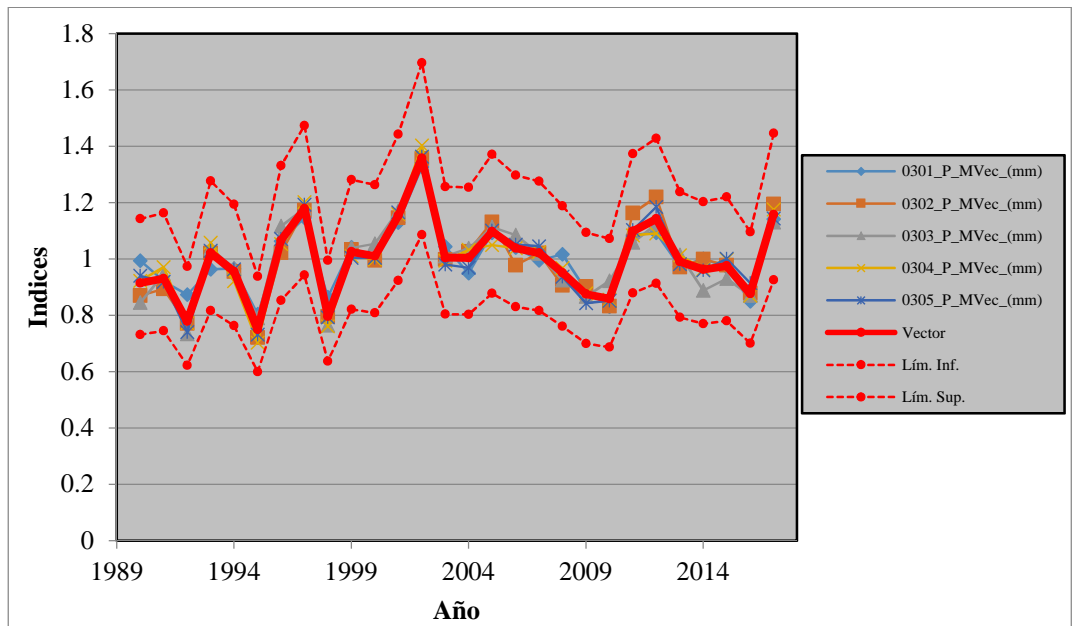


Figura 18: Índices anuales del vector para la precipitación

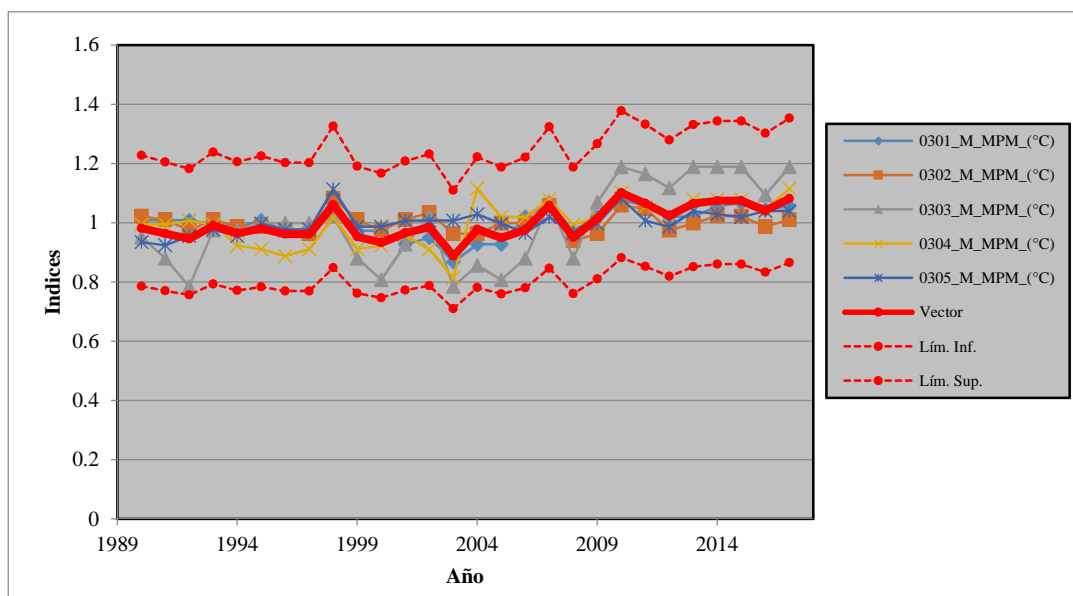


Figura 19: Índices anuales del vector para la temperatura media

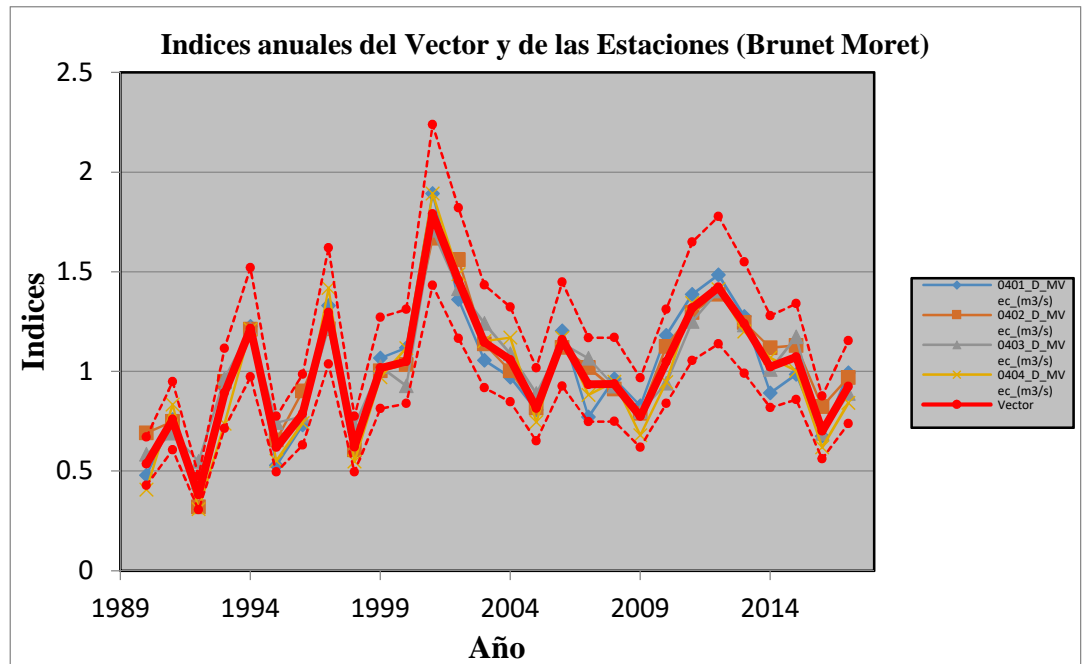


Figura 20: Índices anuales del vector para los caudales

Según las Figuras 18, 19 y 20, se puede observar que las muestras en análisis se encuentran dentro de los límites superior e inferior del vector lo cual indica que las estaciones no presentan saltos ni tendencias.

4.1.1.6. Precipitación media (areal)

Para obtener la precipitación media areal sobre la cuenca del río Lampa, se utilizó el método de Thiessen modificado detallado en el Ítem 2.2.9.

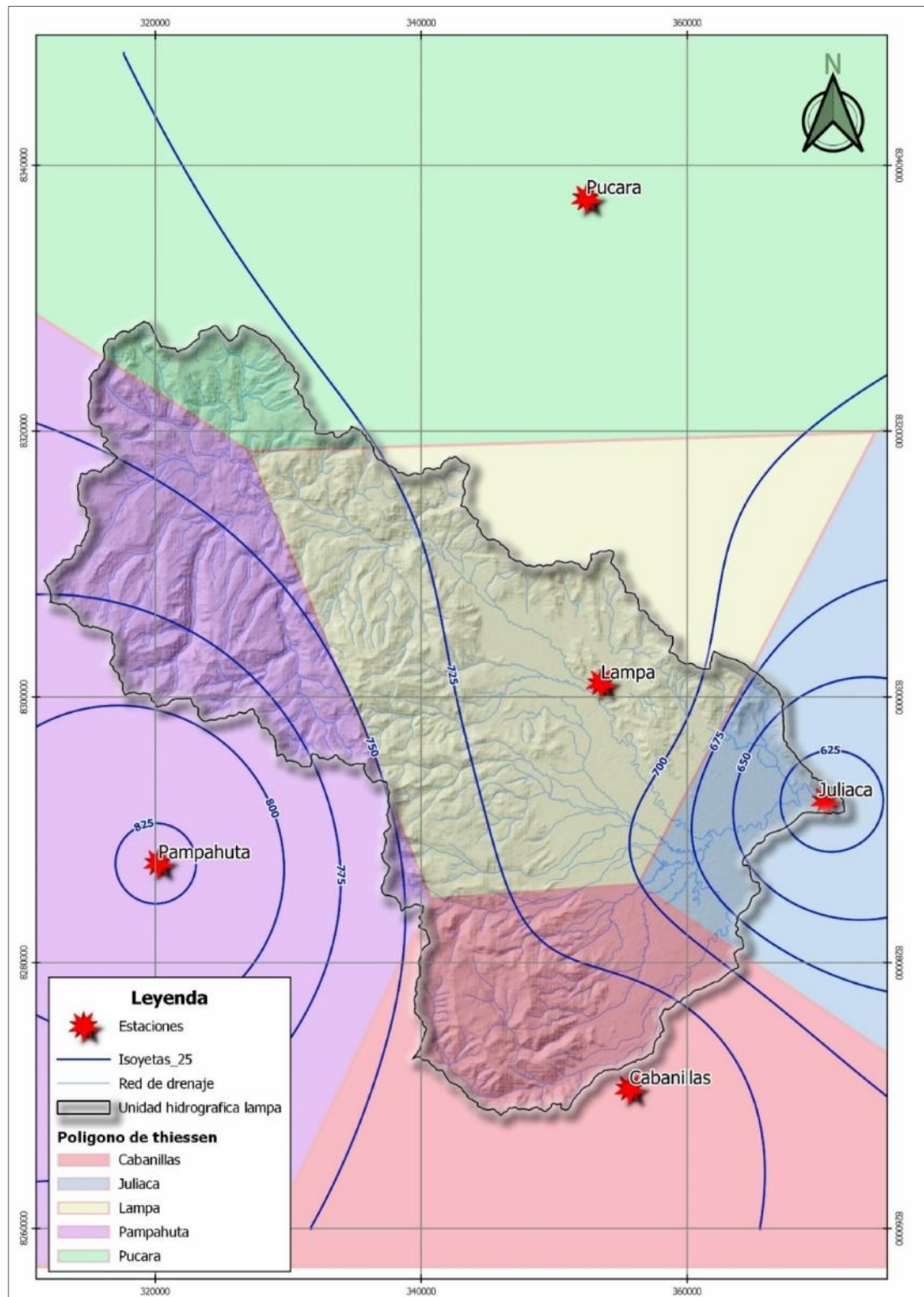


Figura 21: Polígono de Thiessen modificado en la cuenca del río Lampa

Como se puede observar en la Figura 21, la estación con mayor influencia en la zona de estudio es la estación Lampa, asimismo, la precipitación promedio multianual varía desde los 600 a 800 mm.

4.1.1.7. Modelamiento hidrológico

El periodo común de información de precipitación, evapotranspiración y caudal que se ha tomado para el modelamiento hidrológico en la cuenca del río Lampa, se calibra en el periodo de 01/01/1990 – 31/12/2007 y de validación de 01/01/2008 – 31/12/2017.

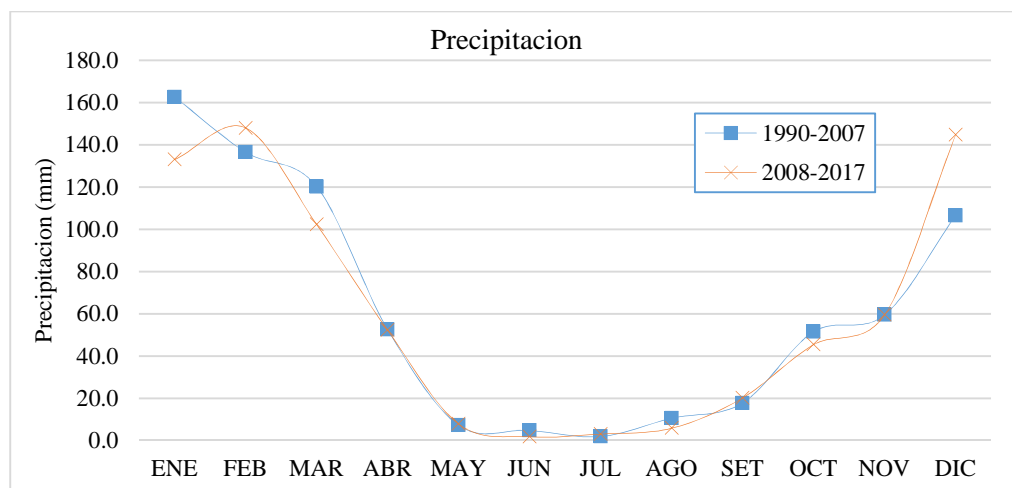


Figura 22: Precipitación media areal mensual en la cuenca del río Lampa

Como se puede observar en la Figura 22, aparentemente el comportamiento no ha variado mucho, solo se observa un incremento en la precipitación en el mes de diciembre entre los años 2008 – 2017, de 100 a casi 150 mm/mes, y una disminución en el mes de enero entre los 160 a casi 130 mm/mes. El mes que registra la mayor precipitación areal es enero mientras que el mes que registra la menor precipitación areal a lo largo de todo el año ha sido junio.

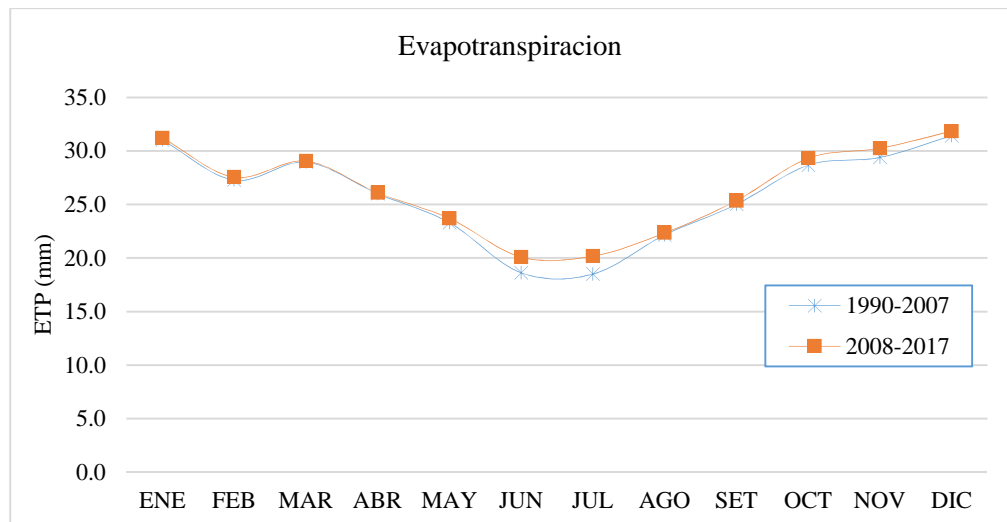


Figura 23: Evapotranspiración media mensual

De la Figura 23 se puede observar que la evapotranspiración potencial obtenida por el método de Torntwaite, ha decrecido ligeramente del periodo 1990-2007 al 2008-2015, la mayor evapotranspiración ocurre en el mes de diciembre mientras que el menor valor ocurre en junio.

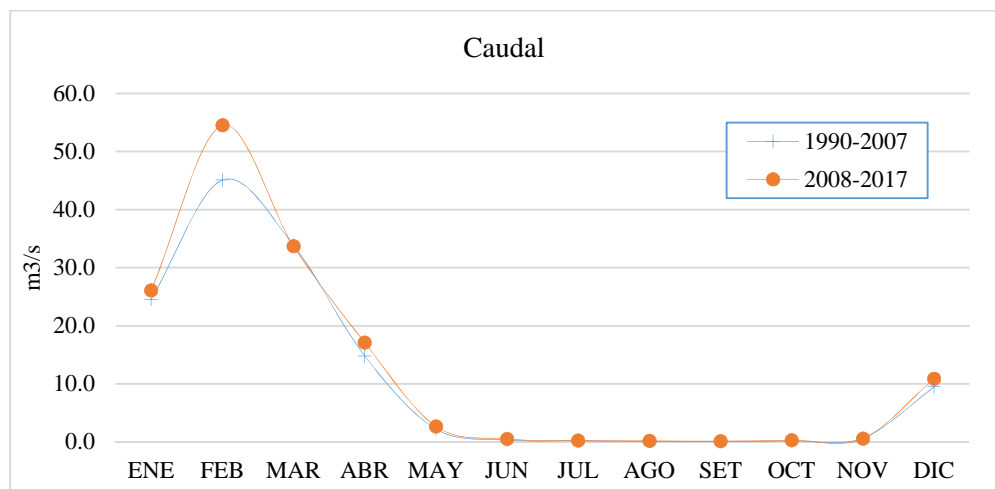


Figura 24: Caudal medio mensual en la cuenca del río Lampa

De la Figura 24, se puede observar que el caudal medio mensual medido en el río Lampa solamente se observa un incremento de caudal en el mes de febrero entre los años 2008-2017 de 45 a casi 55 m³/s, los mayores

caudales se dan entre febrero y marzo y el caudal mínimo ocurre entre agosto y setiembre.

- CALIBRACION

A continuación, se muestra los resultados del modelamiento hidrológico de los valores en la cuenca del río Lampa usando el modelo GR2M, se calcularon cuatro criterios de eficiencia para juzgar la calidad de la simulación.

Tabla 5: Resultados de la calibración – cuenca del río Lampa 1990-2007

Criterios de eficacia	(%)
Nash(Q)	80.5
Nash(VQ)	82.2
Nash(ln(Q))	64.2
Bilan	111.2

Fuente: Elaboración propia

Los valores de los parámetros obtenidos en la fase de calibración con el modelo GR2M fueron: $X1=5.96$, $X2=0.66$; estos mismos parámetros se utilizaron en el periodo de validación.

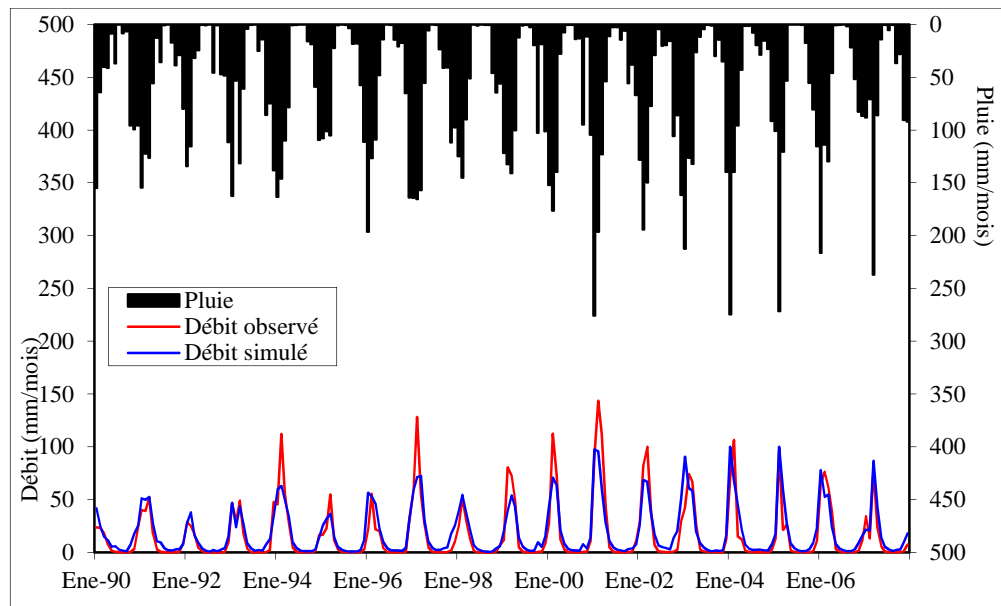


Figura 25: Hidrograma simulado con el modelo GR2M e hidrograma observado (calibración)

VALIDACION

A continuación, se muestra los resultados del modelamiento hidrológico de los valores en la cuenca del río Lampa usando el modelo GR2M, se calcularon cuatro criterios de eficiencia para juzgar la calidad de la simulación.

