Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EFECTO DEL CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES EN EL RENDIMIENTO HÍDRICO DE LA SUBCUENCA JUNÍN

Línea de investigación:
Procesamiento digital de imágenes y señales

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Carrizales Pezo, Renzo Paolo

Asesor

Zamora Talaverano, Noé Sabino

ORCID: 0000-0002-4368-8955

Jurado

Gómez Escriba, Benigno Paulo

Vera Chamochumbi, Benjamín Fernando

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima - Perú

2026

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)

“Efecto del Cambio de Cobertura Vegetal de Bofedales en el Rendimiento Hídrico de la Subcuenca Junín”

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	21%	7%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
5	idoc.pub Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
10	mriuc.bc.uc.edu.ve Fuente de Internet	<1%
11	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%

Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EFECTO DEL CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES EN EL RENDIMIENTO HÍDRICO DE LA SUBCUENCA JUNÍN

Línea de Investigación:

Procesamiento digital de imágenes y señales

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Carrizales Pezo, Renzo Paolo

Asesor:

Zamora Talaverano, Noé Sabino

ORCID: 0000-0002-4368-8955

Jurado:

Gómez Escriba, Benigno Paulo

Vera Chamochumbi, Benjamín Fernando

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

A Dios quien es el creador, amigo y refugio en la vida.

A mis padres Pilar y Edilberto, que, con su apoyo incondicional, me dieron la motivación necesaria para iniciar y culminar la tesis.

Para todos los docentes y amigos incondicionales que brindaron consejos y aportes hacia esta investigación.

Agradecimientos

A mi familia quienes me apoyaron durante todo este proceso.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), quien brindó la información necesaria para la culminación de este trabajo e investigación.

Al Servicio de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) quienes me facilitaron el acceso e información de la Reserva Nacional de Junín.

Al Ingeniero Victor Gallo Ramos, quien incondicionalmente brindó asesoría y aportes para la realización de este trabajo de investigación.

A mi asesor, el Dr. Noé Zamora, quien brindó tiempo, aceptó asesorar, guiar y aportar en esta investigación.

ÍNDICE

Resumen....12

Abstract....13

I. INTRODUCCIÓN....14

1.1. Descripción y Formulación del Problema....16

1.1.1. Descripción del problema....16

1.1.2. Formulación del Problema....18

1.2. Antecedentes....19

1.2.1. Antecedentes Nacionales....19

1.2.2. Antecedentes Internacionales....22

1.3. Objetivos....24

1.3.1. Objetivo General....24

1.3.2. Objetivos Específicos....24

1.4. Justificación....24

1.4.1. Justificación de la investigación....24

1.4.2. Importancia de la investigación....26

1.5. Hipótesis....27

1.5.1. Hipótesis general....27

1.5.2. Hipótesis específicas....27

II. MARCO TEÓRICO....28

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación....28

2.1.1. Bofedales *28*

2.1.2. Teledetección *43*

2.1.3. Rendimiento Hídrico *54*

III. MÉTODO 65

3.1. Tipo de Investigación 65

3.1.1. Diseño de investigación *65*

3.1.2. Nivel de Investigación *65*

3.2. Ámbito temporal y espacial 65

3.2.1. Descripción general del área de estudio *66*

3.2.2. Descripción física de la Subcuenca de Junín *67*

3.3. Variables 75

3.3.1. Variables por objetivos específicos *76*

3.4. Población y Muestra 78

3.4.1. Población *78*

3.4.2. Muestra *78*

3.5. Instrumentos 79

3.5.1. Materiales *79*

3.6. Procedimientos 82

3.6.1. Procesamiento de las imágenes satelitales *82*

3.6.2. Estimación de la tasa de pérdida de cobertura vegetal de bofedal *93*

3.6.3. Procesamiento de la data hidrometeorológica *94*

3.6.4. Procedimientos para determinar las variables hidrometeorológicas 98

3.6.5. Modelamiento Hidrológico 112

3.7. Análisis de datos.....116

3.7.1. Análisis de Datos Pluviométricos 116

3.7.2. Análisis de consistencia 124

3.7.3. Corrección de la información 130

3.7.4. Completación de datos con HEC – 4 130

IV. RESULTADOS 133

4.1. Características morfológicas de la cuenca 133

4.1.1. Características morfométricas y fisiográficas 133

4.1.2. Delimitación de las unidades hidrográficas 151

4.2. Cuantificación de las coberturas vegetales de bofedales (1990-2024) 156

4.3. Determinación de la tasa de cambio en la cobertura vegetal de bofedales 159

4.3.1. Validación de las áreas de bofedales estimadas 161

4.4. Cálculo del rendimiento hídrico 163

4.4.1. Hidrometeorología de la Subcuenca Junín 163

4.4.2. Cálculo de caudales medios en la Subcuenca Junín 195

4.4.3. Rendimiento hídrico de la Subcuenca Junín 213

4.5. Relación cobertura vegetal y rendimiento hídrico 217

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....220

VI. CONCLUSIONES.....227

VII. RECOMENDACIONES 229

VIII.REFERENCIAS.....231

IX. ANEXOS.....242

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Servicios Ecosistémicos de regulación 31