Tabla 6: Resultados de la validación - unidad hidrográfica Lampa 2008-2017.

Criterios de eficacia (%)	
Nash(Q)	80.9
Nash(VQ)	87.3
Nash(ln(Q))	79
Bilan	91.1

Fuente: Elaboración propia

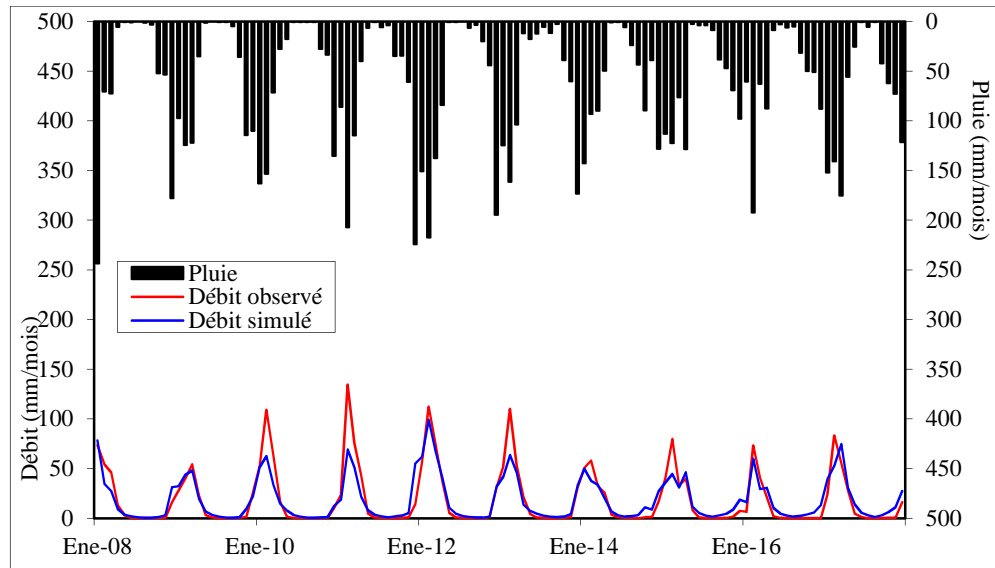


Figura 26: Hidrograma simulado con el modelo GR2M e hidrograma observado (validación)

El modelo GR2m con los datos de precipitación (Figura 22), evapotranspiración (Figura 23) y caudales de entrada (Figura 24) logra mediante un proceso de optimización una aproximación entre los caudales simulados y observados. El modelo GR2m, evaluado con el estadístico de Nash – Sutcliffe, presenta la más alta eficiente tanto en calibración (80.5%) como en validación (80.9%), asimismo, para la validación del modelo se corrió con los parámetros $X1=5.96$, $X2=0.66$ obtenidos en la calibración, en la Figura 26 se presenta el hidrograma simulado entre los caudales observados y simulados, los valores mostrados indican que existe un comportamiento similar entre los caudales observados y simulados, lo cual indica que el modelo logra representar muy bien los caudales escurridos en la cuenca del río Lampa.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra los caudales generados a distintos niveles de persistencia.

Tabla 7: Caudales generados a distintos niveles de persistencia (m³/s).

Niveles de Persistencia	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Media	30.32	35.46	31.02	16.15	5.81	2.81	1.53	1.09	1.11	2.56	4.44	14.15
Caudal 25%	37.97	43.70	38.67	19.58	6.81	3.29	1.77	1.36	1.60	3.79	5.98	19.41
Caudal 50%	27.17	34.30	31.02	15.13	5.47	2.75	1.45	1.04	0.95	1.78	3.14	11.79
Caudal 75%	16.70	24.58	22.14	12.36	4.59	2.20	1.22	0.77	0.67	0.88	1.92	8.62
Caudal 95%	10.90	14.16	9.94	5.87	2.45	1.23	0.67	0.45	0.27	0.49	0.93	4.33

Fuente: Elaboración propia

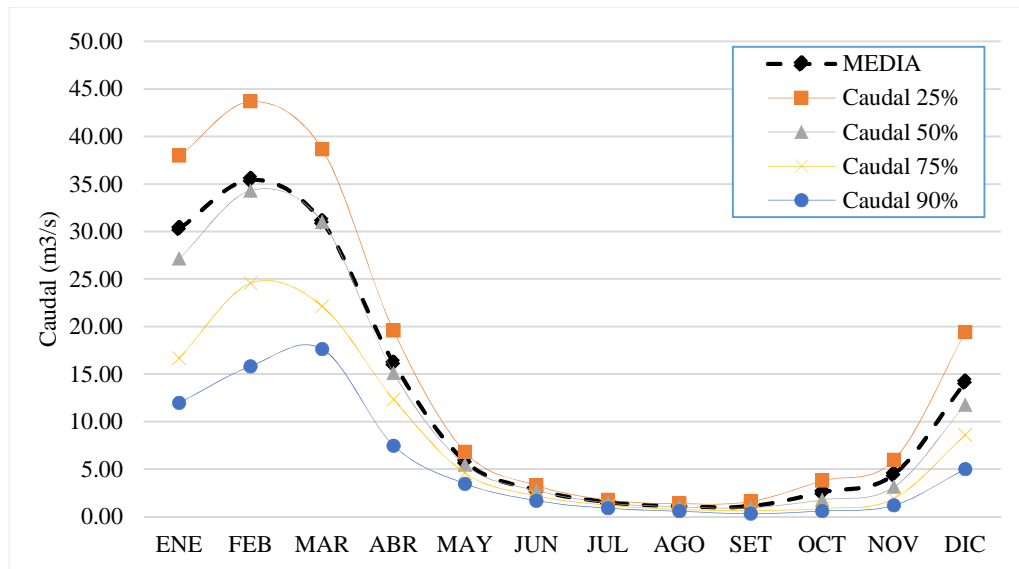


Figura 27: Caudales generados a distintos niveles de persistencia

En la Figura 27, se observa el comportamiento de los caudales mensuales a distintos niveles de persistencia generados por el modelo hidrológico GR2M, según el Artículo 5. Criterios Generales para determinar los caudales ecológicos, de la Resolución Jefatural N° 098-2016-ANA, indica que, el caudal ecológico mínimo será el equivalente al caudal determinado al 95% (noventa y cinco por ciento) de persistencia en el punto de interés de la fuente natural de agua, por lo tanto, para la presente tesis, se ha tomado como disponibilidad hídrica los caudales generados a una persistencia del 75%, asimismo, se le ha restado el caudal ecológico que fue

generado a una persistencia del 95%, esto para mantener el procesos ecológicos (reproducción, migración, alimentación, sucesión de especies, etc).

4.1.1.8. Balance hídrico

a) Espacial

El agua disponible en la cuenca se estima como la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración.

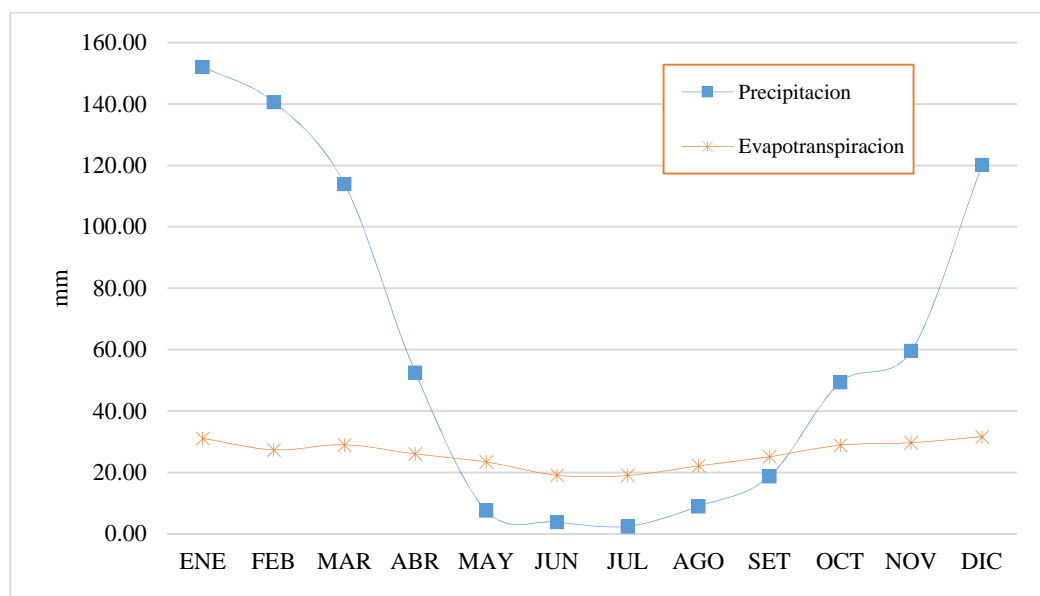


Figura 28: Déficit/Superávit de agua

En la Figura 28 se presenta los valores medios mensuales de déficit o superávit expresados en *mm* de agua que se presenta en la cuenca del río Lampa, como se puede apreciar entre los meses de mayo a setiembre existe déficit, mientras que en los demás meses existe superávit.

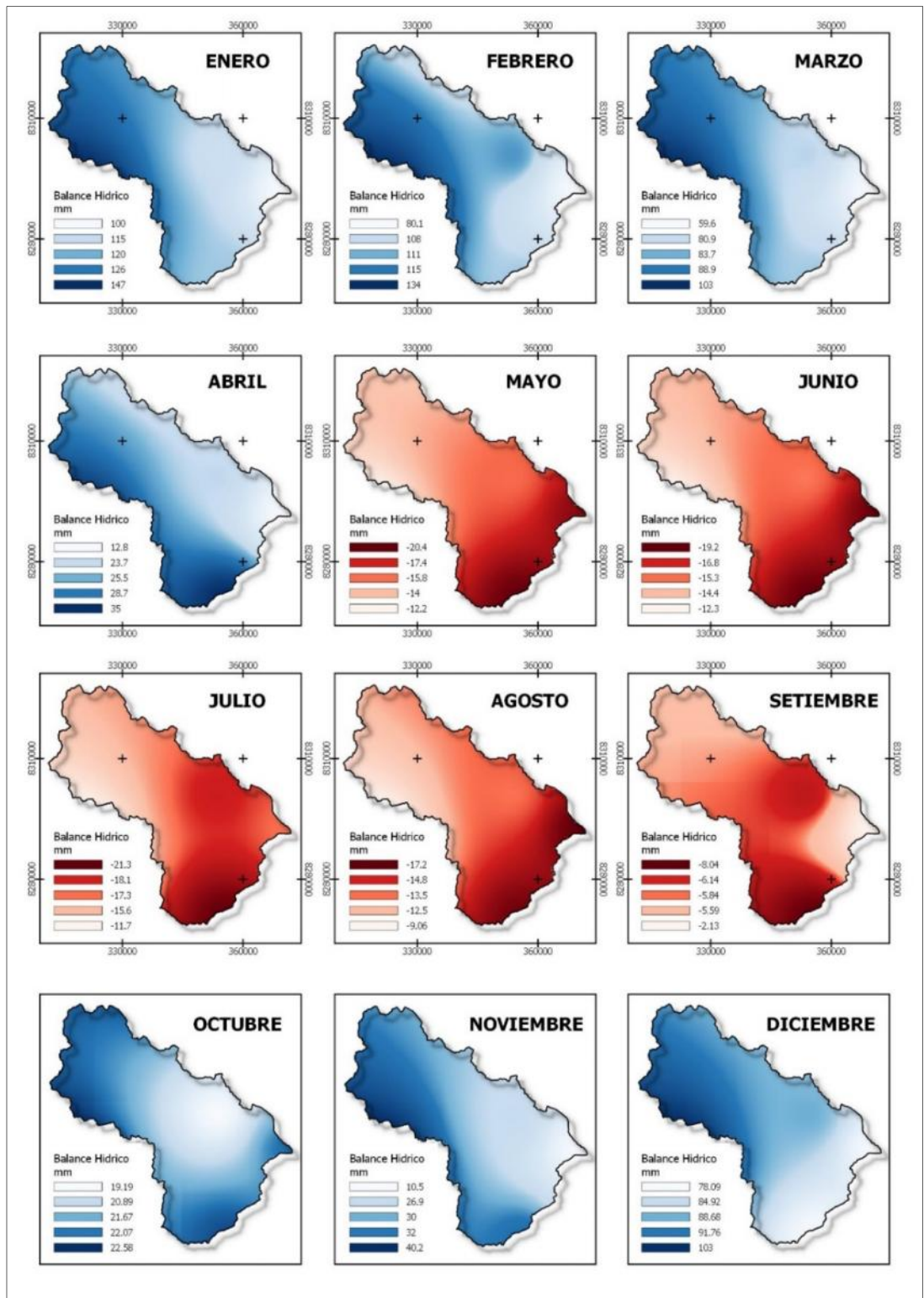


Figura 29: Distribución espacial de la disponibilidad para cada mes del año



En la Figura 29, se puede apreciar el balance hídrico espacial para cada mes, pudiéndose observar que entre los meses de octubre y abril existe superávit, y entre los meses de mayo a setiembre existe déficit, la tonalidad más oscura en color azul representa mayor superávit y las tonalidades más oscuras en color rojo representan mayor déficit hídrico y las tonalidades claras (blancas) representan una estabilidad hídrica en la cuenca del río Lampa.

Sin embargo, debemos indicar que, en la sierra las lluvias se retrasan; antes se presentaban en setiembre ahora se demora hasta diciembre, hay más lluvias torrenciales que provocan derrumbes, huaycos e inundaciones, otros eventos como sequías, granizadas y nevadas se dan con mayor intensidad, las heladas se presentan en cualquier momento y durante más días, en ese sentido podemos decir que la información obtenida en la Figura 29, indica el comportamiento que debería tener la cuenca, debido a que la información utilizada es de años anteriores.

b) Cuantitativo

De acuerdo a la ecuación general de balance hídrico, se describe como la Disponibilidad de agua – demanda de agua, en este caso viene a ser, caudales generados en la cuenca del río Lampa – derechos otorgados en la cuenca del río Lampa, ambos expresados en millones de metros cúbicos (HM^3).

Tabla 8: Balance hídrico mensual hm³

DESCRIPCION	MES												Total
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Disponibilidad (hm ³)	15.54	25.20	32.66	16.81	5.73	2.52	1.49	0.85	1.05	1.03	2.56	11.49	116.92
Demanda (hm ³)	1.07	0.99	1.48	2.76	2.16	1.81	1.80	1.66	1.82	2.30	2.60	2.38	22.81
Superávit(+)/ Déficit(-)	14.48	24.21	31.18	14.04	3.58	0.71	-0.31	-0.81	-0.78	-1.27	-0.04	9.11	94.11

FUENTE: Elaboración propia

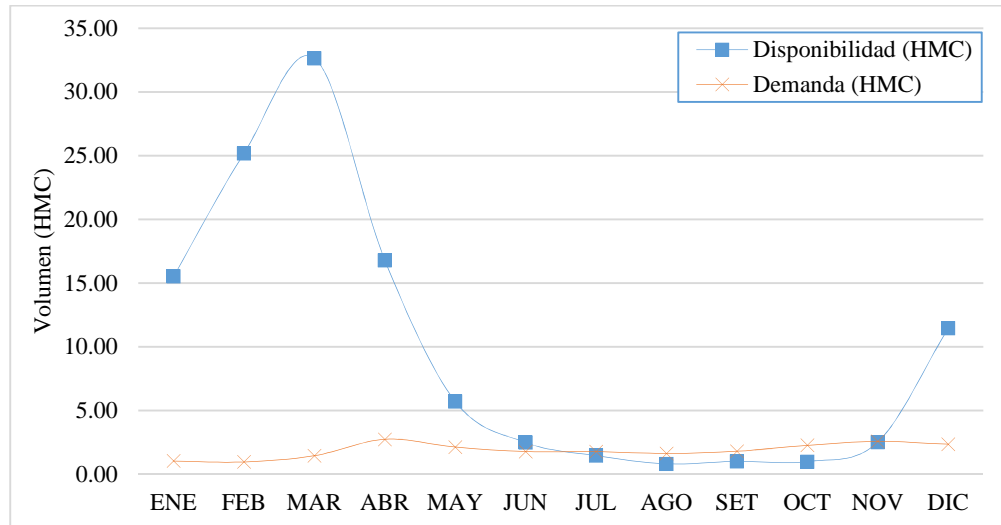


Figura 30: Comparación mensual de la disponibilidad vs la demanda

De acuerdo a los resultados que se muestra en la Tabla 8 y Figura 30, entre los meses de julio y noviembre se presenta un déficit de agua, sin embargo, en los demás meses la demanda otorgada es satisfecha al 100%, asimismo, en los meses donde existe superávit hídrico se puede almacenar el agua, y poder aprovecharlo en los meses donde se presenta déficit.

4.1.2. Áreas estratégicas identificadas para la conservación del recurso hídrico

Es preciso indicar que, la FAO - HONDURAS (2011) refiere, que la parte alta o zona de recarga se extiende desde el nacimiento del agua hasta el punto más alto de la montaña o cerro, y que constituye el área más importante de la



microcuenca porque es la responsable de la producción de agua, si en la zona de recarga existe abundante vegetación esto ayudara a mejorar la capacidad de almacenar agua. Al referirse a la parte media o zona de amortiguamiento, se informa que éstas se extienden desde el nacimiento del agua hasta la presa o toma de agua y que es la parte donde es más afectada la calidad del agua a cusa de la intervención humana, normalmente se realiza descombros, prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas a ambos lados de la microcuenca. Se enfatiza que es importante detener el avance de la agricultura y ganadería hacia la zona de recarga, para ello se pone a disposición las buenas practicas (tecnologías y metodologías) que ha dado buenos resultados en otras áreas de intervención de la FAO.

La cuenca del río Lampa, no es una cuenca distinta a la descrita anteriormente por la FAO - HONDURAS (2011), debido a que, en la parte media se ubican los puntos de aprovechamiento del recurso hídrico, por tal motivo se ha seleccionado las corrientes de orden 1 y 2, ya que son las responsables de la producción de agua, asimismo se ha realizado la clasificación por prioridad tomando en cuenta la demanda que se le hace.

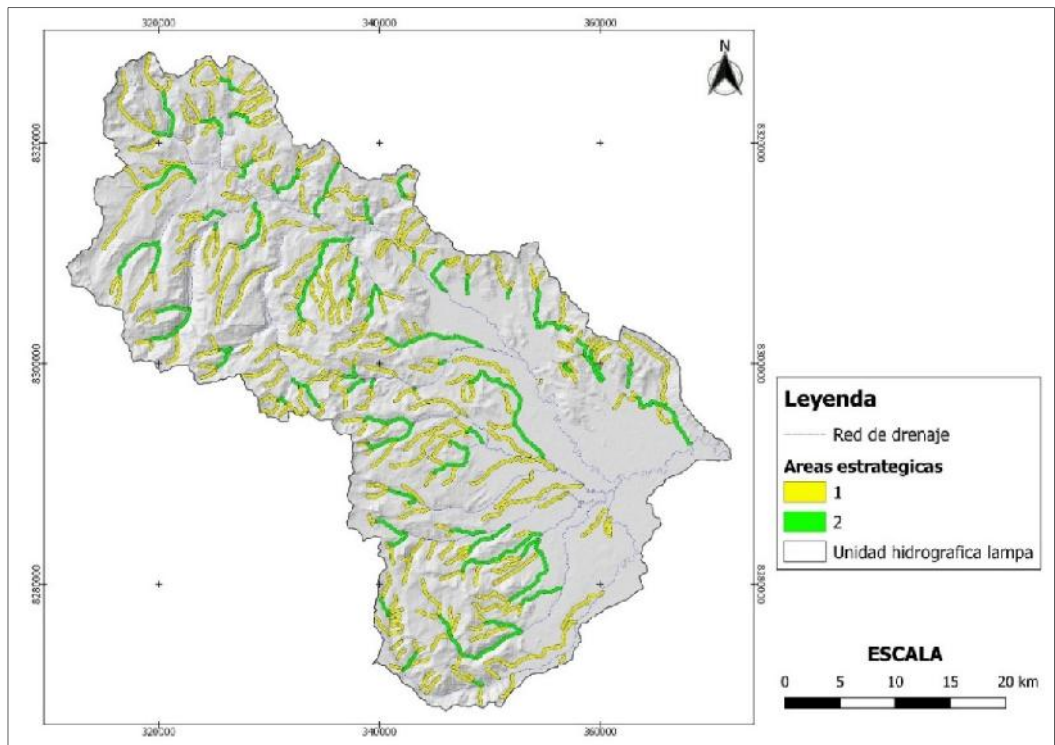


Figura 31: Áreas estratégicas en la zona de estudio

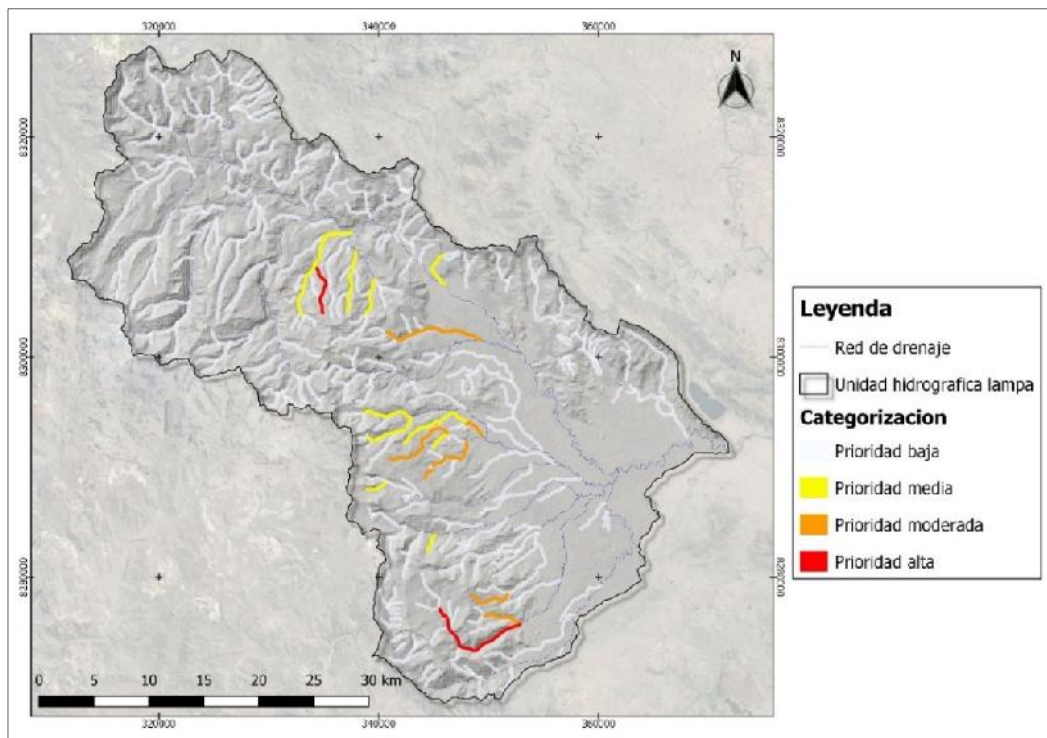


Figura 32: Corrientes de agua a priorizar según la demanda del recurso hídrico

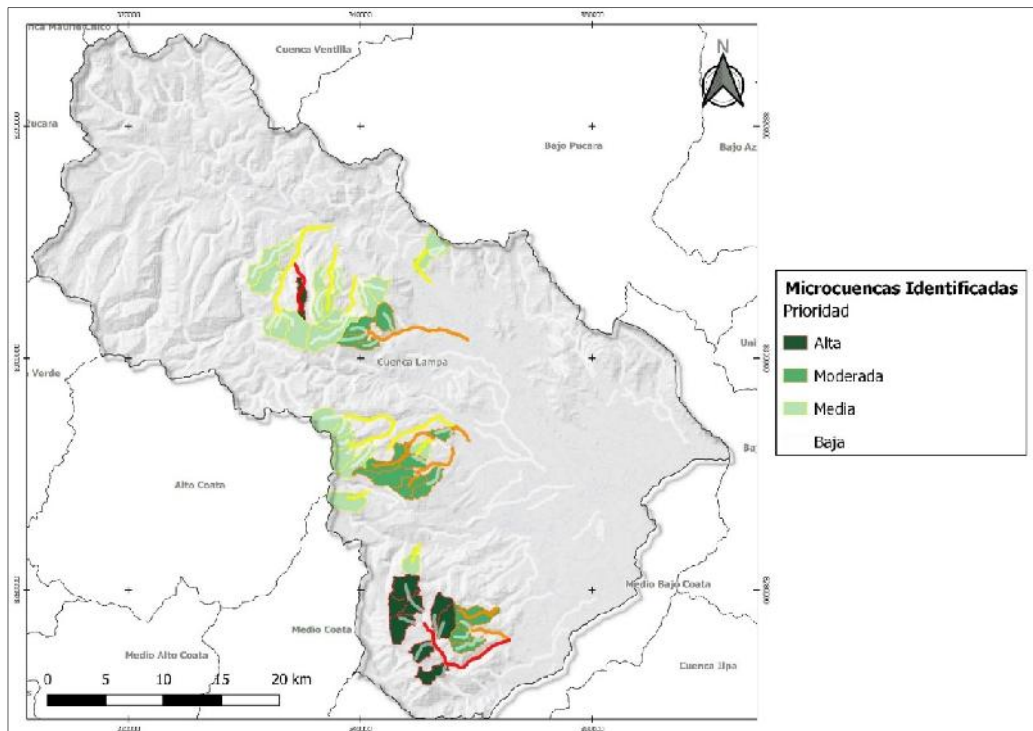


Figura 33: Áreas identificadas

En la Figura 33, se aprecia las zonas estratégicas a priorizar dentro de la cuenca del río Lampa, siendo las cabeceras de cuenca las áreas donde se debe realizar la conservación del recurso hídrico, ya que son las zonas productoras de agua.

4.1.3. Propuestas para el manejo del recurso hídrico en temporadas de máximas avenidas

De acuerdo a los resultados de balance hídrico, en la cuenca del río Lampa, entre los meses de julio y noviembre (ausencia de precipitación) se presenta déficit de agua, sin embargo, en los demás meses (presencia de precipitación) la demanda es satisfecha al 100%, asimismo, se puede almacenar el recurso agua en los meses de enero a abril, para posteriormente aprovecharla en los meses de estiaje, teniendo en consideración lo antes descrito, el primer paso para el manejo y conservación del recurso hídrico, es tener identificadas las áreas donde se hace la

siguiendo las curvas de nivel, teniendo en consideración lo antes descrito, en la cuenca del río Lampa, dentro de las áreas identificadas se plantea 9 puntos donde se puede realizar diques en lagunas y 36 puntos donde se puede realizar la instalación de zanjas de infiltración, esto con el objetivo de almacenar el recurso hídrico en épocas de máximas avenidas.

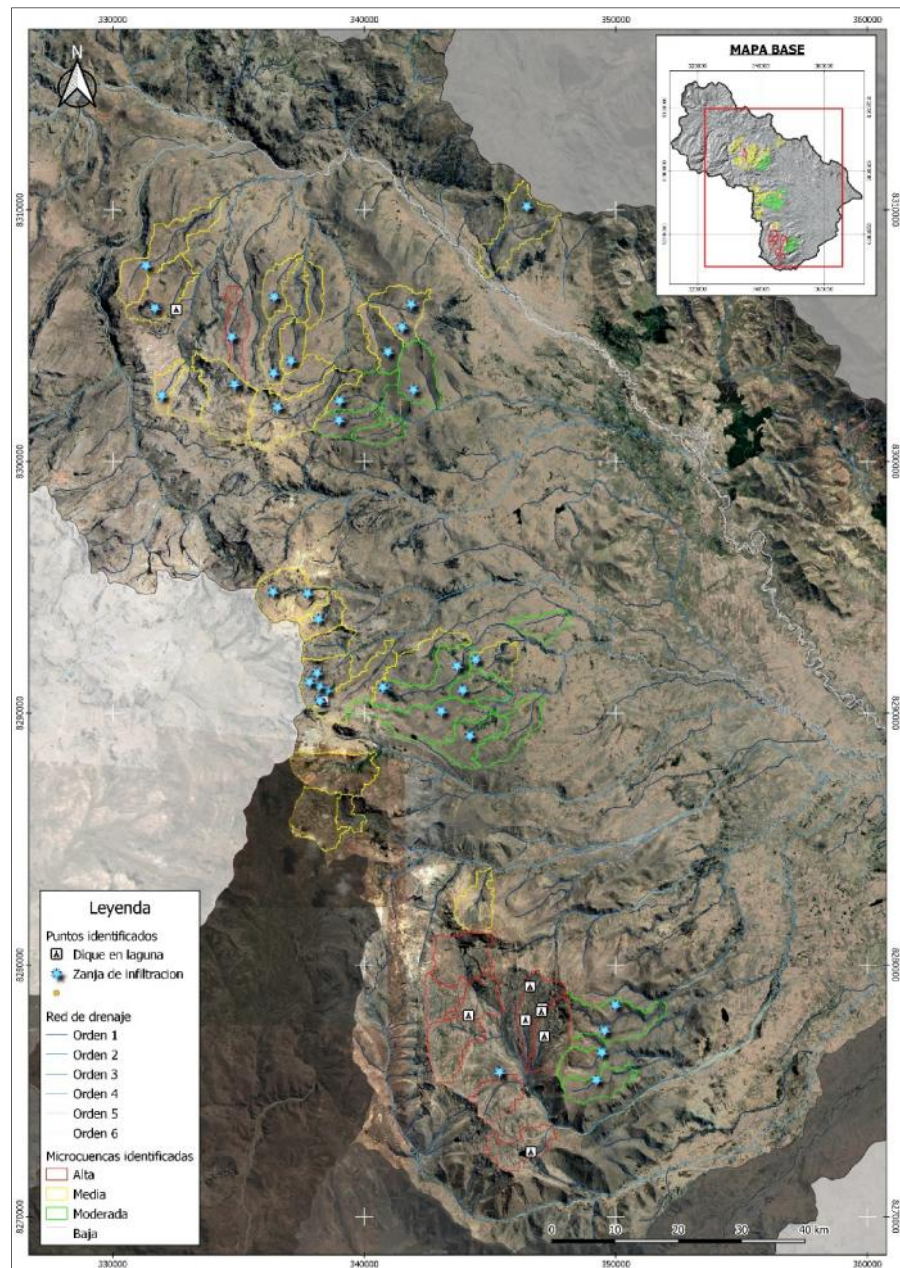


Figura 35: Identificación de puntos de aprovechamiento



De acuerdo a la Figura 35, podemos decir que dentro de la cuenca del río Lampa, las zonas o áreas identificadas no cuentan con las mismas condiciones respecto al recurso hídrico, ya que en la parte baja de la cuenca, se cuenta con fuentes de tipo laguna en donde es posible instalar diques, mientras que en la parte media no se cuenta con ese tipo de fuente, sin embargo es más factible la instalación de zanjas de infiltración para poder aprovechar el recurso hídrico en temporadas de máximas avenidas.

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el comportamiento de la precipitación tiende a descender (Belizario, 2015), lo que obliga a determinar el balance hídrico inicialmente, ya que es información fundamental para dar inicio con la gestión integral del recurso hídrico, la FAO (2013) menciona que, las estrategias para afrontar la escases de agua se deben fundar en un buen conocimiento de las causas de escases, tanto a nivel nacional como local. Se debería empezar con una contabilidad detallada del suministro y la demanda de agua, que constituirá la base para identificar, adaptar y desarrollar estrategias.

En lo que respecta al balance hídrico, se determinó que existe déficit en la cuenca del río Lampa entre los meses de julio y noviembre de 3 hm^3 , estos resultados obtenidos, guardan relación con Castillo (2018), quien señala que, la cuenca Lampa actualmente enfrenta serios problemas de desabastecimiento de agua para riego, debido al calentamiento global y cambio climático; donde en el periodo de avenidas se tiene abundancia de recurso hídrico que ocasiona desbordes del río de inundaciones en la parte baja de la cuenca causando grandes pérdidas económicas, y en épocas de estiaje se tiene graves problemas de escasez de agua para irrigar las áreas de cultivo.



Realizado el balance hídrico obtuvo un déficit de 40 hm^3 de agua en la cuenca, que se presenta entre los meses de abril y noviembre. Pero en lo que no concuerda el estudio del referido autor con la presente, es que la demanda que ha considerado es una demanda proyectada, y en la presente tesis se ha considerado una demanda actual, motivo por el cual existe un déficit menor.

Respecto a la ubicación de las zonas a priorizar, en la presente tesis se ha identificado y clasificado las cabeceras de cuenca teniendo en consideración la demanda que se le hace a las fuentes aguas abajo de dichas zonas, con el propósito de aprovechar el recurso hídrico en temporadas de avenidas y dar inicio a la regulación del recurso hídrico, lo cual guarda relación con Gutierrez (2013) quien menciona que las cabeceras de cuenca son las zonas que captan el agua proveniente de las lluvias, almacenan el agua en sus diferentes formas y tiempo de duración y descarga el agua como escurrimiento: cumpliendo un importante rol regulador del ciclo hidrológico, controla la cantidad y temporalidad del flujo de agua y contribuye al mantenimiento de la conectividad hidrológica.

Asimismo, Moreno (2017), concluye que, priorizar áreas es una estrategia adecuada en muchos casos, dadas las limitaciones presupuestales y de tiempo de ejecución que tienen los entes gubernamentales para hacer una inversión más adecuada de los recursos que se dispongan.

PRONAMACHCS (2005) menciona que, la propuesta de gestión de la microcuenca debe, inicialmente, identificar las principales debilidades y potencialidades de los sistemas y a partir de ellos plantear, planificar e implementar acciones en los sistemas biofísicos y antrópico.



Teniendo en consideraron lo antes mencionado, las propuestas para la conservación del recurso hídrico planteadas en la presente tesis, son la implementación de diques en lagunas y zanjas de infiltración, ya que de acuerdo a las condiciones hidrológicas, son las más adecuadas, estas propuestas guardan relación con Vasquez (2014), quien señala que, a lo largo de las partes altas y medias de la sierra se encuentra ubicadas lagunas naturales (de capacidad de promedio entre 10,000 m³ hasta unos 3 a 5 millones de m³) que vienen siendo utilizados desde tiempos inmemoriales; las cuales pueden incrementar significativamente su capacidad de uso actual de almacenamiento de agua con inversiones relativamente pequeñas favoreciendo a los usuarios ubicados aguas debajo de las lagunas. El impacto a lograrse será significativo tanto en el aspecto económico, social como ambiental, asimismo, a manera de ilustración, presenta una información representativa promedio de una parte de los beneficios ambientales que genera la cosecha de agua de lluvia mediante la construcción de zanjas de infiltración ya sea en plantaciones forestales, pastizales o en área de protección tomando en cuenta una precipitación promedio anual que varía entre 800 a 1200 mm/año: en 1 hectárea se podrá captar 6,000 – 9,000 m³/ha/año de agua de lluvia.

De igual forma, IMA (2015), menciona que, el mecanismo de regulación más significativo en los ecosistemas altoandinos (paramos, puna con sus bofedales y turberas, y bosques donde estos todavía permanecen) es el almacenamiento de agua en los suelos.

Castillo (2018), menciona que la cuenca Lampa se tiene una oferta potencial que asciende a un volumen de 72.9 hm³ de agua anualmente, considera en el planeamiento hidráulico el represamiento de agua en los embalses de Huayllane un



volumen de 25 hm³ y en el embalse Pomasi un volumen de 15 hm³; el mismo que cubrirá la demanda de agua para riego de 3177 has, distribuido en 06 sistemas de riego en la planicie de la cuenca.

Sin embargo, la propuesta planteada por Castillo (2018), solo beneficiaría a los usuarios que hacen el uso del agua del río principal (06 sectores), sin embargo, en la presente tesis, con las propuestas planteadas de siembra y cosecha de agua en áreas estratégicas, se pretende beneficiar a los usuarios que se ubican en la parte media de la cuenca, quienes tienen con fuente de abastecimiento ríos secundarios, quebradas y manantiales.



V. CONCLUSIONES

En la cuenca del río Lampa de acuerdo a los usos que se le da al recurso hídrico, abarca solo dos sectores, el agrario (97%) y poblacional (3%), y realizado el balance hídrico, se tiene un superávit de 94 hm³ al año, sin embargo, al realizar el análisis mensual espacial entre la precipitación y evapotranspiración existe déficit entre los meses de mayo y junio, asimismo, al realizar el análisis mensual cuantitativo entre los caudales generados y la demanda otorgada existe también déficit entre los meses de julio a noviembre.

Al determinar que existe déficit, fue necesario identificar y clasificar las zonas donde se realiza la mayor extracción de agua, a partir de ello, se pudo delimitar las microcuencas para implementar la siembra y cosecha de agua, en vista que en las zonas identificadas existen fuentes y áreas que pueden ser aprovechadas, teniendo en consideración las condiciones hidrológicas de las zonas, asimismo, se ha identificado 9 puntos donde es posible instalar diques en lagunas y 36 zonas donde es posible la instalación de zanjas de infiltración, los cuales ayudaran a incrementar significativamente la disponibilidad del agua superficial debido a la retención del recurso hídrico en épocas de avenidas y a la menor erosión de los suelos y transporte de sedimentos, esto como propuesta base para una buena gestión y regulación del recurso hídrico.

Basado en los resultados de la presente investigación, se concluye que con las propuestas planteadas en la cuenca del río Lampa, se puede almacenar el recurso hídrico y esto puede ayudar a mitigar el déficit que existe en épocas de escases, de lo contrario, ante una posible sequía extrema que se presente, las zonas identificadas son vulnerables a tener conflictos sociales.



VI. RECOMENDACIONES

Dentro de la cuenca del río Lampa, se recomienda priorizar las microcuencas identificadas, así como los lugares propuestos para la instalación de diques y zanjales de infiltración, desarrollando distintas actividades con el objetivo de conservar el recurso hídrico.

Es necesario realizar los estudios más detallados a nivel de microcuencas, ya que hasta el momento no existe estudios sistemáticos ni puntual sobre zonas de conservación del recurso hídrico en microcuencas.

Los municipios deberían utilizar software GIS de uso libre, como una manera de encontrar una mejor forma de hacer una gestión del recurso hídrico dentro de su territorio. Asimismo, es necesario contar con información hidrometeorológica consistentes, ya que la información incompleta, hace perder exactitud a los resultados de los estudios climatológicos que se realizan.

Se recomienda realizar estudios similares bajo distintas metodologías y aplicando diferentes fórmulas con lo cual se puede discriminar cual puede ser más adecuado aplicar.

Difundir los resultados del presente estudio en todas las organizaciones privadas y estatales que tengan que ver con el manejo y conservación del recurso agua, en especial a aquellas que tiene bajo el mandato el manejo de cuencas hidrográficas de montaña.