Tabla 2 Cálculo de índices de coberturas vegetales 50

Tabla 3 Valoración del coeficiente Kappa 53

Tabla 4 Métodos para estimar la evapotranspiración potencial 60

Tabla 5 Ubicación Política de la Subcuenca Junín 66

Tabla 6 Unidades Litoestratigráficas en el área de estudio 68

Tabla 7 Variables de investigación 75

Tabla 8 Variables dependientes e independientes del primer objetivo 76

Tabla 9 Variables dependientes e independientes del segundo objetivo 76

Tabla 10 Variables dependientes e independientes del tercer objetivo 77

Tabla 11 Fuentes de información cartográfica 79

Tabla 12 Información geográfica para el estudio 79

Tabla 13 Colección de imágenes seleccionadas para esta investigación 80

Tabla 14 Softwares utilizados en esta investigación 82

Tabla 15 Aplicación de factores de escala 86

Tabla 16 Estaciones seleccionadas para esta investigación 94

Tabla 17 Resultados de los Coeficientes de correlación de las 12 estaciones con el Vector Regional 96

Tabla 18 Valores de altitud, precipitación y latitud de las estaciones analizadas 100

Tabla 19 Valores reales de temperatura media 107

Tabla 20 Parametrización para el cálculo de la retención 113

Tabla 21 Coeficiente de agotamiento Modelo Lutz - Scholz 114

Tabla 22 Aporte y abastecimiento de retención 115

Tabla 23 Valores para el análisis de doble masa – Subcuenca de Junín 121

Tabla 24 Valores de Kc para determinar la forma de la Subcuenca 135

Tabla 25 Valores de factor de forma 136

Tabla 26 Calculo para el desarrollo de la curva hipsométrica 140

Tabla 27 Índice de pendiente de la Subcuenca de Junín 146

Tabla 28 Valores de densidad de drenaje 149

Tabla 29 Parámetros fisiográficos de la Subcuenca Junín 150

Tabla 30 Parámetros geomorfológicos de la Cuenca del Lago Chinchaycocha y subcuencas – Parte I 152

Tabla 31 Parámetros geomorfológicos de la Cuenca del Lago Chinchaycocha y subcuencas – Parte II 154

Tabla 32 Coberturas vegetales de bofedales analizadas 157

Tabla 33 Tasa de perdida de cobertura vegetal de bofedales 160

Tabla 34 Matriz de confusión 162

Tabla 35 Análisis de consistencia de saltos para las estaciones consideradas 167

Tabla 36 Precipitación media de la Subcuenca Junin 170

Tabla 37 Coeficientes de regresión múltiple 173

Tabla 38 Análisis de error entre la precipitación real y la generada 173

Tabla 39 Distribución mensual de la precipitación en base a la ecuación multivariable para cada mes 174

Tabla 40 Comparación de precipitación media 176

Tabla 41 Valores de precipitación regionalizados 176

Tabla 42 Valores de Precipitación media por el método de Isoyetas 180

Tabla 43 Valores de precipitación por cada método considerado 181

Tabla 44 Porcentaje de error de la ecuación regional 183

Tabla 45 Isolíneas de temperatura 184

Tabla 46 Temperatura media por rangos de altitud 185

Tabla 47 Valor de la Temperatura media en la Subcuenca Junín 186

Tabla 48 Distribución mensual de la temperatura media.....187

Tabla 49 Registros de temperatura media en la Subcuenca Junín 188

Tabla 50 Características generales de la microcuenca Chacachimpa 190

Tabla 51 Valores de radiación solar extraterrestre para la subcuenca Chacachimpa 191

Tabla 52 Evapotranspiración potencial por microcuenca 192

Tabla 53 Valores promedio de evapotranspiración por estación 193

Tabla 54 Cálculo de error generado para valores de evapotranspiración 194

Tabla 55 Valores del coeficiente de escurrimiento para las 22 microcuencas de estudio 197

Tabla 56 Precipitación efectiva microcuenca Chacachimpa 198

Tabla 57 Valores de retención para las 22 microcuencas del área de estudio 199

Tabla 58 Cálculo del agotamiento en base a la retención de cada microcuenca analizada ...201

Tabla 59 Porcentaje de recarga mensual para la región Junin 202

Tabla 60 Serie de caudales generados para la microcuenca Chacachimpa 203

Tabla 61 Inputs para generar los coeficientes para el modelo estocastico 204

Tabla 62 Números aleatorios para la microcuenca Chacachimpa 206

Tabla 63 Serie sintética de caudales de la microcuenca Chacachimpa 208

Tabla 64 Ecuaciones para serie sintética de caudales 211

Tabla 65 Serie de caudales (m^3/s) de la Subcuenca Junín 214

Tabla 66 Rendimiento hídrico de la subcuenca Junín 215

Tabla 67 Valores de Rendimiento hídrico y cobertura vegetal de bofedales en la subcuenca Junín 218