Finalmente recomendar al Gobierno Regional de Puno y/o al Ministerio de Agricultura y Riego, para concretizar la formulación y ejecución de proyectos integrales de siembra y cosecha de agua.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso Sarria, F. (2015). *Sistema de Informacion Geografica*. pp 1-239.
- Aranda, D. . C. (1998). Procesos del Ciclo Hidrologico. *Universidad Autonoma de San Luis Potosi Facultade de Ingenieria. Mexico*, pp 1-550.
- Arela Mayta, R. W. (2014). *Manejo y Proteccion de Zonas de Recarga Hidrica y Fuentes de Agua para Consumo Humano en la Microcuenca del rio Huayllani, Lampa*. Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ingenieria Agricola.
- Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Rev. Investig. Altoandin.*, 17(1), 47–52.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.77>
- Castillo Mamani, A. C. (2018). *Estudio de Aprovechamiento Hidrico para Riego en la Cuenca del riò Lampa - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Escuela de Posgrado Tesis.
- Chan, M. (2012). *Métodos de almacenamiento del agua. Un elemento clave para la adaptación al cambio climático*. Guatemala: Instituto Privado de Investigacion sobre Cambio Climatico.
- Chereque Moran, W. (2010). *Hidrologia para Estudiantes de Ingenieria Civil (Vol. 2)*. Lima - Peru: Pontificia Universidad Catolica del Peru.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1993). *Hidrologia Aplicada* (M. E. S. R., Ed.).
- Comision Tecnica Multisectorial. (2004). *Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales del Perú*. Comision Tecnica Multisectorial, Ministerio de: Agricultura; Defensa; Economia y Finanzas; Energia y Minas; Vivienda, Construccion y Saneamiento; Salud; Produccion.
- Cruz Cardenas, Y. S., Ordoñez Sanchez, P., Jacobo Huamani, U., & Camiloaga Jimenez, F. (2008). *Cosecha de agua, una practica ancestral: Manejo sostenible de las praderas naturales*. Arequipa - Peru: Programa Regional del Sur DESCO, Centro de estudios y Promocion del Desarrollo - 2008.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas:



- teoria y practica. In *Serie recursos naturales e infraestructura* (Vol. 47).
<https://doi.org/1680-9025>
- FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. In *Informe Sobre Temas Hídricos Nro. 38*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO.
- FAO - Honduras. (2011). *Guía para la Elaboración de Planes para la Protección y Manejo Sostenible y Productivo de Microcuencas*. Tegucigalpa - Honduras: Programa Conjunto Agua y Saneamiento.
- FONCODES. (2015). Siembra y Cosecha de Agua. In *Las Qochas Rusticas - Manual Técnico* (Vol. 6). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fondo Mundial para la Naturaleza. (2010). Caudal ecológico. In *Caudal ecológico: Salud al ambiente, agua para la gente*. World Wide Fund for Nature.
- Gutierrez Huaman, N. (2013). *Delimitación de la Cabecera de Cuenca del río Piura*. Piura - Peru: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Piura, Peru.
- GWP E INBO. (2009). *Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas*. Global Water Partnership and International (GWP) y la Red Internacional de Organismos de Cuenca (International Network of Basin Organizations, INBO).
- IMA. (2015). El servicio de regulación hídrica y la cosecha de agua. In *Estudio de Valoración Económica del Servicio de Regulación Hídrica en el Valle Sagrado de los Incas, Departamento de Cusco*. Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente IMA.
- INRENA. (2008). Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Cabanillas y Lampa. In *Reporte Técnico*. Juliaca - Peru: Instituto Nacional de Recursos Naturales, Intendencia de Recursos Hídricos, Administración Técnica del Distrito de Riego Juliaca.
- Masabni, J. (2000). Medición de Caudal. In *Capítulo 11*.
- Mejía, J. A. (2006). *Hidrología Aplicada*. Lima Peru: Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola.
- Metzger, J. (2017). *Modelamiento Hidrológico para Pronóstico Estacional de Caudales del Río Ramis*. Lima-Peru: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú



- (SENAMHI). Direccion de Hidrologia.
- Morea Rodriguez, M. L., & Huerta Rodriguez, J. C. (2016). *Sistemas de información geográfica*.
- Moreno Galvis, J. D. (2017). *Delimitacion de Areas Estrategicas para el Abastecimiento Hidrico del Casco Urbano del Municipio de Duitama, Boyaca*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Olaya, V. (2014). *Sistema de Informacion Geografica* (Vol. 3).
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Balance Hídrico Superficial. In *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestion Integral de Recurso Hidrico*. Lima - Peru: Sociedad Geográfica de Lima, Foro Peruano para el Agua.
- PROCAP. (1991). Proyecto de Manejo y Conservación Cuenca alta del Rio Pastaza. In *REPUBLICA DEL ECUADRO CONADE-MAG-INNERHI-INECEL-DIGEMA*.
<https://doi.org/ISBN 0-8270-3043-6>
- PRONAMACHCS. (2005). Gestion Participativa de los Recursos Naturales para el Desarrollo Rural Sostenible, Experiencias en tres Microcuencas Altoandinas del Peru. In *Programacion Nacional de Manejo de Cuecnas Hidrograficas y Conservacion de Suelos*. Gerencia de Organizacion y Gestion de Microcuencas, Subproyecto Manejo Intensivo de Microcuencas Altoandinas (MIMA).
- Rodriguez Lugo, D. M., & Perez Alvarez, P. (2014). Determinacion de la Recarga Hidrica Potencial en la Cuenca Hidrografica Guara, de Cuba. In *Aqua - LAC* (Vol. 6).
<https://doi.org/10.4324/9781315853178>
- UICN. (2009). Guía para la Elaboración de Planes de Manejo de Microcuencas. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Vasquez, A., Vasquez, I., & Vasquez, C. (2014). *Cosecha de Agua de Lluvia y su Impacto en el Proceso de Desertificacion y Cambio Climatico*.

ANEXOS

ANEXO 1: Información meteorológica de las estaciones

Precipitación total mensual histórica (mm)

Estación Meteorológica: Juliaca, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1991	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1992	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1994	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1998	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1999	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
2000	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	4.30	73.70	31.00	63.10	
2002	73.00	149.20	125.70	57.20	24.00	3.40	19.40	11.20	20.60	143.10	75.50	99.90	802
2003	174.80	82.60	108.30	23.90	4.30	4.40	1.10	0.60	38.20	16.90	28.10	162.80	646
2004	238.50	96.30	69.40	28.20	0.00	0.20	1.50	24.30	38.50	6.20	18.60	68.90	591
2005	83.70	242.90	100.10	46.70	0.00	0.00	0.00	1.80	16.00	82.90	57.20	91.40	723
2006	208.60	50.60	87.80	33.70	0.70	2.80	0.00	1.50	23.80	61.40	77.00	74.20	622
2007	92.40	40.80	225.70	62.60	19.60	0.20	6.50	0.80	18.20	30.10	84.60	64.50	646
2008	220.80	68.80	58.60	6.40	0.60	1.00	0.00	1.10	1.80	61.30	35.50	203.70	660
2009	87.00	169.10	97.70	13.70	0.00	0.00	1.00	0.20	7.50	51.20	83.80	89.50	601
2010	97.30	128.60	47.40	7.40	14.10	0.40	0.40	0.00	0.40	25.60	19.90	96.40	438
2011	51.40	183.90	74.10	12.70	5.80	0.00	5.90	4.70	18.50	32.00	56.70	148.50	594
2012	129.20	147.50	124.60	63.20	0.00	0.20	0.00	20.30	0.10	9.80	25.80	166.20	687
2013	151.60	134.70	51.30	10.10	5.00	7.00	2.50	7.90	9.60	38.00	38.30	140.70	597
2014	211.10	57.70	82.30	33.20	0.40	0.10	6.80	6.20	74.00	88.70	24.20	81.10	666
2015	95.50	89.80	86.90	169.30	3.60	1.20	3.50	9.70	52.70	41.20	28.10	95.70	677
2016	62.90	12.40	45.70	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
2017	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	51.20	69.90	37.60	140.80	

Prom.	131.85	110.33	92.37	40.59	5.58	1.49	3.47	6.45	23.46	52.00	45.12	111.71	639.19
Min.	51.40	12.40	45.70	6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	6.20	18.60	63.10	437.90
Max	238.50	242.90	225.70	169.30	24.00	7.00	19.40	24.30	74.00	143.10	84.60	203.70	802.20

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Precipitación total mensual histórica (mm)

Estación Meteorológica: Lampa, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	94.80	63.70	31.30	18.90	11.50	45.50	0.00	9.00	2.90	90.30	95.50	95.00	558
1991	139.10	106.10	91.40	38.20	23.50	40.00	0.80	0.00	8.50	58.20	27.80	80.60	614
1992	88.70	75.20	34.50	31.40	0.00	0.00	4.20	63.40	0.50	49.20	61.00	111.10	519
1993	155.30	18.20	140.10	26.00	2.80	0.20	0.00	26.90	13.40	66.00	74.60	135.70	659
1994	164.00	148.20	105.00	58.10	1.50	0.70	0.00	0.00	4.50	18.60	51.80	78.70	631
1995	108.30	93.10	96.00	23.70	0.80	0.00	0.00	5.80	19.70	18.70	54.50	62.60	483
1996	187.90	108.70	108.40	23.60	16.50	0.00	1.80	2.50	22.10	13.50	62.70	160.70	708
1997	149.40	177.80	147.10	68.90	3.90	0.00	0.00	19.00	42.90	39.60	113.50	94.90	857
1998	105.70	151.30	82.80	50.10	0.00	2.00	0.00	0.00	0.20	44.90	67.10	71.20	575
1999	130.40	120.10	143.40	115.90	12.40	1.80	0.00	0.80	32.70	105.50	17.60	62.90	744
2000	171.20	115.40	134.50	52.70	7.10	6.20	0.00	7.40	14.50	57.10	9.90	101.50	678
2001	261.90	186.00	117.40	29.50	10.60	2.90	2.20	8.10	4.00	57.30	46.30	73.70	800
2002	121.30	142.10	141.80	73.80	21.70	4.00	18.70	8.90	16.60	83.30	90.90	169.30	892
2003	211.00	138.30	128.00	30.40	5.20	3.20	0.00	1.50	30.90	9.10	23.70	132.10	713
2004	266.60	144.10	100.20	39.70	3.30	2.00	2.30	19.20	26.40	21.00	16.30	96.20	737
2005	105.60	278.30	116.50	49.60	0.00	0.00	0.00	0.00	22.40	74.90	54.30	172.70	874
2006	189.50	110.00	116.20	26.50	0.00	3.00	0.00	0.20	20.10	52.00	79.70	95.80	693
2007	81.50	66.90	228.90	102.90	21.40	0.50	6.70	10.00	16.20	27.40	93.30	92.90	749
2008	227.80	70.30	76.10	3.40	0.00	1.20	0.00	1.40	3.30	54.60	20.50	171.20	630
2009	102.10	189.30	154.40	40.20	0.80	0.00	0.00	0.00	4.60	35.20	77.80	83.80	688
2010	117.30	145.00	72.40	21.30	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	28.40	14.00	136.30	553
2011	97.80	213.50	105.40	14.10	7.20	0.00	4.80	4.30	39.60	77.90	93.30	344.10	1002
2012	138.10	238.10	97.60	80.40	0.00	0.00	1.70	8.30	2.90	23.40	61.50	212.20	864
2013	111.10	109.60	143.40	14.30	25.10	13.90	2.20	10.70	11.70	35.60	58.40	140.10	676
2014	221.30	106.60	88.50	45.80	0.00	0.00	4.70	8.50	46.40	94.00	37.70	96.30	750
2015	106.00	143.50	83.50	114.90	4.90	1.80	2.70	10.20	65.70	45.90	41.80	85.00	706
2016	55.30	207.80	61.10	66.50	0.10	0.40	9.40	3.20	9.10	42.80	23.30	90.90	570
2017	155.60	133.60	178.30	70.00	24.50	0.10	5.10	0.30	44.70	60.00	77.30	130.90	880

Prom.	145.16	135.74	111.58	47.53	7.95	4.62	2.40	8.20	18.80	49.44	55.22	120.66	707.31
Min.	55.30	18.20	31.30	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.10	9.90	62.60	483.20
Max	266.60	278.30	228.90	115.90	25.10	45.50	18.70	63.40	65.70	105.50	113.50	344.10	1002.00

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Precipitación total mensual histórica (mm)

Estación Meteorológica: Pampahuta, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	184.20	67.10	50.60	46.10	6.80	31.80	0.00	7.50	4.10	93.50	114.10	94.00	700
1991	205.60	119.30	146.20	58.30	5.80	31.10	3.10	0.00	21.20	29.40	28.60	102.40	751
1992	96.50	142.30	23.40	12.20	0.00	2.20	0.00	51.50	0.00	30.30	55.00	81.60	495
1993	246.20	62.00	138.20	51.30	5.80	1.80	0.00	19.30	1.60	108.20	114.50	173.50	922
1994	225.30	168.80	128.00	86.30	23.40	1.10	0.00	0.00	15.10	12.90	108.30	163.60	933
1995	117.20	138.80	133.60	40.80	1.10	0.00	0.00	2.60	14.80	15.10	64.20	142.80	671
1996	238.30	180.40	73.50	73.00	21.50	0.00	0.00	27.90	18.80	3.00	77.40	244.10	958
1997	220.10	185.30	100.50	55.40	9.10	0.00	0.30	26.60	37.90	33.60	96.90	103.70	869
1998	154.60	159.80	100.30	32.80	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	31.80	104.30	45.00	630
1999	131.20	186.20	200.50	116.80	23.00	1.10	0.80	1.90	11.10	120.70	19.50	118.00	931
2000	194.60	266.30	181.60	23.30	9.40	3.90	0.40	7.70	5.10	89.70	8.00	115.50	906
2001	320.10	247.50	151.30	81.20	19.50	2.90	3.70	16.10	14.10	27.50	29.70	68.10	982
2002	152.60	233.60	106.90	86.40	17.00	2.00	27.40	4.30	10.10	76.80	92.90	170.50	981
2003	212.10	204.90	199.10	23.60	8.30	2.80	0.00	0.00	25.50	22.70	14.10	155.60	869
2004	226.80	162.80	55.80	75.30	0.00	0.60	11.70	13.20	26.60	13.30	33.70	102.10	722
2005	110.60	268.40	97.70	60.20	0.00	0.00	0.00	0.60	21.40	16.40	102.60	135.30	813
2006	179.50	153.30	172.60	68.80	1.80	0.00	0.00	9.10	31.40	46.70	110.30	88.20	862
2007	150.80	134.60	267.90	87.30	13.20	0.00	9.70	0.00	16.70	27.30	52.10	115.10	875
2008	200.20	68.20	82.80	7.20	0.50	3.90	0.00	0.20	3.30	42.20	34.40	213.40	656
2009	63.40	128.00	107.10	38.70	3.80	0.00	4.20	0.70	13.90	25.40	114.10	137.10	636
2010	209.80	235.70	122.50	54.40	10.70	0.00	0.00	0.00	0.00	23.20	49.20	151.90	857
2011	91.30	223.70	153.70	85.10	3.80	0.00	3.90	1.80	25.70	13.00	32.60	166.60	801
2012	266.80	226.80	147.00	94.50	1.50	0.70	0.00	3.20	4.90	55.70	54.90	186.43	1042
2013	153.90	151.80	67.10	6.50	9.40	11.20	8.00	14.10	0.00	36.00	72.70	210.70	741
2014	146.10	100.30	107.30	85.00	3.30	0.00	7.70	9.70	31.80	78.40	46.20	127.90	744
2015	137.00	119.40	77.00	99.10	0.00	2.60	5.90	8.80	25.60	52.00	62.60	77.10	667
2016	80.50	213.90	65.20	101.00	2.70	6.10	2.70	7.40	11.20	56.10	14.40	59.60	621
2017	175.50	183.60	312.70	41.20	31.90	0.30	3.10	0.40	21.60	58.20	69.30	114.50	1012

Prom.	174.67	169.03	127.50	60.42	8.33	3.82	3.31	8.38	14.77	44.25	63.45	130.87	808.80
Min.	63.40	62.00	23.40	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	8.00	45.00	495.00
Max	320.10	268.40	312.70	116.80	31.90	31.80	27.40	51.50	37.90	120.70	114.50	244.10	1042.43

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Precipitación total mensual histórica (mm)

Estación Meteorológica: Pucara, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	152.30	129.80	83.40	48.60	10.60	52.30	0.00	5.70	22.10	98.40	94.30	83.90	781
1991	147.30	120.60	157.20	43.70	28.70	54.20	5.60	9.10	18.00	48.20	43.50	65.40	742
1992	215.50	94.80	61.50	27.10	0.60	10.80	0.00	35.20	6.90	29.60	43.90	151.10	677
1993	184.80	35.50	135.10	91.50	8.30	0.50	0.00	12.50	26.60	78.70	73.00	147.40	794
1994	157.70	199.70	113.20	58.60	0.00	0.00	0.00	0.00	SD	25.90	65.40	90.10	
1995	98.20	76.90	78.90	9.30	2.60	0.00	0.30	0.50	7.70	17.80	94.30	105.50	492
1996	158.70	81.80	122.60	38.60	22.10	0.00	0.50	4.40	15.70	43.40	50.40	93.10	631
1997	160.30	126.30	166.50	21.30	2.70	0.00	0.00	13.40	23.30	59.00	142.10	118.00	833
1998	86.10	118.40	108.60	41.90	0.00	8.60	0.00	1.50	2.70	71.40	51.90	29.60	521
1999	83.80	111.60	147.70	73.60	10.60	0.00	1.00	6.80	22.30	78.10	24.50	46.20	606
2000	126.90	143.30	107.90	11.70	4.20	4.10	0.10	29.00	0.30	106.60	35.60	105.70	675
2001	302.90	117.90	224.90	33.60	18.10	1.80	4.80	9.90	5.00	35.20	29.80	108.30	892
2002	144.70	197.80	113.30	59.20	28.10	3.90	20.90	21.50	31.40	137.30	72.50	183.20	1014
2003	197.10	93.60	126.90	16.60	24.60	6.80	0.00	8.80	26.20	44.80	54.00	137.70	737
2004	302.70	227.40	104.10	55.20	6.90	4.00	8.20	26.50	48.00	7.50	64.90	138.50	994
2005	64.40	164.80	123.30	37.70	0.00	0.00	0.00	14.70	6.20	103.20	73.40	112.00	700
2006	236.10	94.80	124.60	30.80	1.80	0.20	0.00	0.60	5.00	47.20	68.10	97.20	706
2007	70.60	62.30	194.60	105.90	23.30	0.00	3.50	0.00	37.40	27.00	63.30	65.30	653
2008	173.40	81.10	59.40	7.10	3.90	0.00	0.00	0.90	24.20	51.40	63.50	165.20	630
2009	70.20	98.40	130.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.10	6.90	42.70	105.10	137.70	611
2010	198.10	138.70	65.20	38.80	6.60	0.00	0.00	0.20	1.20	36.90	27.90	121.30	635
2011	74.30	172.90	74.60	33.70	17.70	0.20	6.60	1.60	33.00	44.40	24.10	136.30	619
2012	125.00	176.10	117.20	65.40	0.00	0.00	0.00	4.60	6.20	12.20	31.40	177.30	715
2013	122.80	135.60	174.70	17.80	30.30	7.70	0.40	15.60	7.80	58.30	29.90	231.60	833
2014	115.00	119.10	75.30	49.50	1.00	0.00	6.40	29.80	42.80	70.10	54.60	131.60	695
2015	133.30	105.10	60.90	78.10	4.30	0.60	6.60	6.40	27.20	48.80	87.40	114.20	673
2016	56.60	141.20	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	90.40	
2017	76.20	115.20	103.40	50.00	39.20	0.00	11.80	0.00	63.70	51.80	76.60	72.60	661

Prom.	144.11	124.31	116.85	43.16	10.97	5.77	2.84	9.60	19.92	54.66	60.94	116.30	712.33
Min.	56.60	35.50	59.40	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	7.50	24.10	29.60	492.00
Max	302.90	227.40	224.90	105.90	39.20	54.20	20.90	35.20	63.70	137.30	142.10	231.60	1013.80

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Precipitación total mensual histórica (mm)

Estación Meteorológica: Cabanillas, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	191.10	25.40	42.60	20.10	2.40	34.30	0.00	9.80	1.00	112.80	130.00	99.70	669
1991	108.60	135.60	123.70	73.30	5.80	35.60	0.00	0.00	6.30	13.80	29.70	60.40	593
1992	108.60	75.10	28.50	8.50	0.00	2.70	2.20	31.10	0.00	47.50	27.20	60.10	392
1993	152.00	66.20	94.70	72.30	3.00	0.00	0.00	26.30	9.50	113.40	83.00	117.40	738
1994	132.60	106.40	162.10	110.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	14.30	51.20	98.00	681
1995	125.80	67.40	103.40	5.00	0.00	0.00	0.00	0.20	16.60	9.90	32.80	55.30	416
1996	197.90	111.20	57.30	37.70	1.90	0.00	2.00	17.60	10.30	14.30	39.60	183.80	674
1997	158.50	238.30	164.50	75.10	3.70	0.00	0.00	22.40	46.50	38.00	103.30	88.00	938
1998	152.40	166.30	91.10	37.90	0.00	0.00	0.00	6.00	0.30	47.70	61.60	42.70	606
1999	92.30	121.90	111.80	100.20	10.10	0.00	0.00	3.60	21.90	104.00	3.00	93.10	662
2000	135.10	223.10	133.80	31.70	0.60	0.00	0.00	6.90	15.80	118.30	13.50	100.20	779
2001	284.10	219.00	83.80	63.90	11.50	0.80	0.40	16.20	22.10	71.30	36.90	52.60	863
2002	87.30	158.90	174.50	126.10	28.70	6.20	16.00	22.90	8.80	116.30	78.00	105.30	929
2003	215.60	86.60	122.00	24.30	10.80	2.60	0.00	0.90	16.90	14.00	67.50	135.60	697
2004	194.20	100.10	81.60	34.20	8.50	0.50	7.70	18.40	12.80	2.90	27.40	58.90	547
2005	77.90	265.70	84.00	49.70	0.00	0.00	0.00	0.50	5.80	30.60	70.60	78.50	663
2006	231.60	100.90	139.50	58.10	0.00	0.70	0.00	2.80	44.20	38.00	60.20	68.50	745
2007	68.60	97.00	263.70	80.00	3.20	0.00	0.80	0.00	75.40	40.60	97.60	81.90	809
2008	273.60	74.50	65.10	6.30	0.00	0.20	0.00	0.60	1.80	34.90	70.10	152.60	680
2009	89.70	118.90	112.20	24.60	0.00	0.00	1.60	0.50	1.40	28.40	152.80	91.20	621
2010	141.70	129.60	71.50	20.60	17.40	0.00	0.50	0.00	2.40	21.20	35.80	183.00	624
2011	75.50	185.90	135.10	41.30	1.70	0.00	5.10	4.30	32.10	29.80	76.20	246.10	833
2012	173.60	215.70	159.20	56.00	0.00	0.00	0.00	2.90	3.20	16.00	46.20	190.80	864
2013	178.80	170.40	54.50	10.70	7.60	9.00	7.90	5.00	8.00	50.10	52.10	137.20	691
2014	142.80	77.80	53.40	43.70	0.00	0.00	2.60	32.90	33.30	94.20	42.10	134.60	657
2015	109.20	103.00	74.30	182.80	0.00	1.90	3.70	3.70	37.00	48.00	87.80	108.80	760
2016	50.80	213.60	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	45.50	
2017	135.20	105.40	125.90	40.30	12.80	3.00	3.00	0.00	43.90	68.50	79.20	143.80	761

Prom.	145.90	134.28	107.92	53.13	4.80	3.61	1.98	8.72	17.92	49.59	61.31	107.63	699.68
Min.	50.80	25.40	28.50	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	3.00	42.70	391.50
Max	284.10	265.70	263.70	182.80	28.70	35.60	16.00	32.90	75.40	118.30	152.80	246.10	938.30

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Máxima media mensual histórica (°C)

Estación Meteorológica: Juliaca, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1991	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1992	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1994	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1998	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
1999	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
2000	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	19.52	19.20	20.39	18.57	
2002	18.09	16.05	16.62	16.47	16.91	16.78	14.42	16.85	17.93	17.33	18.11	17.56	203
2003	16.94	17.38	16.44	17.41	17.22	16.16	16.75	16.84	17.32	18.91	19.81	19.20	210
2004	15.76	16.41	17.96	18.08	17.76	15.71	16.03	16.09	17.76	19.71	20.50	20.01	212
2005	17.73	16.21	17.57	17.77	17.92	17.11	17.31	17.81	18.35	17.96	18.44	18.04	212
2006	15.51	17.72	17.80	17.04	17.21	16.54	16.39	17.93	18.62	19.02	18.53	18.95	211
2007	18.06	18.37	16.33	17.07	17.44	17.29	16.38	18.63	17.34	19.74	18.93	18.55	214
2008	16.12	17.23	17.07	18.77	17.41	16.76	16.44	17.80	19.24	18.70	20.12	17.19	213
2009	17.14	16.48	16.55	17.13	17.33	16.86	16.52	17.84	19.53	20.26	19.69	18.78	214
2010	17.64	17.68	18.48	19.29	18.35	18.24	18.04	19.06	20.17	19.96	21.07	18.30	226
2011	18.23	15.78	16.30	17.77	17.87	17.18	16.47	18.33	17.95	19.39	19.98	17.63	213
2012	16.60	15.19	15.96	16.37	16.77	16.61	16.95	17.68	18.55	20.03	20.17	17.15	208
2013	16.33	16.32	17.80	18.65	17.90	16.18	16.65	16.99	19.18	19.30	20.02	17.60	213
2014	16.62	17.48	18.42	18.09	17.46	18.77	16.85	17.08	17.68	17.75	19.78	19.29	215
2015	15.78	16.98	16.96	16.03	16.98	17.48	17.23	17.54	18.74	19.20	20.42	19.13	212
2016	19.46	SD	19.78	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
2017	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	17.69	19.18	20.42	18.89	

Prom.	17.07	16.80	17.34	17.57	17.47	16.98	16.60	17.60	18.47	19.10	19.77	18.43	212.69
Min.	15.51	15.19	15.96	16.03	16.77	15.71	14.42	16.09	17.32	17.33	18.11	17.15	203.12
Max	19.46	18.37	19.78	19.29	18.35	18.77	18.04	19.06	20.17	20.26	21.07	20.01	226.29

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Máxima media mensual histórica (°C)

Estación Meteorológica: Lampa, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	16.56	17.21	17.27	17.68	18.12	14.23	15.85	16.99	18.31	18.25	17.53	16.80	205
1991	16.99	17.49	16.79	16.54	16.54	15.00	16.44	18.06	17.51	18.72	17.45	17.32	205
1992	15.81	15.81	17.08	17.52	17.25	15.19	14.57	13.55	16.64	16.55	15.99	15.97	192
1993	14.73	15.20	14.44	15.34	15.53	15.05	15.32	14.66	16.41	16.33	17.16	16.79	187
1994	15.54	14.78	15.30	15.03	15.47	14.65	15.83	16.58	16.63	18.18	17.80	16.99	193
1995	16.97	16.66	14.66	16.36	16.56	15.62	16.48	17.91	17.33	19.26	17.84	16.65	202
1996	16.32	15.37	16.22	15.73	15.63	15.08	14.99	15.95	17.65	18.72	16.96	16.40	195
1997	15.00	14.61	14.51	14.45	15.29	15.63	15.97	14.87	17.28	18.57	17.63	19.39	193
1998	18.52	18.56	18.14	18.47	17.77	15.95	16.75	17.97	18.94	18.54	18.39	18.61	217
1999	16.71	15.01	15.06	15.17	15.69	15.50	15.41	16.38	16.95	16.06	18.39	18.36	195
2000	15.75	14.85	15.58	16.29	16.27	15.06	14.67	16.32	18.18	16.27	19.80	16.33	195
2001	14.50	14.54	14.70	15.55	15.30	14.86	14.95	15.72	17.75	18.19	19.39	17.57	193
2002	17.27	15.48	15.64	15.40	15.63	15.45	13.36	15.45	17.01	17.10	18.25	17.13	193
2003	16.07	16.28	15.23	16.12	15.81	15.09	15.76	15.92	16.29	17.54	18.89	18.69	198
2004	14.97	15.52	16.55	16.56	16.25	14.20	14.66	14.52	16.07	18.06	19.02	18.67	195
2005	17.06	15.31	17.00	16.74	16.78	15.80	16.34	16.81	17.57	17.50	17.89	16.85	202
2006	14.78	16.54	16.22	15.69	16.24	15.61	15.57	16.98	17.80	18.25	18.08	18.20	200
2007	17.24	17.53	15.46	16.02	16.27	16.33	15.42	17.78	16.43	18.61	18.06	17.16	202
2008	14.75	15.91	15.86	17.23	SD	16.44	16.15	17.32	18.38	17.95	19.15	16.65	
2009	16.38	16.00	15.87	15.78	16.51	16.21	16.06	17.01	18.71	19.52	18.45	18.26	205
2010	17.10	17.01	17.41	18.10	17.81	17.67	17.34	18.37	19.35	19.20	20.59	17.93	218
2011	17.62	15.19	15.41	17.10	17.11	16.37	16.76	17.73	18.90	18.95	20.59	18.83	211
2012	16.73	15.95	15.48	16.25	16.60	15.91	16.46	17.30	18.31	19.54	19.61	17.43	206
2013	16.44	17.19	17.11	17.21	16.98	15.25	15.60	16.42	18.73	18.45	19.79	17.50	207
2014	15.87	16.71	17.28	17.31	17.11	17.52	16.46	16.65	17.09	18.21	19.50	18.59	208
2015	15.50	16.46	16.57	15.63	16.49	17.26	17.09	17.26	18.52	19.46	19.80	18.77	209
2016	19.17	17.96	19.23	17.60	18.09	17.42	17.05	18.15	19.43	18.24	19.89	18.37	221
2017	16.23	17.72	15.54	17.07	16.25	17.00	17.10	18.19	17.46	18.75	19.77	18.57	210

Prom.	16.31	16.17	16.13	16.43	16.49	15.76	15.87	16.67	17.70	18.18	18.63	17.67	202.00
Min.	14.50	14.54	14.44	14.45	15.29	14.20	13.36	13.55	16.07	16.06	15.99	15.97	186.95
Max	19.17	18.56	19.23	18.47	18.12	17.67	17.34	18.37	19.43	19.54	20.59	19.39	220.62

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Máxima media mensual histórica (°C)

Estación Meteorológica: Pampahuta, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	13.74	14.48	14.58	15.58	15.27	10.83	13.41	14.54	16.15	16.32	15.44	14.77	175
1991	14.41	14.96	13.73	13.91	14.70	12.08	13.66	15.79	15.47	16.68	16.17	15.45	177
1992	13.63	15.06	16.54	17.28	16.80	14.76	14.02	12.08	16.01	16.46	15.14	15.51	183
1993	13.26	14.31	12.46	14.07	15.10	14.35	14.34	13.46	16.26	15.75	15.36	15.29	174
1994	14.00	13.34	13.59	13.97	14.63	13.79	14.59	16.37	16.83	15.52	14.29	13.48	174
1995	13.28	13.22	11.88	12.93	13.06	12.15	13.50	15.17	14.82	16.68	14.41	12.83	164
1996	12.85	11.70	12.97	12.23	11.66	11.47	11.66	12.08	13.99	15.34	13.41	11.58	151
1997	10.95	10.95	11.29	11.19	11.62	12.19	12.65	10.77	13.35	14.90	14.19	15.28	149
1998	13.77	14.66	14.26	14.74	14.18	12.55	13.31	14.39	15.19	15.35	14.51	15.06	172
1999	12.68	11.14	11.27	11.61	12.24	11.91	11.70	13.11	13.45	11.82	14.55	13.87	149
2000	11.35	10.88	11.64	12.63	13.16	10.86	10.69	12.70	14.45	11.85	15.14	12.12	147
2001	10.37	10.86	10.87	11.26	11.50	10.96	11.23	11.53	13.90	14.52	15.33	13.61	146
2002	12.94	10.60	11.49	10.37	11.33	11.59	8.59	11.34	12.78	12.17	12.98	12.76	139
2003	12.30	11.84	10.86	11.53	11.87	11.19	11.47	12.22	12.09	14.31	15.54	14.64	150
2004	10.69	11.90	12.83	11.68	12.03	10.29	10.33	10.85	12.33	14.79	15.07	13.67	146
2005	12.87	11.06	12.23	12.02	12.32	11.52	12.15	12.39	12.52	13.55	12.65	12.21	147
2006	10.21	11.76	11.19	10.55	11.34	11.23	11.30	12.55	13.24	13.35	13.07	13.20	143
2007	12.43	12.08	10.97	11.93	12.32	12.44	10.78	13.83	12.28	14.60	14.40	13.36	151
2008	11.15	11.99	11.90	13.79	12.60	12.07	11.95	13.16	14.69	14.57	15.52	13.03	156
2009	12.72	11.91	12.03	12.47	12.97	12.42	12.00	13.24	14.62	15.58	14.61	13.17	158
2010	12.32	13.01	13.34	13.69	13.25	13.47	13.11	14.54	15.33	14.91	16.31	13.23	167
2011	13.54	11.21	11.90	12.07	12.91	12.56	11.75	13.43	13.47	15.10	15.25	12.63	156
2012	11.63	10.81	11.41	11.25	12.05	11.57	12.17	13.00	14.03	15.10	14.51	12.14	150
2013	12.27	12.56	13.70	14.63	13.98	11.67	12.30	13.39	15.44	15.67	16.01	13.35	165
2014	12.79	13.84	12.89	13.15	13.83	14.42	12.29	12.88	13.84	13.55	15.01	15.05	164
2015	11.75	12.93	12.84	11.73	12.94	14.03	12.97	13.50	14.39	14.72	16.12	14.77	163
2016	15.50	13.73	15.36	13.35	13.94	13.47	13.46	14.26	15.29	15.19	15.97	15.40	175
2017	12.74	14.16	12.52	13.15	12.68	13.67	14.05	15.12	14.66	15.57	16.61	14.89	170

Prom.	12.58	12.53	12.59	12.81	13.08	12.34	12.34	13.27	14.32	14.78	14.91	13.80	159.36
Min.	10.21	10.60	10.86	10.37	11.33	10.29	8.59	10.77	12.09	11.82	12.65	11.58	138.93
Max	15.50	15.06	16.54	17.28	16.80	14.76	14.59	16.37	16.83	16.68	16.61	15.51	183.30

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Máxima media mensual histórica (°C)

Estación Meteorológica: Pucara, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1991	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1992	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	14.55	SD	SD	15
1994	15.56	14.80	15.01	14.53	15.45	14.91	15.80	16.83	SD	17.53	17.01	16.49	174
1995	16.57	16.46	15.44	17.10	17.44	16.14	17.17	18.45	17.90	19.36	18.32	16.78	207
1996	15.63	15.77	16.37	16.27	16.62	15.67	15.70	16.86	17.36	18.30	17.49	17.17	199
1997	15.25	14.45	14.74	15.09	15.92	16.25	16.73	15.85	18.23	18.76	17.74	18.90	198
1998	18.23	18.71	18.27	18.59	18.34	16.67	17.32	18.59	19.38	18.79	18.27	18.61	220
1999	17.38	15.01	14.81	15.53	16.00	15.84	15.73	16.92	17.39	16.76	18.51	18.50	198
2000	15.63	14.59	15.25	16.87	17.52	15.76	15.40	SD	SD	SD	SD	SD	111
2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
2002	SD	14.86	15.35	15.45	15.87	15.88	13.96	16.68	17.30	16.88	17.68	16.76	177
2003	16.06	16.29	15.38	16.30	16.39	15.59	16.37	16.19	17.11	18.81	19.15	18.45	202
2004	16.05	17.70	18.77	19.03	18.08	16.23	16.62	16.70	18.37	20.37	19.79	18.54	216
2005	17.37	16.12	17.55	17.79	17.52	16.44	16.49	17.06	17.83	17.79	17.94	17.39	207
2006	15.01	17.15	17.15	16.49	16.58	15.94	16.01	17.39	18.20	18.60	17.83	18.08	204
2007	17.68	17.26	15.68	16.41	16.47	16.83	15.69	18.17	17.27	18.56	18.35	17.59	206
2008	15.23	16.57	16.19	17.85	16.59	16.53	16.23	17.74	18.95	18.34	19.83	16.34	206
2009	16.38	16.23	16.28	16.85	16.69	16.21	15.94	17.53	18.91	19.55	18.85	17.96	207
2010	16.55	17.16	17.77	18.27	17.54	17.99	17.37	18.37	19.55	19.59	20.11	17.62	218
2011	17.40	14.96	15.70	16.77	16.82	16.23	15.82	17.62	17.50	18.43	19.65	16.97	204
2012	15.59	14.61	15.65	15.71	16.37	16.05	16.25	17.55	18.33	19.89	19.74	16.88	203
2013	15.98	15.71	16.81	17.11	16.83	15.40	16.04	16.94	18.59	18.61	19.87	16.49	204
2014	16.00	16.74	17.45	17.47	17.24	17.98	16.18	16.53	17.21	18.17	19.47	18.18	209
2015	15.45	16.21	16.95	15.75	16.46	17.29	16.62	17.25	18.87	19.19	19.78	18.32	208
2016	18.57	17.83	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	19.01	
2017	17.15	18.36	16.28	17.01	16.36	16.83	17.35	18.48	17.76	18.97	19.65	17.80	212

Prom.	16.40	16.24	16.31	16.74	16.78	16.30	16.22	17.32	18.10	18.45	18.81	17.68	163.18
Min.	15.01	14.45	14.74	14.53	15.45	14.91	13.96	15.85	17.11	14.55	17.01	16.34	0.00
Max	18.57	18.71	18.77	19.03	18.34	17.99	17.37	18.59	19.55	20.37	20.11	19.01	219.78

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Máxima media mensual histórica (°C)

Estación Meteorológica: Cabanillas, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	14.85	16.41	16.27	16.42	16.78	14.60	15.27	15.87	16.32	15.32	15.07	14.19	187
1991	15.14	14.51	15.11	14.63	16.19	15.38	15.77	16.40	15.90	16.89	17.69	16.39	190
1992	14.52	15.58	16.19	17.12	16.85	15.98	15.61	14.60	16.98	16.37	16.07	17.03	193
1993	15.05	15.66	15.26	15.50	15.05	15.10	15.34	14.74	16.55	16.03	16.42	16.13	187
1994	14.53	14.11	14.16	14.10	14.74	13.85	14.11	14.97	15.82	17.73	17.38	15.81	181
1995	16.29	16.61	14.97	16.38	16.52	15.55	16.40	17.81	17.17	19.26	18.55	16.60	202
1996	16.66	15.28	16.73	16.05	16.02	15.35	15.24	16.03	17.63	18.92	16.55	15.81	196
1997	15.10	14.52	14.63	14.43	15.39	15.77	15.95	14.39	16.62	17.87	17.58	18.82	191
1998	17.95	18.32	18.21	18.38	17.97	16.35	16.77	18.15	19.07	18.48	18.45	18.90	217
1999	16.60	14.71	15.02	14.82	15.98	15.48	14.94	15.90	16.45	15.73	18.18	17.77	192
2000	15.06	14.66	15.53	15.92	15.89	14.77	14.37	15.32	17.23	15.45	18.12	15.66	188
2001	13.61	13.88	13.95	14.83	15.00	14.25	14.37	14.71	16.77	16.85	18.45	17.26	184
2002	17.02	15.09	15.31	15.05	14.98	15.05	13.39	15.06	16.23	16.15	17.18	16.69	187
2003	16.10	16.02	15.08	15.85	15.77	14.83	16.02	15.69	16.20	17.97	18.97	18.42	197
2004	15.24	15.83	16.82	16.43	16.77	14.92	14.97	15.00	16.83	18.82	19.80	18.65	200
2005	17.50	15.61	16.92	17.10	17.29	16.13	16.94	17.21	17.69	17.84	17.72	17.22	205
2006	15.00	16.62	16.29	15.80	16.43	15.69	15.25	16.60	17.66	18.14	17.98	18.22	200
2007	17.33	16.90	15.62	16.04	16.58	16.55	15.92	18.20	15.34	18.07	18.16	17.38	202
2008	15.19	16.12	16.05	17.24	16.45	16.42	16.05	17.53	18.43	17.95	18.75	16.68	203
2009	16.41	16.06	16.16	16.43	16.70	16.58	16.35	17.28	18.64	19.71	19.05	18.52	208
2010	17.26	17.27	17.46	18.21	17.47	17.81	17.99	18.31	19.22	19.28	20.37	17.60	218
2011	17.50	15.21	15.67	16.79	16.78	16.95	16.01	17.49	17.23	18.90	19.01	16.82	204
2012	16.00	15.10	14.95	15.59	16.31	16.14	16.54	17.11	18.21	19.44	19.47	16.66	202
2013	15.74	16.11	17.16	17.51	16.93	15.43	15.84	16.86	18.61	18.85	25.75	17.04	212
2014	16.42	17.01	17.41	17.25	17.59	18.29	16.37	16.21	16.63	17.34	19.05	18.71	208
2015	15.45	16.09	16.16	15.02	16.92	17.38	16.99	17.51	18.58	18.73	19.84	18.85	208
2016	19.41	17.77	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	19.48	
2017	16.35	17.81	16.04	16.79	16.93	17.46	17.26	18.67	17.38	18.81	19.75	18.29	212