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Infografía sobre el funcionamiento de un bofedal....30
Figura 2 Bofedales - Laguna de Junín....34
Figura 3 Generadores de cambio en los bofedales....37
Figura 4 Mineras que vienen operando en la Subcuenca de Junín....38
Figura 5 Contaminación del Lago Chinchaycocha....39
Figura 6 Recojo de Residuos Sólidos en el Lago Chinchaycocha....40
Figura 7 Estado de salud de un bofedal....41
Figura 8 Teledetección....44
Figura 9 Fundamento de la teledetección....45
Figura 10 Principio de Teledetección y Tipos de Sensores....46
Figura 11 Funcionamiento del Linear Spectral Unmixing....48
Figura 12 NDVI....49
Figura 13 Combinación de bandas Landsat 5 TM y 8 OLI....52
Figura 14 Rol de los bofedales en el ciclo hidrológico....55
Figura 15 Formación de la precipitación....56
Figura 16 El ciclo de la escorrentía....58
Figura 17 Evapotranspiración....59
Figura 18 Esquema Hidráulico del Lago Chinchaycocha....73
Figura 19 Catálogos del Google Earth Engine (GEE)....84
Figura 20 Líneas de código para el filtrado del as imágenes seleccionadas....85
Figura 21 Corrección de valores de radiancia....86
Figura 22 Selección de bandas del a imagen satelital....87
Figura 23 Firmas espectrales para la zona de cobertura vegetal de bofedal, agua y suelo....88
Figura 24 Linear Spectral Unmixing....90

Figura 25 Mascara de pixeles de cobertura vegetal de bofedales 91

Figura 26 Poligonización de pixeles de cobertura vegetal de bofedales 92

Figura 27 Enmascaramiento de pixeles 93

Figura 28 Vector Regional de las 12 estaciones identificadas 97

Figura 29 Estaciones pluviométricas y Estaciones ficticias 105

Figura 30 Completación de datos Pluviométricos con HEC-4 132

Figura 31 Rectángulo equivalente de la Subcuenca Junín 138

Figura 32 Curva Hipsométrica y polígono de frecuencias de la Subcuenca Junín 141

Figura 33 Curvas hipsométricas por microcuencas 142

Figura 34 Evolución de la Cobertura Vegetal de Bofedal (1990-2024) 158

Figura 35 Evolución de la cobertura vegetal de bofedales 159

Figura 36 Doble acumulación estaciones evaluadas 164

Figura 37 Análisis de doble masa final 168

Figura 38 Precipitación media mensual 172

Figura 39 Ecuación Altitud vs. Temperatura - Subcuenca Junín 182

Figura 40 Serie sintética mensualizada de caudales para la microcuenca Chacachimpa 204

Figura 41 Caudales mensuales generados (m^3/s) para la microcuenca Chacachimpa. 210

Figura 42 Series de caudales generados para las 22 microcuencas 213

Figura 43 Rendimiento Hídrico 217

Figura 44 Relación Cobertura vegetal de bofedales - Rendimiento hídrico 219

Resumen

Esta investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto del cambio de la cobertura vegetal de bofedales sobre el rendimiento hídrico de la Subcuenca Junín mediante el uso de datos hidrometereológicos, GIS y sensoramiento remoto para el periodo 1990 – 2024. Para ello, se realizó el análisis multitemporal de los cambios en las coberturas vegetales de bofedales durante los años 1990-2024 mediante técnicas de sensoramiento remoto y GIS a fin de calcular las superficies de bofedal que fueron degradadas. Asimismo, se estimó el rendimiento hídrico basado en el cálculo de los caudales medios que fueron determinados mediante el modelo hidrológico Lutz Scholz, basado en el análisis de series de precipitación, temperatura y evapotranspiración. Como resultados se obtuvo que la cobertura de bofedal inicial en 1990 fue de 111.65 km² (6.5 %), alcanzando su máxima dimensión en 2010 con 135.07 km² (7.9 %) y reduciéndose finalmente a 83.18 km² (4.8 %) en 2024, lo que representa una pérdida neta de 28.47 km² (25.5 %). Respecto al rendimiento hídrico se obtuvo que en el área de estudio se tiene un caudal medio de 10.7 m^3/s que expresados en rendimiento son 6.22 $l/s/km^2$. Al evaluar el grado de correlación entre ambas variables se obtuvo un coeficiente de correlación $R^2 = 0.85$ que expresa una relación directamente proporcional entre las variables analizadas. Finalmente, se comprobó que existe una fuerte correlación entre la cobertura de bofedales y el rendimiento hídrico, evidenciando que la reducción de tipo de coberturas vegetales impacta negativamente la disponibilidad hídrica de la subcuenca.

Palabras Clave: bofedales; rendimiento hídrico, caudales medios; Lutz Scholz; sensoramiento remoto.