Prom.	16.05	15.89	15.89	16.14	16.38	15.85	15.78	16.43	17.24	17.81	18.49	17.34	199.02
Min.	13.61	13.88	13.95	14.10	14.74	13.85	13.39	14.39	15.34	15.32	15.07	14.19	181.31
Max	19.41	18.32	18.21	18.38	17.97	18.29	17.99	18.67	19.22	19.71	25.75	19.48	218.24

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Mínima media mensual histórica (°C)

Estación Meteorológica: Juliaca, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1991	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1992	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1994	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1998	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1999	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
2000	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	-3.93	-2.89	0.85	1.43	
2002	2.94	4.80	3.40	2.01	-2.11	-4.72	-8.25	-6.10	-5.05	0.52	1.76	3.12	-8
2003	4.04	4.12	3.92	-1.04	-3.44	-9.01	-8.98	-8.82	-6.91	-4.57	-3.25	1.21	-33
2004	4.64	4.12	2.75	0.20	-7.40	-9.17	-9.88	-5.15	-2.17	-0.98	-0.31	1.98	-21
2005	3.45	4.00	2.39	1.07	-6.35	-10.81	-8.56	-9.07	-3.03	0.51	1.72	3.14	-22
2006	4.33	4.14	4.70	1.90	-5.06	-6.36	-8.29	-4.04	-3.16	1.43	3.68	3.95	-3
2007	4.56	4.55	4.18	2.90	-1.18	-4.93	-5.18	-4.78	0.53	0.12	0.84	3.49	5
2008	4.87	4.19	2.45	-1.86	-6.28	-7.04	-8.27	-6.71	-4.12	1.86	2.81	4.96	-13
2009	4.08	4.27	3.56	0.61	-3.81	-9.15	-6.06	-7.32	-2.36	0.91	4.56	4.63	-6
2010	5.70	5.92	3.68	1.10	-3.21	-4.98	-8.08	-5.82	-2.92	0.53	-0.26	3.30	-5
2011	4.46	5.40	4.41	1.08	-2.77	-6.34	-5.83	-4.19	-0.55	-0.10	2.63	4.16	2
2012	4.60	4.99	4.17	3.43	-3.37	-5.45	-6.78	-5.78	-2.27	0.65	2.51	5.02	2
2013	4.67	5.55	3.66	-1.72	-2.29	-6.86	-6.99	-4.74	-3.83	0.76	1.86	4.19	-6
2014	3.84	4.02	2.64	0.99	-4.20	-6.34	-5.79	-3.73	1.21	2.01	2.08	3.69	0
2015	4.81	4.39	4.28	3.98	-1.24	-5.15	-6.97	-4.90	-0.45	0.44	2.53	3.26	5
2016	4.19	SD	2.64	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	7
2017	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.82	0.37	2.19	3.17	

Prom.	4.34	4.60	3.52	1.05	-3.77	-6.88	-7.42	-5.80	-2.39	0.10	1.64	3.42	-3.64
Min.	2.94	4.00	2.39	-1.86	-7.40	-10.81	-9.88	-9.07	-6.91	-4.57	-3.25	1.21	-32.74
Max	5.70	5.92	4.70	3.98	-1.18	-4.72	-5.18	-3.73	1.21	2.01	4.56	5.02	6.83

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Mínima media mensual histórica (°C)

Estación Meteorológica: Lampa, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	3.91	3.04	2.33	-0.11	-3.48	-3.55	-6.23	-3.61	-2.93	1.67	4.01	3.63	-1
1991	3.98	3.43	4.37	1.70	-3.25	-5.94	-5.76	-5.03	-0.89	-0.09	1.04	1.64	-5
1992	3.95	3.20	1.55	-0.96	-4.46	-3.90	-5.68	-4.06	-3.01	0.15	0.75	3.58	-9
1993	4.35	2.06	4.21	2.27	-2.33	-6.30	-5.28	-3.88	-1.62	1.62	3.41	5.01	4
1994	4.80	4.90	3.95	3.53	-2.54	-6.48	-6.25	-4.93	-1.27	-1.28	2.79	4.14	1
1995	4.77	3.56	4.28	0.28	-4.14	-6.56	-5.68	-4.26	-1.43	-0.57	1.35	2.06	-6
1996	3.78	4.89	3.54	2.13	-1.83	-6.04	-6.59	-2.99	-2.64	-0.66	1.95	3.99	0
1997	5.05	4.40	3.65	0.41	-3.17	-7.51	-6.45	-3.18	-0.86	0.08	2.55	4.01	-1
1998	6.45	6.52	5.23	1.53	-4.91	-4.09	-5.83	-4.60	-3.74	0.11	1.24	2.66	1
1999	4.30	5.63	5.32	3.19	-1.30	-5.61	-4.56	-3.31	-1.65	2.06	-0.51	2.30	6
2000	4.79	4.85	4.16	0.82	-2.06	-4.72	-6.06	-3.23	-2.45	1.41	-0.63	2.77	0
2001	5.21	5.48	4.66	1.96	-1.72	-4.09	-5.23	-4.05	-0.52	1.06	1.95	2.86	8
2002	3.65	5.79	4.74	3.09	-0.47	-3.23	-3.70	-3.34	-0.49	2.87	3.03	4.16	16
2003	4.95	5.36	4.52	1.25	-2.28	-6.53	-5.81	-5.00	-2.76	-1.68	-0.63	2.90	-6
2004	4.63	3.61	2.85	1.38	-5.36	-6.13	-5.92	-3.11	-1.84	-0.39	0.87	3.97	-5
2005	4.59	5.16	4.53	2.92	-4.05	-8.50	-5.59	-6.92	-1.88	1.74	1.74	3.34	-3
2006	4.57	4.63	5.12	2.65	-4.79	-4.94	-7.41	-4.03	-3.58	0.68	3.63	3.23	0
2007	4.48	4.61	4.43	3.25	-0.76	-3.91	-4.85	-3.78	1.24	0.57	0.41	2.35	8
2008	5.08	3.57	2.66	-1.55	SD	-5.83	-7.72	-6.58	-4.47	0.76	-1.54	2.65	
2009	2.85	3.14	2.22	0.63	-2.77	-7.99	-5.19	-6.66	-2.51	-0.69	2.69	2.68	-12
2010	4.60	4.80	4.03	1.42	-2.03	-4.64	-7.95	-5.99	-3.38	-0.43	-1.53	3.28	-8
2011	4.08	4.95	4.48	1.11	-2.94	-6.40	-5.97	-3.91	0.25	4.11	1.47	1.39	3
2012	3.29	3.66	3.48	2.69	-4.39	-6.23	-6.85	-6.31	-1.67	0.17	1.74	4.24	-6
2013	3.70	3.26	3.27	-1.27	-2.11	-5.07	-3.92	-5.29	-4.20	-0.46	1.01	3.83	-7
2014	3.63	3.80	3.02	1.43	-3.86	-5.83	-5.89	-3.84	0.10	0.58	0.94	2.65	-3
2015	3.33	4.13	3.65	3.03	-1.70	-4.65	-6.77	-5.01	-2.14	-1.20	1.63	2.12	-4
2016	2.65	5.56	2.12	0.93	-5.34	-7.08	-5.88	-6.10	-4.43	-0.07	-2.02	3.48	-16
2017	3.97	3.18	3.50	1.33	-1.19	-5.41	-7.14	-6.74	-1.33	-1.03	0.64	2.35	-8

Prom.	4.26	4.33	3.78	1.46	-2.93	-5.61	-5.93	-4.63	-2.00	0.40	1.21	3.12	-2.06
Min.	2.65	2.06	1.55	-1.55	-5.36	-8.50	-7.95	-6.92	-4.47	-1.68	-2.02	1.39	-16.19
Max	6.45	6.52	5.32	3.53	-0.47	-3.23	-3.70	-2.99	1.24	4.11	4.01	5.01	16.12

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Mínima media mensual histórica (°C)

Estación Meteorológica: Pampahuta, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	-0.73	-2.56	-2.87	-4.42	-8.76	-6.95	-12.43	-10.38	-10.33	-3.27	-1.29	-0.87	-65
1991	-0.75	-0.63	-0.25	-2.74	-8.41	-10.58	-13.16	-12.53	-7.56	-7.37	-5.35	-4.31	-74
1992	-1.37	-2.18	-3.60	-7.65	-10.85	-11.06	-12.95	-10.83	-10.04	-6.58	-5.58	-2.83	-86
1993	-0.47	-2.79	-0.97	-2.13	-6.69	-12.13	-12.64	-9.76	-8.91	-3.26	-0.79	0.72	-60
1994	1.03	0.93	-0.55	-0.73	-5.92	-11.11	-12.05	-11.34	-7.55	-8.31	-2.52	-0.44	-59
1995	-0.14	-0.89	0.23	-2.92	-7.32	-10.31	-10.50	-9.63	-7.49	-6.50	-3.82	-2.39	-62
1996	-0.45	0.88	-0.79	-1.20	-4.92	-9.71	-11.81	-7.86	-7.44	-6.11	-3.43	-0.65	-53
1997	0.57	0.44	-0.49	-3.07	-6.36	-11.09	-10.30	-6.97	-4.99	-5.13	-2.17	-1.47	-51
1998	1.55	1.21	-0.39	-3.72	-9.96	-9.01	-11.78	-11.47	-10.91	-6.72	-5.03	-1.89	-68
1999	-1.77	0.40	0.90	-1.07	-5.68	-10.54	-10.37	-9.93	-9.37	-3.65	-6.63	-2.91	-61
2000	0.46	-0.14	-0.85	-4.15	-6.81	-11.23	-12.66	-10.22	-10.40	-5.03	-7.61	-2.36	-71
2001	0.42	0.53	0.09	-2.58	-5.86	-8.69	-11.08	-10.32	-7.44	-6.06	-4.65	-3.38	-59
2002	-1.65	0.17	-0.16	-1.81	-4.52	-7.33	-7.04	-8.17	-6.79	-3.30	-3.05	-1.32	-45
2003	0.31	0.09	-0.46	-3.17	-7.46	-12.31	-11.42	-11.82	-10.28	-8.77	-7.86	-3.86	-77
2004	-0.26	-0.93	-1.50	-3.56	-10.18	-11.93	-10.71	-8.58	-8.14	-8.01	-5.99	-2.29	-72
2005	-1.14	-0.14	-1.04	-3.06	-9.85	-13.78	-11.76	-13.45	-8.92	-6.60	-4.85	-1.63	-76
2006	-0.52	-0.99	-0.14	-3.28	-9.53	-10.75	-12.59	-9.27	-9.63	-5.50	-1.93	-1.88	-66
2007	-0.39	-0.01	0.17	-1.22	-4.56	-7.89	-9.19	-9.18	-5.26	-5.83	-5.01	-1.69	-50
2008	0.53	-0.46	-1.99	-4.95	-9.60	-10.15	-11.77	-11.77	-10.41	-4.45	-3.63	-0.89	-70
2009	-0.01	0.34	-0.97	-2.21	-5.69	-10.29	-8.77	-10.82	-6.57	-5.50	-1.08	-0.63	-52
2010	1.56	1.72	0.65	-1.04	-4.77	-7.14	-11.05	-9.72	-8.53	-5.17	-5.87	-0.06	-49
2011	0.64	1.14	1.04	-1.14	-4.15	-7.25	-7.85	-8.05	-5.55	-5.63	-3.03	-0.54	-40
2012	-0.02	0.83	-0.35	-0.61	-5.60	-8.35	-9.42	-9.77	-7.07	-4.23	-1.74	1.15	-45
2013	1.15	1.63	0.24	-4.42	-4.54	-7.13	-7.28	-8.66	-9.28	-5.11	-3.31	0.25	-46
2014	0.45	-0.26	-0.49	-1.01	-5.69	-8.84	-9.24	-7.70	-4.17	-2.21	-3.46	-0.77	-43
2015	-0.19	0.48	1.23	0.38	-4.54	-7.87	-8.54	-7.78	-6.37	-5.51	-2.52	-1.53	-43
2016	-0.83	1.96	-0.97	-1.57	-6.81	-9.50	-8.90	-9.15	-8.18	-5.01	-6.49	-1.74	-57
2017	1.04	-0.25	0.62	-1.38	-3.43	-7.28	-10.10	-10.54	-5.81	-5.36	-3.29	-1.56	-47

Prom.	-0.03	0.02	-0.49	-2.52	-6.73	-9.65	-10.62	-9.84	-7.98	-5.51	-4.00	-1.49	-58.84
Min.	-1.77	-2.79	-3.60	-7.65	-10.85	-13.78	-13.16	-13.45	-10.91	-8.77	-7.86	-4.31	-85.52
Max	1.56	1.96	1.23	0.38	-3.43	-6.95	-7.04	-6.97	-4.17	-2.21	-0.79	1.15	-40.37

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Mínima media mensual histórica (°C)
Estación Meteorológica: Pucara, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1991	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1992	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	2.66	SD	SD	
1994	4.90	4.91	1.99	1.56	-3.13	-8.57	-8.24	-7.06	SD	-0.69	2.42	3.32	
1995	3.79	2.53	3.84	-1.61	-6.77	-9.17	-9.00	-7.54	-2.83	-1.35	1.95	1.93	-24
1996	3.60	3.70	2.18	-0.37	-4.59	-9.75	-9.95	-5.16	-4.67	-0.78	0.88	2.78	-22
1997	4.17	3.76	3.35	-1.13	-5.12	-10.60	-9.28	-4.43	-1.97	0.06	2.49	3.21	-15
1998	5.45	5.36	3.86	0.42	-7.75	-6.29	-8.87	-5.64	-4.25	0.30	0.69	1.46	-15
1999	3.36	4.02	3.79	1.37	-4.16	-9.26	-7.87	-5.99	-2.96	0.68	-1.25	2.37	-16
2000	4.52	4.25	2.79	-1.62	-4.93	-8.02	-9.05	SD	SD	SD	SD	SD	
2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	
2002	SD	5.76	4.17	2.29	-2.60	-6.00	-7.38	-5.40	-3.00	-0.79	-1.10	-0.29	-14
2003	0.38	0.74	0.42	-1.15	-4.20	-9.98	-9.06	-8.32	-3.98	-3.00	-1.03	0.63	-39
2004	3.67	5.71	5.97	4.45	-3.54	-5.09	-4.72	-1.71	1.41	3.25	3.30	4.25	17
2005	4.65	5.11	3.81	2.19	-4.46	-8.87	-6.30	-6.52	-1.29	2.89	2.85	4.14	-2
2006	4.55	4.35	4.43	2.04	-5.59	-5.51	-8.41	-2.75	-1.61	1.66	3.75	4.14	1
2007	4.80	5.06	4.63	3.28	-0.76	-5.38	-4.66	-4.42	1.97	1.03	1.24	3.32	10
2008	5.29	3.54	2.52	-0.71	-5.76	-6.53	-8.03	-5.87	-2.71	2.46	2.91	4.39	-8
2009	4.38	4.38	3.09	0.53	-3.29	-8.59	-5.84	-7.17	0.19	0.63	4.59	4.75	-2
2010	5.59	5.80	4.35	1.15	-2.28	-4.84	-7.95	-5.59	-2.23	1.86	1.07	4.26	1
2011	4.28	5.41	4.63	1.16	-2.67	-6.34	-5.63	-4.35	0.32	1.25	2.37	3.91	4
2012	4.78	4.54	3.33	2.91	-3.92	-5.84	-7.14	-6.35	-1.53	1.63	2.92	5.77	1
2013	5.25	5.32	4.18	0.15	-1.61	-4.49	-4.52	-4.31	-3.24	1.43	2.42	4.50	5
2014	4.52	3.98	2.84	2.05	-2.97	-5.92	-5.38	-3.13	1.85	1.47	1.91	3.88	5
2015	4.45	4.22	4.21	3.43	-0.94	-5.00	-6.82	-4.73	-0.37	0.82	3.59	3.97	7
2016	4.09	6.34	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	3.77	
2017	4.72	4.06	4.57	2.55	0.39	-4.52	-5.88	-5.10	1.49	0.17	2.81	4.03	9

Prom.	4.33	4.47	3.59	1.13	-3.67	-7.03	-7.27	-5.31	-1.47	0.80	1.94	3.39	-4.24
Min.	0.38	0.74	0.42	-1.62	-7.75	-10.60	-9.95	-8.32	-4.67	-3.00	-1.25	-0.29	-38.55
Max	5.59	6.34	5.97	4.45	0.39	-4.49	-4.52	-1.71	1.97	3.25	4.59	5.77	16.95

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Temperatura Mínima media mensual histórica (°C)
Estación Meteorológica: Cabanillas, periodo 1990 – 2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	4.19	2.73	2.91	2.33	-0.69	-2.80	-4.06	0.15	0.25	2.21	3.47	3.70	14
1991	3.13	3.95	3.65	3.13	-0.63	-4.27	-1.95	-0.65	0.72	1.17	2.17	2.95	13
1992	3.83	4.00	2.94	1.57	-0.81	-0.34	-2.99	-1.06	1.13	1.97	2.91	3.88	17
1993	4.22	3.79	4.32	3.61	1.22	-2.71	-0.97	-0.83	2.10	3.99	5.00	5.61	29
1994	4.68	4.97	3.94	4.08	1.30	-1.67	-1.69	-1.18	1.32	2.03	4.49	4.63	27
1995	4.87	4.75	4.50	2.41	-0.40	-1.55	SD	-0.18	1.97	3.11	4.10	3.79	
1996	4.83	5.17	4.65	3.69	1.65	-1.48	-2.75	0.92	1.31	3.34	3.78	4.57	30
1997	4.48	4.65	3.84	2.47	0.53	-0.70	-1.69	0.41	2.63	3.75	5.01	6.29	32
1998	6.59	6.98	6.34	4.03	0.08	-0.26	-1.90	0.72	1.54	4.17	4.40	5.14	38
1999	5.05	5.46	5.36	3.75	1.66	-1.27	-0.37	0.75	1.45	3.26	3.53	5.31	34
2000	5.29	4.97	5.16	3.22	1.64	-0.02	-1.60	1.08	2.18	3.68	3.95	4.75	34
2001	5.31	5.71	5.35	4.01	2.26	0.79	-0.48	0.00	3.37	4.06	5.25	4.66	40
2002	5.24	5.89	5.68	4.87	2.68	1.00	-0.43	0.62	2.81	4.30	4.74	5.63	43
2003	5.77	6.06	5.33	3.71	2.08	-1.73	-1.53	-0.08	1.31	3.14	3.93	5.43	33
2004	5.54	5.53	5.46	4.33	0.84	-0.95	-1.19	0.13	2.80	4.10	4.53	5.72	37
2005	5.66	5.19	5.26	4.30	0.29	-2.13	-0.86	-1.46	1.51	3.08	2.95	3.88	28
2006	4.28	4.76	4.70	2.75	-1.53	-1.93	-4.08	0.31	1.74	3.43	4.55	4.30	23
2007	4.69	4.51	4.19	3.30	2.48	0.01	-1.25	1.49	2.67	3.17	3.17	3.78	32
2008	4.36	4.03	2.99	2.43	-0.89	-1.17	-2.37	-1.19	0.51	3.38	4.54	4.39	21
2009	4.22	4.11	3.59	1.90	1.20	-2.05	-0.05	-1.34	2.01	3.05	4.64	5.25	27
2010	6.07	6.15	5.28	3.71	0.89	0.02	-1.67	-0.41	1.11	3.35	3.66	5.20	33
2011	5.05	4.89	4.21	2.91	-0.06	-0.78	-1.63	0.03	2.09	3.19	4.88	4.70	29
2012	4.98	5.00	4.50	4.17	-0.12	-2.75	-2.57	-1.35	1.25	4.21	5.03	5.51	28
2013	4.77	5.58	4.95	1.93	2.05	-1.25	-0.81	-0.35	1.49	3.48	4.70	4.75	31
2014	4.28	4.39	3.95	2.85	1.33	0.05	-1.16	-1.18	2.99	2.86	3.72	4.92	29
2015	4.54	4.79	4.40	3.08	0.70	-1.92	-3.71	-0.54	2.93	3.11	5.14	4.94	27
2016	5.57	5.71	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	4.88	
2017	4.80	4.46	3.93	2.86	2.79	-0.79	-1.45	0.43	1.75	2.62	3.35	3.09	28