Abstract

This research aimed to evaluate the effect of changes in wetland vegetation cover on the water yield of the Junín Sub-basin using hydrometeorological data, GIS, and remote sensing for the period 1990–2024. To this end, a multitemporal analysis of changes in wetland vegetation cover was conducted during the years 1990–2024 using remote sensing and GIS techniques to calculate the areas of wetland that had been degraded. Water yield was also estimated based on the calculation of mean flows determined using the Lutz Scholz hydrological model, which is based on the analysis of precipitation, temperature, and evapotranspiration series. The results showed that the initial wetland cover in 1990 was 111.65 km² (6.5%), reaching its maximum size in 2010 at 135.07 km² (7.9%) and finally decreasing to 83.18 km² (4.8%) in 2024, representing a net loss of 28.47 km² (25.5%). Regarding water yield, the study area has an average flow rate of 10.7 m³/s, which translates to 6.22 l/s/km². The correlation coefficient $R^2 = 0.85$ was obtained, indicating a directly proportional relationship between the two variables. Finally, it was found that there is a strong correlation between wetland cover and water yield, showing that the reduction of vegetation cover types negatively impacts the water availability of the sub-basin.

Keywords: wetlands; water performance, average flows; Lutz Scholz; remote sensing.

I. INTRODUCCIÓN

Los bofedales son ecosistemas fundamentales para el sustento de la vida en los andes, pueden promover desarrollo sostenible en las comunidades andinas, así como también, conformar centros de alta biodiversidad y endemismo. Estos ecosistemas se caracterizan por ser uno de los más productivos del mundo, proporcionando una amplia gama de servicios ecosistémicos (RAMSAR, 2018), siendo uno de los más importantes, los servicios ecosistémicos de regulación.

Dentro de los servicios ecosistémicos de regulación, se encuentran aquellos que son de importancia hidrológica, cuyo funcionamiento se basa en la capacidad que tiene el bofedal para brindar servicios hidrológicos, incluido, el rendimiento hídrico, producción o cosecha de agua, la regulación del flujo y el control de la erosión. (Mosquera et al., 2022).

Morfológicamente los bofedales se caracterizan por presentar forma de "cojín" y estar conformado principalmente por una vegetación hidrófila, la cual constituye toda una pradera siempre verde de vegetación regularmente densa durante todo el año. Estas características le otorgan a este ecosistema un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico de las comunidades andinas, ya que brinda los recursos necesarios para el pastoreo de camélidos andinos, que de por si es una de las principales actividades económicas de sustento en los andes (Argote, 2018).

La tasa media anual de pérdida de este tipo de ecosistema fue estimada por el índice WET (Wetlands Extent Trends) de la FAO (Food and Agriculture Organization) encontrando un valor de -0,78% al año de superficies degradadas entre bofedales y humedales; más de tres veces superior a la tasa media anual de pérdida de bosques naturales (un -0,24% al año) entre 1990 y 2015 (RAMSAR, 2018).

En el Perú, los bofedales ocupan una superficie total de 1,052,210.6 ha, lo que representa el 0.8% de todo el territorio nacional (Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM], 2023). Pese a su limitada extensión, los bofedales conforman ecosistemas estratégicos de reserva y sostenibilidad del ciclo hidrológico, pues, casi siempre los lugares en donde se ubican corresponden a zonas en donde se inician los cursos de agua en las cuencas (Calvo, 2016), por lo que cualquier alteración del medio, de la cobertura, inclusive las variaciones a nivel meteorológico, pueden llegar a traducirse en cambios significativos en la regulación hídrica y, por ende, en el rendimiento hídrico. Algunos de los impactos significativos a nivel hidrológico corresponden a los cambios en el sedimento total en suspensión y la concentración de nutrientes, frecuencia de inundaciones, variación flujo base, descarga media anual, variación estacional del caudal, evapotranspiración, cambios en la generación de escorrentía superficial, variación en el contenido de agua del suelo y la sobre recarga de aguas subterráneas (Aghsaei et al., 2020).

A pesar de que este tipo de coberturas han demostrado ser eje clave para el desarrollo y sustento de la vida en los andes del Perú, la gran dependencia que genera en las comunidades andinas ha generado que su cobertura sea degradada con el paso de tiempo. En realidad, el cambio climático, el cambio de uso de suelo, el desarrollo urbano, actividades agropecuarias no sostenibles, la extracción de recursos (champeo), etc. Son algunos de los factores más determinantes que degradan la cobertura vegetal del bofedal (Hu et al., 2021).

La subcuenca de Junín es parte de la cuenca del Mantaro, y se caracteriza por la amplia extensión de bofedales presentes en ella, así como tambien, la presencia de la Reserva Nacional de Junín. Según el plan maestro elaborado para esta Área Natural Protegida (ANP), las principales amenazas que vienen degradando la cobertura vegetal de bofedales en la zona, radican en las actividades de quema de pastizales y totorales para facilitar la caza de animales pequeños, la extracción de la champa con fines energéticos y por sobre el excesivo pastoreo de

animales en el bofedal (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado [SERNANP], 2012). Por ejemplo: Solo en la comunidad de Santa Clara de Chuiroc, con 147 comuneros, se tiene un estimado de 5000 cabezas de ganado ovinos y 1500 alpacas (Portillo, 2021).