Prom.	4.87	4.93	4.50	3.24	0.84	-1.21	-1.74	-0.18	1.81	3.23	4.13	4.70	29.19
Min.	3.13	2.73	2.91	1.57	-1.53	-4.27	-4.08	-1.46	0.25	1.17	2.17	2.95	13.37
Max	6.59	6.98	6.34	4.87	2.79	1.00	-0.05	1.49	3.37	4.30	5.25	6.29	43.03

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>

ANEXO 2. Información hidrométrica

Caudales medios mensuales (m³/s)

Estación Hidrométrica: Lampa, periodo 1990-2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990													
1991													
1992													
1993													
1994							0.36	0.21	0.16	0.15	1.43	5.50	
1995	10.57	14.74	34.91	7.23	2.23	0.65	0.21	0.12	0.19	0.13	0.12	2.16	73.25
1996	14.36	35.32	13.85	12.86	2.77	0.92	0.32	0.25	0.11	0.08	0.43	20.35	101.61
1997	36.55										1.08	2.39	
1998													
1999													
2000													
2001													
2002									0.17	1.11	2.48	12.78	
2003	27.43	47.36	42.57	16.66	1.82	0.51		0.27	0.17	0.15	0.10	3.24	
2004	44.77	67.77	9.58	7.99	1.17	0.42	0.26	0.16	0.14	0.09	0.05	1.46	133.85
2005	8.75	61.32	13.78	17.07	1.22	0.42	0.21	0.16	0.15	0.24	1.87	7.15	112.33
2006	41.78	30.47	38.79	24.70	2.06	0.54	0.25	0.15	0.11	0.15	2.60	7.53	149.12
2007	21.77	8.57	50.22	15.33	5.97	0.69	0.31	0.19	0.14	0.12	1.98	4.77	110.08
2008	46.93	34.62	29.39				0.16	0.13	0.11		0.14	16.49	
2009	18.01	25.70		14.98	2.12	0.47						11.90	
2010	48.74	69.57	39.65	10.51	1.05	0.39	0.26	0.12	0.07	0.06		15.66	
2011	15.15	151.75	65.29	27.50	3.15	0.92	0.65	0.41	0.25	0.22	0.49	20.47	286.26
2012	70.64	98.05	76.42	35.74	6.37	1.19	0.48	0.38		0.21	0.64	28.32	
2013	33.35	70.17	47.86	5.31	1.11	0.61	0.48	0.43	0.33	0.35	0.82	19.63	180.44
2014	32.31	37.11	20.86	16.61	2.35	0.63	0.53	0.43	0.43	2.11	0.67	5.39	119.42
2015	35.03	50.89	20.96	39.53	11.75	1.26	0.41	0.24	0.34	0.27	1.84	4.89	167.41
2016	4.16	46.77	25.99	13.63	1.39	0.29	0.21	0.12	0.07	0.09	0.10	0.13	92.95
2017	15.67				2.97	0.86	0.35	0.13	0.22	0.60	0.32	10.40	

MEDIA	29.22	53.14	35.34	17.71	3.09	0.67	0.34	0.23	0.18	0.36	0.95	10.03	138.79
DESV. EST.	17.33	34.93	19.23	10.04	2.80	0.28	0.14	0.11	0.10	0.52	0.86	7.87	58.40
MAXIMA	70.64	151.75	76.42	39.53	11.75	1.26	0.65	0.43	0.43	2.11	2.60	28.32	286.26
MINIM	4.16	8.57	9.58	5.31	1.05	0.29	0.16	0.12	0.07	0.06	0.05	0.13	73.25

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Caudales medios mensuales (m³/s)

Estación Hidrométrica: Río Verde, periodo 1990-2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	17.02	11.47	8.28	3.97	1.38	2.37	1.34	0.87	0.69	3.62	15.62	8.00	74.63
1991	26.00	19.50	25.58	6.51	2.48	1.94	1.10	0.82	0.81	0.87	1.42	3.31	90.34
1992	14.87	6.02	5.62	1.30	0.93	0.93	0.89	1.08	1.03	1.07	2.22	3.57	39.53
1993	40.27	10.92	31.74	7.05	3.99	1.05	0.80	0.89	0.90	2.85	7.60	33.44	141.50
1994	35.62	49.31	21.16	16.93	7.05	1.24	0.98	0.83	0.79	0.71	2.06	9.31	145.99
1995	12.42	14.17	29.79	7.96	2.05	1.11	0.84	0.72	0.66	0.62	1.07	5.15	76.56
1996	20.38	29.63	15.11	15.76	2.42	1.03	0.97	1.02	0.96	0.79	1.86	26.32	116.25
1997	47.89	55.22	21.31	10.28	2.88	1.47	1.30	1.41					
1998													
1999													
2000													
2001													
2002													
2003													
2004	34.39			7.52	1.87	1.18	1.05	1.09	1.14	0.87	1.08	3.52	
2005	9.78	56.71	17.69	10.26	2.13	1.07	0.87	0.84	0.93	0.84	2.46	8.31	111.89
2006	29.70	33.44	29.54	21.04	3.33	1.71	1.30	1.27	0.97	1.35	3.24	7.34	134.23
2007	26.27	15.49	49.98	16.60	4.80	1.67	1.33	0.93	0.91	1.02	3.11	5.88	127.99
2008		22.72	22.52	3.10	1.77	1.35	1.11	0.93	0.90	1.06	1.08	12.28	
2009	10.96	22.56	23.59	9.11	2.79					1.85	6.90	17.38	
2010	32.83	41.59	32.26	14.67	5.46	4.56	2.74	2.26	1.88	1.88	2.80		
2011		33.36	31.34	20.89	3.23	1.85	1.56	1.45	1.40	1.32	1.33	9.30	
2012	27.83	42.59	32.57	17.83	5.27	2.39	1.82	1.63		2.55	3.88	26.30	
2013	27.81	31.28	17.45	10.43	10.09	8.27	5.66	6.55	8.84	8.63	8.52	22.24	165.77
2014	33.05	19.42	16.53	15.09	10.19	7.37	7.42	7.35					
2015	21.85	29.55	17.55	21.33	9.90	4.27	2.46	5.61	6.00	6.22	7.72	11.02	143.48
2016	8.59	32.98	14.34	11.94	4.89	2.84	2.49	3.64	4.45	5.25	4.58	8.03	104.02
2017					12.99	11.42	1.84	1.64	1.77	2.20	2.50	6.77	

MEDIA	25.13	28.90	23.20	11.88	4.63	2.91	1.90	2.04	1.95	2.28	4.05	11.97	113.24
DESV. EST.	11.00	14.69	10.10	6.02	3.37	2.82	1.67	2.00	2.22	2.14	3.62	8.87	35.46
MAXIMA	47.89	56.71	49.98	21.33	12.99	11.42	7.42	7.35	8.84	8.63	15.62	33.44	165.77
MINIM	8.59	6.02	5.62	1.30	0.93	0.93	0.80	0.72	0.66	0.62	1.07	3.31	39.53

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Caudales medios mensuales (m3/s)

Estación Hidrométrica: Puente Ramis, periodo 1990-2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	91.70	69.70	86.20	41.50	15.40	20.50		10.50	18.50	14.90	72.30	49.20	
1991	111.60	88.60	85.50	80.20	34.50	16.50	12.60	12.20	10.50	7.90	9.10	23.90	493.10
1992	153.00	126.70	110.50	37.40	10.80	4.70	7.80	8.10	8.10	7.00	9.10	32.80	516.00
1993	130.80	143.40	158.80	109.60	53.20	15.90	10.80	9.50	5.60	12.50	68.80	121.10	840.00
1994	214.40	273.20	167.50	161.70	72.00	25.30	16.80	11.30	9.60	9.00	16.50	52.70	1030.00
1995	113.10	81.30	216.00	100.00	32.00	15.50	10.60	9.50	8.40	7.70	13.90	23.00	631.00
1996	78.70	187.40	114.50	98.30	31.20	14.20	11.10	8.30	8.00	7.30	14.00	47.20	620.20
1997	169.90	310.40	282.30	146.70	44.70	22.50	15.20	13.10	12.80	14.20	37.70	46.90	1116.40
1998	84.90	168.70	145.80	90.30	22.30	12.10	10.90	9.40	8.10	10.80	21.00	33.60	617.90
1999													
2000													
2001													
2002													
2003													
2004								12.30	9.20				
2005			138.90										
2006									7.60	9.00	24.20	63.00	
2007	161.50	107.10	287.30	180.70	75.00	28.90	18.00	13.00	10.90	9.30	10.60	21.20	923.50
2008									12.20	13.20	11.60	25.90	
2009	120.20	116.80	148.80	90.10	37.90	23.90			9.20			34.30	
2010	129.30	155.10											
2011									10.10	20.20	14.70	36.20	
2012	197.90	322.50	249.90	161.40	62.20	33.60	16.30	12.30	10.70	8.30	7.30	64.30	1146.70
2013	220.30	353.20							12.20	9.10	23.90	92.20	
2014	182.20	266.00	138.10										
2015												45.90	
2016	59.90	197.80	147.60	59.80	23.40	12.20	9.40	8.30	6.70	11.40	6.50	11.50	554.50
2017	68.50	36.80	151.80	160.70									

MEDIA	134.58	176.75	164.34	108.46	39.58	18.91	12.68	10.60	9.91	10.74	22.58	45.83	771.75
DESV. EST.	50.57	96.37	62.78	46.90	20.73	7.85	3.36	1.86	2.89	3.54	20.35	26.84	247.07
MAXIMA	220.30	353.20	287.30	180.70	75.00	33.60	18.00	13.10	18.50	20.20	72.30	121.10	1146.70
MINIM	59.90	36.80	85.50	37.40	10.80	4.70	7.80	8.10	5.60	7.00	6.50	11.50	493.10

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>



Caudales medios mensuales (m³/s)

Estación Hidrométrica: Río Ilave, periodo 1990-2017

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1990	24.49	16.22	15.95	11.12	8.24	13.68	8.47	8.21	7.54	9.90	21.83	22.84	168.48
1991	68.66	58.91	91.62	31.69	14.44	13.84	10.22	8.13	8.77	7.14	7.56	8.39	329.40
1992	40.10	19.45	13.94	5.94	4.47	4.31	4.06	4.92	3.88	4.13	4.69	6.91	116.82
1993	59.09	25.75	58.91	22.45	9.00	4.45	6.25	10.27	7.18	9.83	11.96	27.53	252.68
1994	54.08	179.85	39.47	33.10	18.35	9.91	8.14	7.43	6.52	5.92	7.37	13.90	384.04
1995	24.70	38.13	75.96	19.00	9.70	7.28	7.15	5.57	4.93	3.44	5.02	7.43	208.30
1996	56.25	89.12	37.69	31.61	14.00	7.93	7.63	7.03	3.40	2.76	6.80	15.87	280.09
1997	100.19	215.85	100.75	46.31	17.73	11.56	9.54	12.72					
1998													
1999													
2000													
2001										8.23		8.45	
2002													
2003													
2004													
2005			30.82	21.68	7.85	5.83	5.20	4.73	4.93	5.53	5.57	9.89	
2006	181.57	159.03	78.88	56.90	11.99	8.88	7.74	6.48	4.85	4.23	5.99	9.51	536.04
2007	36.49	33.37	86.89	32.05	10.47	6.95	6.24	5.27	5.79	4.84	6.24	8.97	243.58
2008									3.69	2.88	2.26	4.07	
2009	6.22	13.97	42.56	31.77	8.45	4.47	4.05	4.08	2.68	2.96	3.81	25.55	150.57
2010	59.03												
2011									5.03	5.23	5.56	1.84	
2012													
2013													
2014													
2015												4.23	
2016	7.55	54.56	33.49	19.23	6.83	4.85	5.37	4.20	3.43	4.33	3.37	3.83	151.04
2017	47.39	85.05											

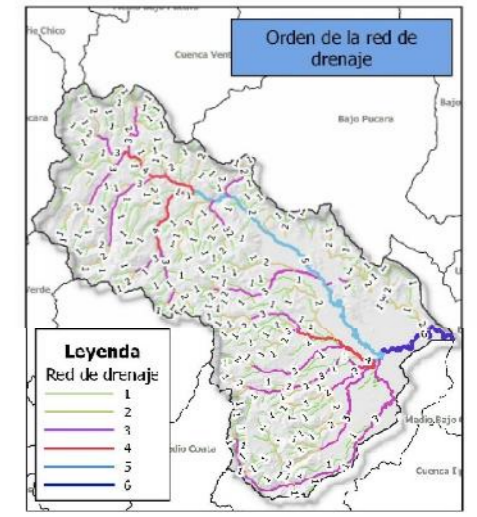
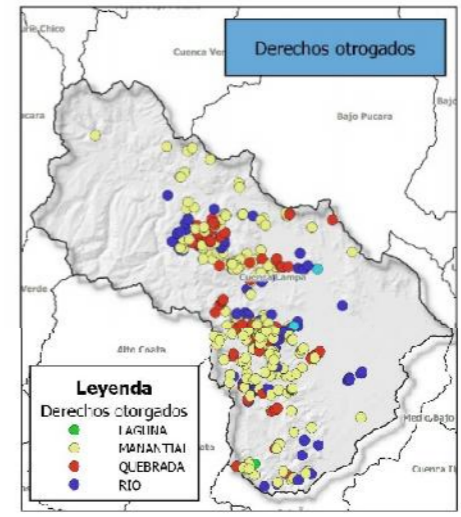
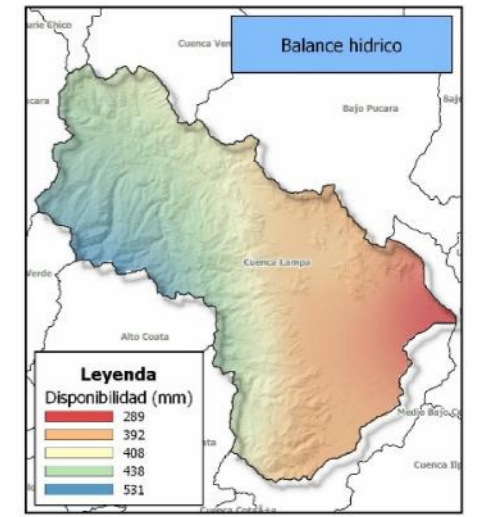
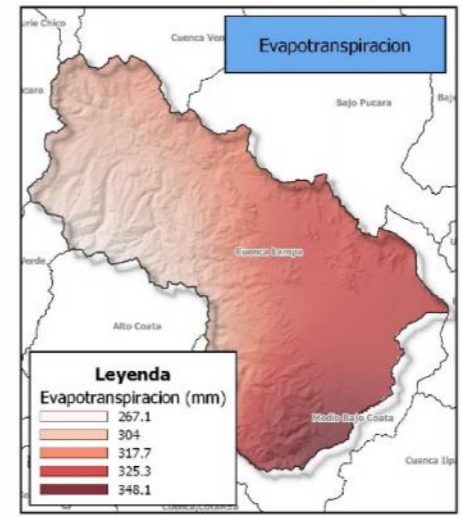
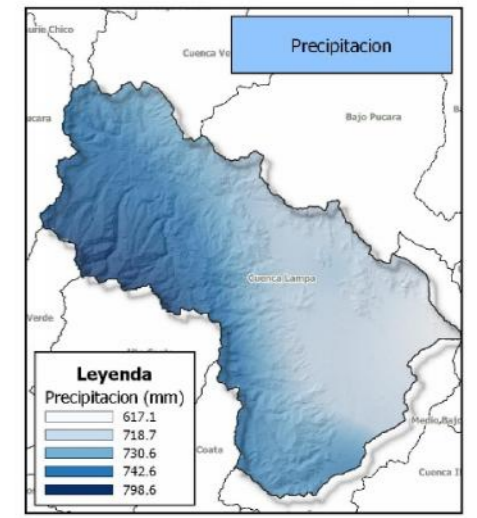
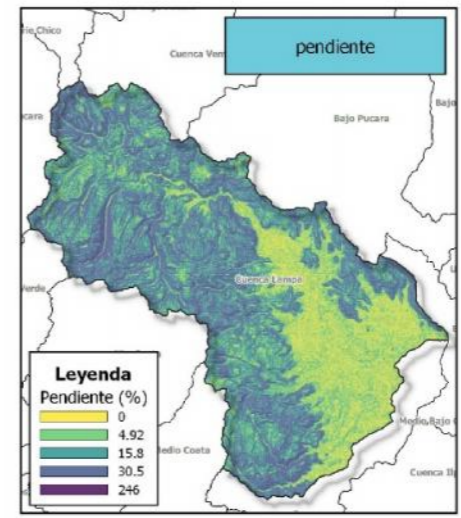
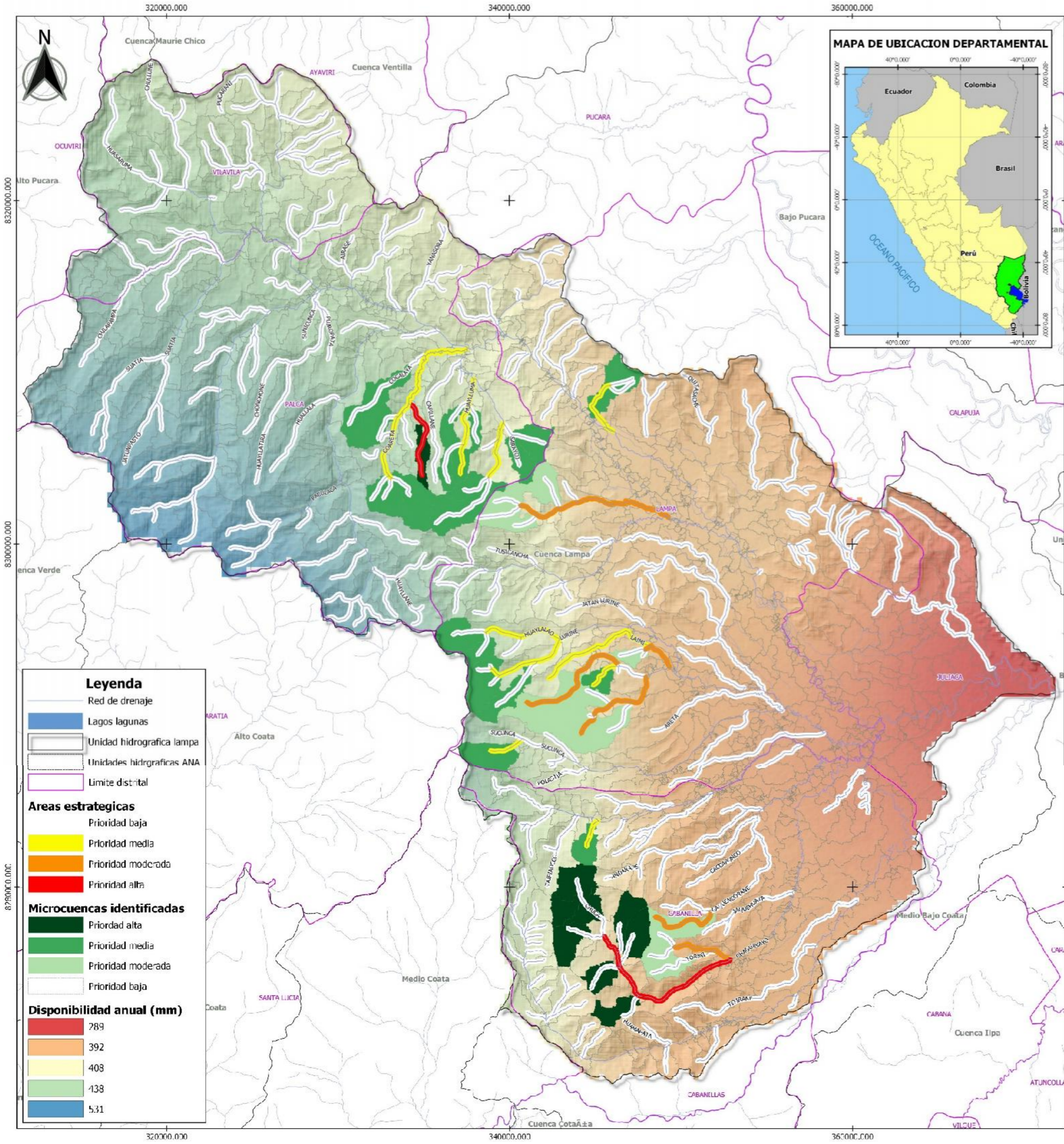
MEDIA	54.70	76.10	54.38	27.91	10.89	8.00	6.93	6.85	5.19	5.42	7.00	11.20	256.46
DESV. EST.	44.19	67.48	29.47	13.70	4.19	3.40	1.95	2.54	1.78	2.37	4.85	7.90	123.45
MAXIMA	181.57	215.85	100.75	56.90	18.35	13.84	10.22	12.72	8.77	9.90	21.83	27.53	536.04
MINIM	6.22	13.97	13.94	5.94	4.47	4.31	4.05	4.08	2.68	2.76	2.26	1.84	116.82