En ese sentido, con la finalidad de conocer la influencia que cobertura vegetal de bofedales de la subcuenca de Junín ejerce sobre su rendimiento hídrico. Se plantea determinar las áreas de cobertura de bofedal que fueron degradadas durante el periodo 1990-2024, para ello utilizaremos técnicas de teledetección y herramientas GIS que permitan estimar las zonas que cambiaron cada 5 años. Para determinar el rendimiento hídrico de la subcuenca, utilizaremos como base el balance hídrico de la subcuenca Junín. Además, con el uso de datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración podremos será posible aplicar el modelo propuesto por la Misión Técnica Alemana, a fin poder generar una serie sintética de caudales mensualizados en la subcuenca; esto es posible debido a la relación existente entre la precipitación y escorrentía (Jiménez, 2018).

1.1. Descripción y Formulación del Problema

1.1.1. Descripción del problema

Los bofedales, presentes en las zonas altas de los Andes de Perú, Bolivia y Chile, son ecosistemas cruciales que desempeñan un papel hidrológico esencial al ofrecer servicios como la regulación del flujo y aprovechamiento hídrico (INAIGEM, 2019). Según el último Inventario Nacional de Bofedales, elaborado por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), a nivel nacional los bofedales ocupan una superficie total de 1,052,210.6 ha, lo que representa el 0.8% de todo el territorio nacional (INAIGEM, 2023). Los bofedales se encuentran en suelos muy profundos, planos o de muy poca pendiente y por lo general rodeados de cuerpos de agua (Clavo, 2016).

Según Mosquera et al. (2022), la cobertura vegetal de bofedales conforma un ecosistema de mucha importancia hidrológica, ya que contribuyen significativamente las interacciones de ciclo hidrológico en zonas altoandinas; pese a su importancia, los bofedales se encuentran expuestos a diversos tipos de amenazas que dan como resultado la pérdida de esta cobertura vegetal afectando negativamente su capacidad de regulación hídrica, con consecuencias en la provisión de agua durante las temporadas de sequía. Algunas de estas causas se relacionan con las actividades antrópicas como la extracción de la turba, que es una actividad arraigadas a costumbres ancestrales que con los años han contribuido a la disminución de la cobertura vegetal poniendo en riesgo la estabilidad del ecosistema; las actividades agropecuarias como el sobrepastoreo; las alteraciones hidrológicas y el cambio climático (INAIGEM, 2023) son otras de las causas que pueden generar la pérdida o muerte de la cobertura vegetal de bofedal y con ello, alteraciones en sus funciones hidrológicas de regulación. En la subcuenca Junín, la pérdida de cobertura vegetal de bofedales ha sido asociada a prácticas tradicionales de las comunidades campesinas que hacen uso de los recursos y beneficios que los bofedales proveen. La falta de conciencia y conocimiento sobre la importancia de los bofedales han contribuido a la continuidad de actividades no sostenibles que eventualmente han favorecido la degradación de su cobertura (Vila y Chaupan, 2017). La desaparición de los bofedales en la subcuenca podría tener consecuencias irreversibles, afectando la biodiversidad, aumentando la erosión del suelo y alterando significativamente el rendimiento hídrico.

La regulación hídrica de una cuenca se encuentra altamente influenciada por la cobertura vegetal, el tipo de suelo, la pendiente de la cuenca y el régimen de precipitación (Dueñas y Acosta, 2018). Sin embargo, tanto el tipo de suelo como la pendiente de la cuenca son parámetros que no suelen cambiar mucho respecto al tiempo, por lo que los servicios hidrológicos de regulación de los bofedales vienen siendo influenciados principalmente por la

variación de la cobertura vegetal, por lo que es necesario tener registros cuantitativos sobre la variación de la cobertura vegetal de bofedal a lo largo de los años y asociarla a los cambios hidrológicos en esta cuenca.

Para abordar esta problemática, se propone utilizar técnicas de teledetección y herramientas GIS para identificar áreas donde las coberturas vegetales de bofedales han sido degradadas. Además, se llevará a cabo un estudio hidrológico cuantitativo, evaluando el rendimiento hídrico mediante datos hidrometeorológicos y fórmulas empíricas (Aghsaei et al., 2020). La correlación entre las áreas de bofedal degradadas y el rendimiento hídrico se analizará para comprender la influencia de la pérdida de cobertura vegetal en la subcuenca de Junín a lo largo del tiempo.

1.1.2. Formulación del Problema

Problema General

- ¿En qué medida el cambio de la cobertura vegetal de bofedales afecta el rendimiento hídrico de la subcuenca de Junín durante el periodo 1990 - 2024?

Problemas Específicos

- ¿Qué cambios han ocurrido en la cobertura vegetal de bofedales entre los años 1990 – 2024 en la subcuenca Junín?
- ¿Cuál es la tasa de cambio en la cobertura vegetal de bofedales de la subcuenca Junín entre los años 1990 - 2024?
- ¿Cómo ha variado el rendimiento hídrico de la subcuenca Junín durante 1990–2024?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Nacionales

INAIGEM (2023) en su trabajo de investigación titulado "Memoria Descriptiva Inventario Nacional de Bofedales 2023", el objetivo principal de esta investigación fue cuantificar la superficie total de la cobertura vegetal de los bofedales a nivel nacional. Para ello, se decidió sectorizar el territorio peruano en cuatro macrozonas (Centro, Sur, Norte y Páramos). Esta división facilitó un análisis más detallado y preciso de las características y extensiones de los bofedales basados en las diferentes condiciones geográficas de las regiones del país. La metodología utilizada involucró un análisis multitemporal exhaustivo de 5765 imágenes capturadas por el sensor Sentinel 1 y 2. Estas imágenes se complementaron con datos topográficos, altitudinales e hidrológicos, además de emplear herramientas avanzadas de análisis espectral y diversos enfoques de clasificación supervisada. Como método principal de análisis, se planteó un árbol de decisiones que permitió integrar y procesar eficientemente la cantidad de datos heterogéneos recolectados a lo largo de todo el territorio nacional. Como resultados se obtuvo que la extensión total de cobertura vegetal de bofedales se estima en 1,052,216.6 ha, lo que representa aproximadamente el 0.8% del territorio nacional. Específicamente en la región Junín, los bofedales cubren una superficie de 60,860.2 ha, que equivale al 1.8% de esta región.

Laura (2021) en su trabajo de tesis titulado "Evaluación de los recursos hídricos superficiales de la cuenca hidrográfica del lago Chinchaycocha, aplicando el modelo determinístico – estocástico Lutz Scholz", se enfocó en evaluar la disponibilidad hídrica superficial en la subcuenca del Lago Junín mediante el modelo hidrológico determinístico - estocástico Lutz Scholz. La investigación incluyó la estimación de la precipitación media para toda el área de estudio, obteniendo un valor de 780.38 mm a partir del análisis de consistencia

con datos de once estaciones pluviométricas. Además, se determinaron los parámetros hidrológicos de la subcuenca, y se concluyó que la disponibilidad hídrica es de 9.023 m3/s o 284.74 Hm3. Sin embargo, este caudal no es suficiente para satisfacer la demanda hidro energética de 484.47 Hm3 de la Subcuenca. Los Índices de Confiabilidad en el Tiempo (ICT) indican un 81%, equivalente a 544 meses llenos para abastecer la demanda. En cuanto al Índice de Confiabilidad del Volumen, se tiene un 84%, lo que significa que solo el 84% de la demanda sería satisfecha por los caudales en la subcuenca de Junín.

Autoridad Nacional del Agua (2021) en estudio titulado "Estudio Hidrológico del Lago Chinchaycocha", tuvo por objetivo realizar la caracterización hidrológica completa de la Subcuenca del Lago Chinchaycocha o Lago Junin. En esta investigación se determinaron los valores fisiográficos y morfodinámicos de la subcuenca. Asimismo, realizó la caracterización del comportamiento pluviométrico local, obteniendo una precipitación media areal de aproximadamente 905.84 mm. Además, se utilizaron modelos hidrológicos. Asimismo, se realizó el modelamiento de series de caudales medios mensualizadas mediante la metodología del modelo WEAP. Los resultados mostraron que el aporte de todas las microcuencas de la Subcuenca Junin aportan al lago Chinchaycocha alrededor de 7.912 m3/s, equivalente a 249.523 Hm3/año y el 70% está concentrado en los meses de diciembre a abril, que son los meses con lluvia. El estudio concluye que dicha dotación de agua (traducida en oferta), no sería suficiente para abastecer la demanda de agua de 19.115 m3/s equivalente a un volumen anual de 602.811 Hm3; de los cuales 74.4% corresponden a la demanda hidroenergética, el 18% es la demanda minera y 7.6% la demanda de agua para uso poblacional.

Jiménez (2018) en su trabajo de tesis titulado "Estudio de la influencia de los componentes del balance hídrico de un pajonal altoandino en la dinámica del agua edáfica de un bofedal, en la quebrada Llaca - Parque Nacional Huascarán 2016-2017", evaluó la influencia de los elementos del balance hídrico del suelo en la regulación hídrica de un bofedal. Se

seleccionaron dos parcelas en la quebrada, una con áreas degradadas y otra en óptimo estado de conservación. La evaluación incluyó parámetros como precipitación, evapotranspiración, escorrentías, infiltración y nivel de agua edáfica, analizados in situ para épocas seca y húmeda. Se utilizaron imágenes satelitales TRMM 3B43 para analizar la precipitación y el método FAO Penman-Monteith para calcular la evapotranspiración, modelados en el software CROWPAT 8.0. El grado de correlación entre la regulación hídrica y las variables del balance hídrico edáfico para la parcela más afectada fue R^2= -0.440, con capacidad de retención de agua de 87.46 mm a 244.82 mm. En cambio, para la segunda parcela (más afectada), el grado de correlación fue R^2= 0.700, indicando que la parcela menos afectada tenía una mayor capacidad de retención de agua, variando entre 98.93 mm a 256.18 mm. Estos resultados subrayan la influencia significativa del estado de conservación de los pajonales en la dinámica edáfica del agua.