Fuente: Visor de estaciones - <http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>

ANEXO 3. Coeficientes pluviométricos de thiessen modificado

Estación	Isoyetas (mm)		Precipitación entre Isoyetas Pi (mm)	Área entre Isoyetas (Ai)	(Pi)*(Ai)	Precipitación Media Areal de la Estación	Precipitación Media de la Estación	Ki = Pai / Pei	Ri = Si / S	Coeficiente Pluviométrico
	Inferior	Superior		Si (km2)						
Juliaca	600	625	612.5	13.07	8005.29	659.04	617.1	1.07	0.08	0.09
	625	650	637.5	30.04	19152.78					
	650	675	662.5	53.43	35398.74					
	675	700	687.5	37.54	25811.14					
	700	725	712.5	0.03	18.61					
			134.12	88386.55						
Lampa	675	700	687.5	45.75	31453.18	720.83	721.39	1.00	0.44	0.44
	700	725	712.5	394.58	281139.96					
	725	750	737.5	285.09	210251.59					
	750	775	762.5	1.37	1041.37					
			726.79	523886.10						
Pampahuta	725	750	737.5	108.58	80076.81	760.56	827.3	0.92	0.24	0.22
	750	775	762.5	212.90	162339.07					
	775	800	787.5	77.61	61117.81					
			399.09	303533.68						
Pucara	725	750	737.5	95.27	70260.46	737.50	711.3	1.04	0.06	0.06
				95.27	70260.46					
Cabanillas	675	700	687.5	8.71	5986.12	729.44	739.4	0.99	0.18	0.18
	700	725	712.5	78.26	55763.49					
	725	750	737.5	209.75	154692.88					
			296.72	216442.49						

ANEXO 4. Mapas



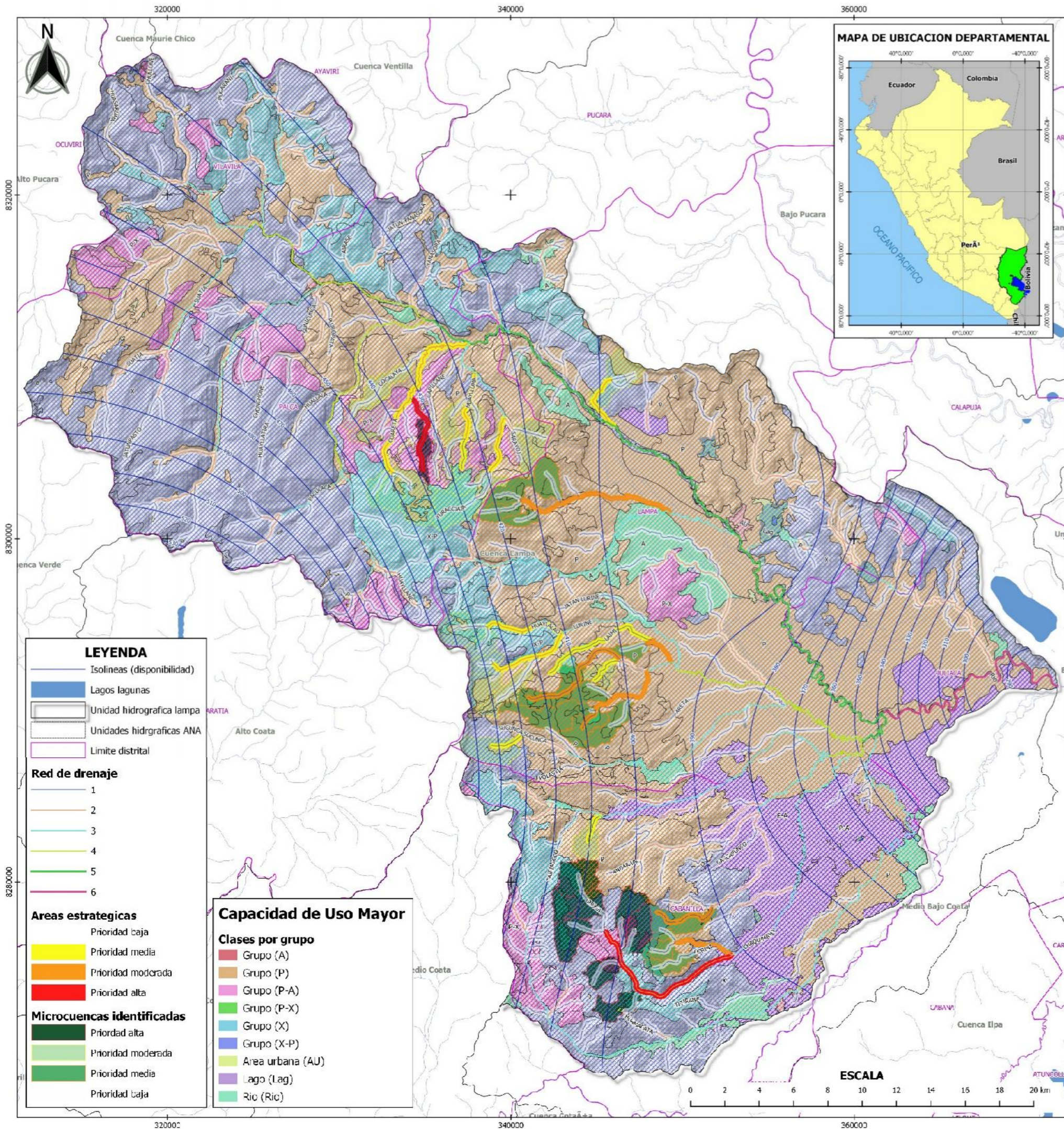
OBSERVACIONES: Los limites políticos administrativos son referenciales del Instituto Geográfico Nacional del Perú – IGN, asimismo los limites hidrograficos son referencia de la Autoridad Nacional del Agua – ANA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

MAPA: ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA LAMPA

SISTEMA GEOGRAFICO: UTM WGS 84 Zona 19-Sur

Elaborado por: Joul Diraks Daryl, CONDORI ESPINOZA



LEYENDA

- Isolneas (disponibilidad)
- Lagos lagunas
- Unidad hidrografica lampa
- Unidades hidrgraficas ANA
- Limite distrital

Red de drenaje

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Areas estrategicas

- Prioridad baja
- Prioridad media
- Prioridad moderada
- Prioridad alta

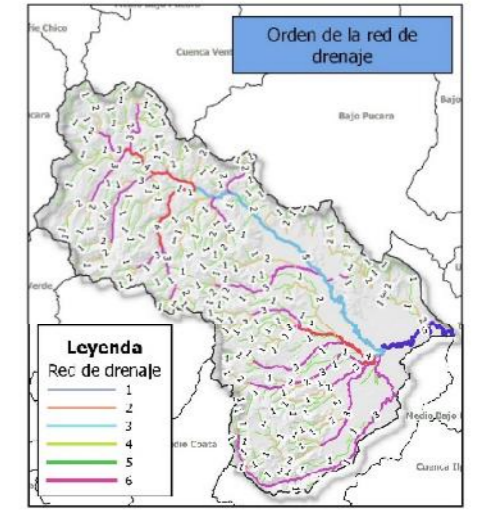
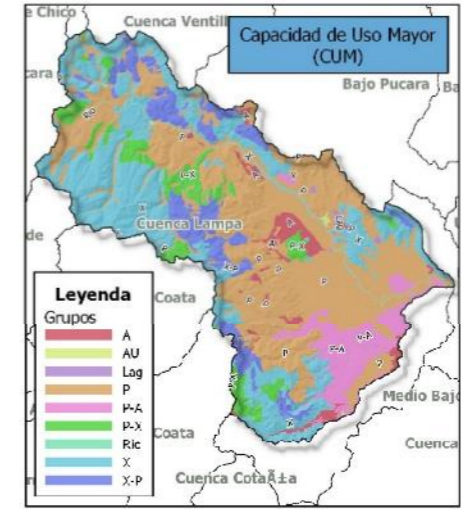
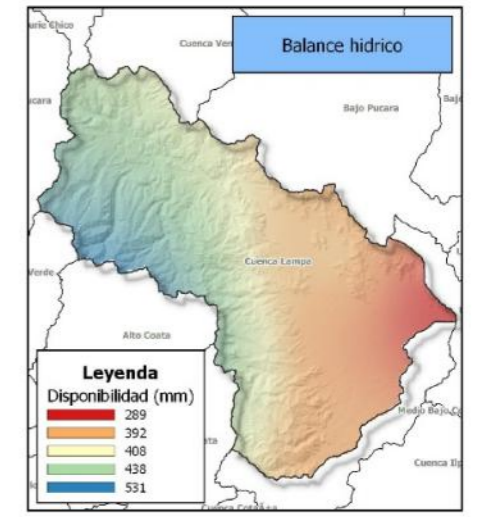
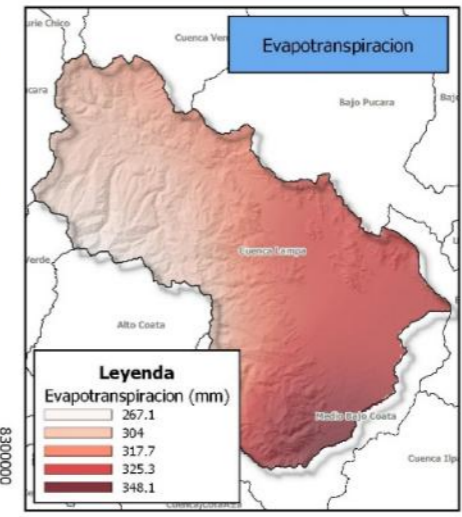
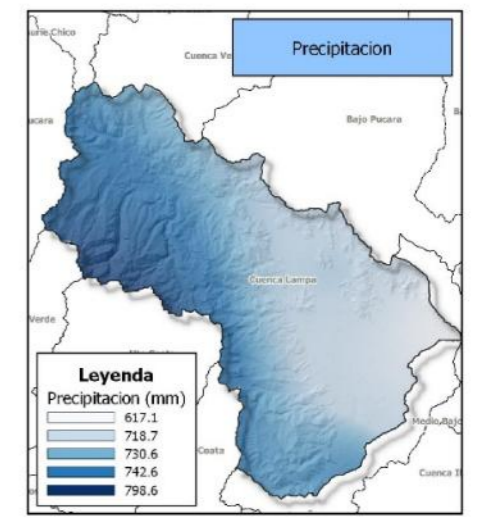
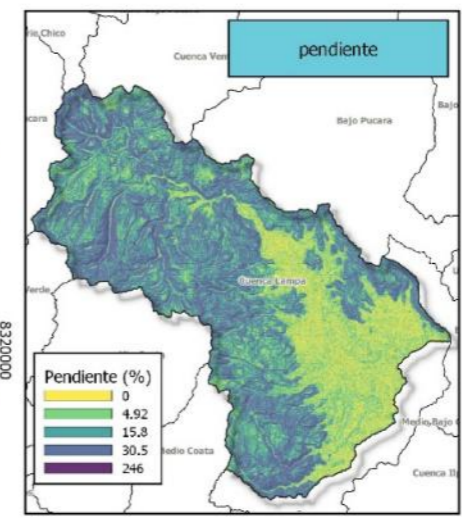
Microcuencas identificadas

- Prioridad alta
- Prioridad moderada
- Prioridad media
- Prioridad baja

Capacidad de Uso Mayor

Clases por grupo

- Grupo (A)
- Grupo (P)
- Grupo (P-A)
- Grupo (P-X)
- Grupo (X)
- Grupo (X-P)
- Area urbana (AU)
- Lago (Lag)
- Rio (Ric)



OBSERVACIONES: Los limites políticos administrativos son referenciales del Instituto Geográfico Nacional del Perú – IGN, asimismo los limites hidrográficos son referencia de la Autoridad Nacional del Agua – ANA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

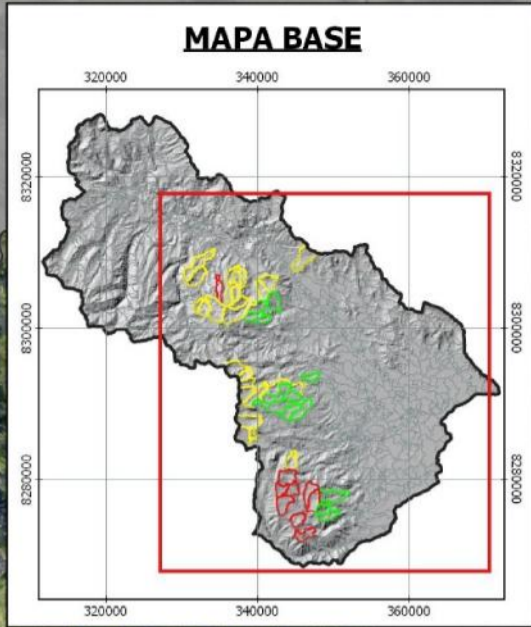
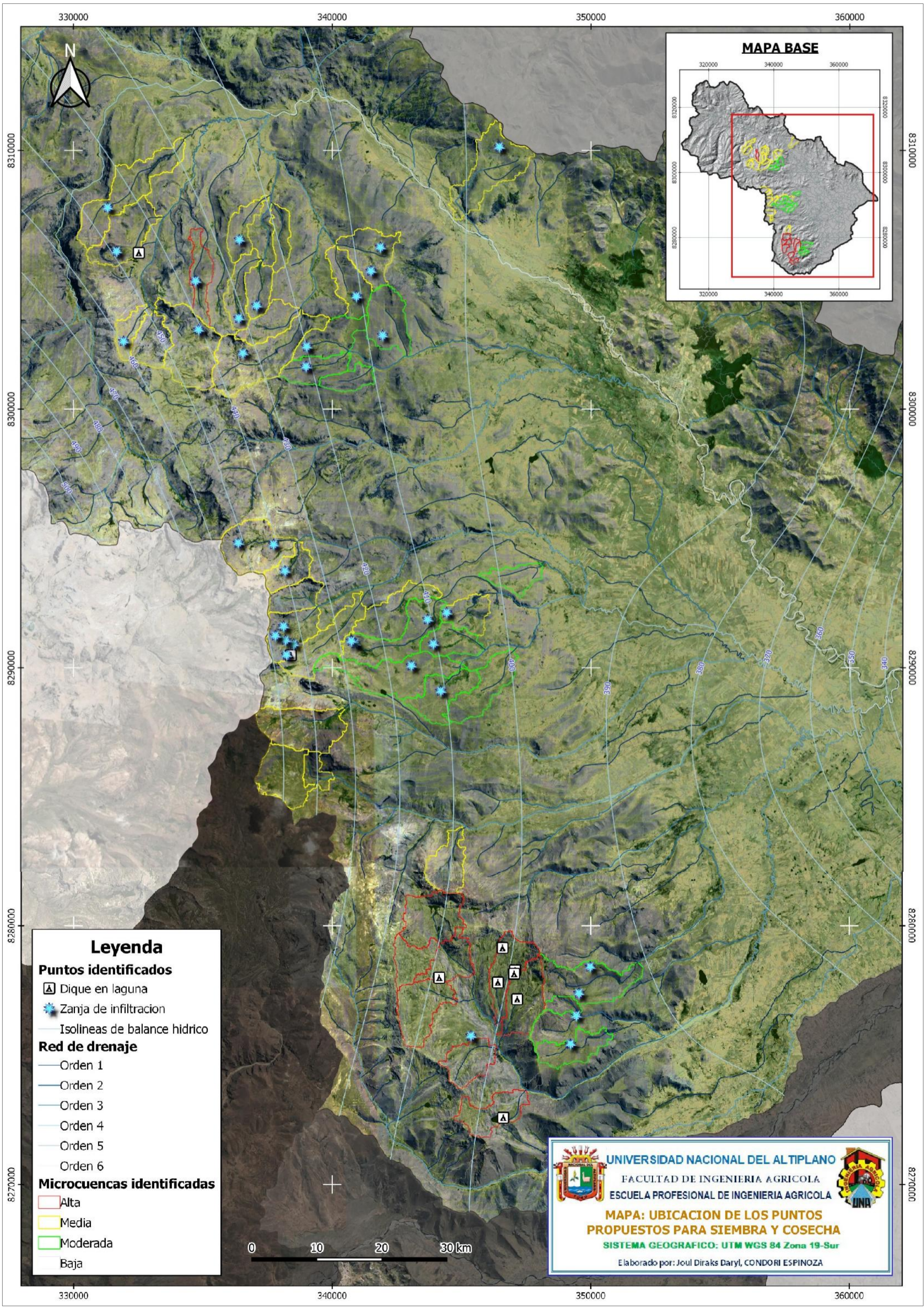
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

MAPA: ÁREAS ESTRATÉGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA LAMPA

SISTEMA GEOGRAFICO: UTM WGS 84 Zona 19-Sur

Elaborado por: Joul Diraks Daryl, CONDORI ESPINOZA



Leyenda

Puntos identificados

- Dique en laguna
- Zanja de infiltración
- Isolinias de balance hidrico

Red de drenaje

- Orden 1
- Orden 2
- Orden 3
- Orden 4
- Orden 5
- Orden 6

Microcuencas identificadas

- Alta
- Media
- Moderada
- Baja





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

**MAPA: UBICACION DE LOS PUNTOS
 PROPUESTOS PARA SIEMBRA Y COSECHA**

SISTEMA GEOGRAFICO: UTM WGS 84 Zona 19-Sur

Elaborado por: Joul Diraks Daryl, CONDORI ESPINOZA