Gallo (2018) en su investigación titulada "Evolución de la Cobertura Boscosa en la Subcuenca Yuracyacu y la Influencia en su Regulación Hídrica"**,** se analizó la influencia de cambios en la cobertura boscosa en la regulación hídrica de la subcuenca Yurayacu. Se utilizaron 6 imágenes satelitales de Landsat 8 y Landsat 5, procesadas con el software CLASlite, para determinar la cobertura boscosa y tasas anuales de deforestación. La regulación hídrica se evaluó mediante registros históricos de precipitación y temperatura, calculando tasas de evapotranspiración, escorrentía y caudales. Los resultados indicaron una pérdida anual de cobertura boscosa del 0.012% entre 1989 y 2010, totalizando 32 km2 en toda la subcuenca. Se observó una relación inversa entre el rendimiento hídrico y la cobertura boscosa, destacándose el año 2008 con valores máximos de 221 l/s/km^2 y una pérdida de cobertura boscosa de 116.9 km^2.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

Pulido et al. (2021) en su tesis titulada “Estimación del cambio de la capacidad de regulación hídrica como respuesta a los cambios de coberturas de la tierra: (Caso de estudio: Cuenca alta del río Chinchiná, Caldas, Colombia)”, se buscó determinar la correlación entre la variación de la cobertura vegetal y la capacidad de regulación hídrica en la cuenca alta del río Chinchiná. Se emplearon imágenes Landsat 5 entre 1989 y 2002, clasificadas mediante un algoritmo de máxima verosimilitud. La capacidad de regulación hídrica se calculó anualmente con datos de caudales medios diarios, precipitación y temperatura, utilizando el índice de regulación hídrica (IRH), que relaciona los caudales medios diarios. La correlación lineal simple entre la cobertura vegetal y los IRH arrojó un R2 = 0.9977. Se concluyó que la cuenca experimentó una disminución del 56.92% en su capacidad de regulación hídrica debido a la pérdida de páramos y coberturas boscosas, y la expansión de pastizales y herbazales. Como estrategia de manejo, se propuso un modelo polinomial de primer orden para restaurar el IRH a valores naturales u óptimos.

Wenmin et al. (2021) en su trabajo de investigación titulado “Características de la evolución espacial y temporal de la función de conservación del agua y sus factores impulsores en los humedales lacustres regionales: Dos tipos de lagos homogéneos como ejemplos”, se analizaron dos humedales homogéneos, los lagos Donting (DT) y Poyang (PY), para determinar las diferencias en la capacidad de regulación hídrica como parte del servicio ecosistémico. Se utilizaron observaciones espacio temporales con imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8, identificando la cobertura de humedales mediante modificaciones de los índices MNDWI y NDVI. La estimación del servicio ecosistémico se realizó con el modelo inVEST, basado en ecuaciones empíricas relacionadas con precipitación, temperatura y evapotranspiración. En 2010, el humedal PY alcanzó su máximo almacenamiento con 2003.2

m3, mientras que DT registró 1825 m3 en 2002. Las mayores oscilaciones de recursos hídricos en DT y PY ocurrieron en 1998, con 921.2 m3 y 939.0 m3, respectivamente.

Hernández y Salamanca (2019) en su trabajo de grado que lleva por título "Análisis Multitemporal del Cambio de Cobertura Vegetal y su Influencia en la Generación de Caudales Pico de La Cuenca Sardinata, del Departamento de Norte de Santander – Colombia", tuvo como objetivo se analizar el impacto de la variación de coberturas vegetales en la generación de caudales pico en la cuenca Sardinata, con el objetivo de desarrollar sistemas de alerta temprana contra inundaciones. Se utilizaron datos del Sistema de Información de Colombia (SIAC) para la extensión de cobertura vegetal entre 2000 y 2012, clasificados en tres periodos. La metodología CORINE Land Cover (CLC) se aplicó para estimar las superficies de vegetación, y el modelo hidrológico SWAT se utilizó para simular el comportamiento de los caudales en la cuenca. Durante el periodo 2000-2002, la escorrentía fue de 3822.5 mm, representando el 10.5% de la precipitación total de 28781.85 mm. En el periodo 2005-2009, la escorrentía aumentó a 9506.94 mm (10.5% de 84318.84 mm de precipitación) debido a la pérdida de vegetación arbórea. En el último periodo evaluado, la escorrentía total fue de 12517.85 mm (18.3% de 68613.80 mm de precipitación), mostrando un incremento significativo atribuido a la pérdida continua de cobertura vegetal.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto del cambio de la cobertura vegetal de bofedales sobre el rendimiento hídrico de la Subcuenca Junín mediante el uso de datos hidrometereológicos, GIS y sensoramiento remoto para el periodo 1990 – 2024.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar la cobertura vegetal de bofedales en la subcuenca Junín mediante herramientas GIS y sensoramiento remoto durante el periodo 1990 - 2024.
- Determinar la tasa de cambio de cobertura vegetal de bofedales mediante el análisis comparativo de superficies de bofedal en la Subcuenca Junín para el periodo 1990 – 2024.
- Calcular el rendimiento hídrico mediante el procesamiento de datos de hidrometeorológicos y la aplicación del modelo estocástico determinístico (Lutz Scholz) en la subcuenca Junín para el periodo 1990 – 2024.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación de la investigación

Los bofedales son coberturas vegetales que pertenecen a un ecosistema frágil que tiene el mismo nombre. Estas coberturas están ubicadas en zonas altas y llanas de las cuencas hidrográficas. Los ligeros cambios en el régimen de precipitación o alguna otra alteración meteorológica o de origen antrópico podrían llegar degradarlos o afectar sus funciones reguladoras. La importancia de este ecosistema radica en los servicios ecosistémicos que este puede proveer, ya que una de las características que hacen de este ecosistema tan especial es

su capacidad de poder almacenar agua en temporadas de alta precipitación para luego poder liberarla en los periodos de estiaje, a esto se le conoce como regulación hídrica y es un servicio ecosistémico propio de este ecosistema. Dentro de las funciones primordiales de los bofedales también se contempla que son fuentes importantes de forraje y agua para el ganado domesticado, así como centros de alta biodiversidad (Maldonado, 2015), por lo que su pérdida traería como resultado un desequilibrio ecosistémico que se traduce en la pérdida de especies endémicas, pérdida de recursos naturales para sustento económico de la población, escasez de agua y/o constantes inundaciones y variaciones en el rendimiento hídrico de la subcuenca. En ese sentido, queda definido que la relevancia de los bofedales no solo se da nivel ambiental, sino también a nivel social e inclusive en aspectos económicos.

La degradación de este tipo de cobertura vegetal responde en principalmente a las actividades antrópicas poco sostenibles de las comunidades campesinas relacionadas al área de estudio. Asimismo, el desconocimiento sobre el rol que cumple este tipo de cobertura como parte de un ecosistema complejo que se encarga de regular los flujos de agua en las cuencas y eventualmente en el rendimiento hídrico de las misma, sea una de las causas principales de su degradación. Es probable que esto se deba a que la investigación hidrológica de los bofedales suele ser muy escasa y dispersa (Mosquera et al., 2022), lo cual limita la capacidad para la implementación de estrategias que permitan hacer una mejor gestión de los recursos hídricos y vegetales que puede proporcionar todo el ecosistema de bofedal.

Bajo ese contexto, esta investigación pretende encontrar el grado de significancia existente entre las variables de estudio, llegando a establecer efectivamente que de la degradación de la cobertura vegetal de bofedales ejerce cierta influencia en el rendimiento hídrico, por medio la cuantificación de la escorrentía del área de estudio y los cambios en la cobertura vegetal de bofedal.

1.4.2. Importancia de la investigación

Con el desarrollo de esta investigación se podrá comprender la dinámica existente entre la pérdida de la cobertura de vegetal de bofedales y el rendimiento hídrico de la subcuenca de Junín; esto nos permitirá dar paso hacia mejores propuestas que permitan gestionar de una manera eficiente los servicios ecosistémicos de regulación hídrica de los bofedales, ya que no solo se abordará la regulación hídrica como una base conceptual (como casi siempre se conoce al momento de tomar decisiones en materia de conservación), sino que al cuantificar la cantidad de agua que puede producir un bofedal y relacionarla con la pérdida de la cobertura vegetal podremos dar un enfoque que posibilite, regular las toda actividad no sostenible que actualmente se desarrollando en la subcuenca. Asimismo, podremos tener un valor muy aproximado de la disponibilidad hídrica de la subcuenca que faculte la prevención de riesgos por inundaciones y desbordes de los cauces de ríos y lagunas cerca a los bofedales en temporadas de alta precipitación.

Los resultados obtenidos de esta investigación pueden ser utilizados por las autoridades regionales y municipales de la localidad de Junín, así como también, para las áreas de conservación que se encentran dentro de la subcuenca de Junín, como es el caso de la Reserva Nacional de Junín, ya que pueden servir como herramienta para dar paso a estrategias de conservación eficientes, integrales y reguladoras de este ecosistema, así como también, una adecuada gestión de recursos naturales basada en datos cuantitativos; pues, las condiciones en las zonas donde se desarrolla este ecosistema son muy frías, con poca disponibilidad de agua o desarrollo agrario; lo cual hace del bofedal el único medio para garantizar la supervivencia de las comunidades campesinas locales y las especies de flora y fauna de la zona. Finalmente, este estudio pretende incentivar la investigación en este tipo de ecosistemas andinos que no son muy estudiados pero que tienen un rol ecosistémico de mucha importancia.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- El cambio de la cobertura vegetal de bofedales en la Subcuenca Junín influirá significativamente en su rendimiento hídrico.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La cobertura vegetal de bofedales en la subcuenca Junín ha experimentado cambios significativos durante el periodo 1990–2024.
- La cobertura vegetal de bofedales en la subcuenca Junín presenta una tasa de cambio variable en el periodo 1990–2024.
- El rendimiento hídrico de la subcuenca Junín presenta variaciones temporales significativas durante el periodo 1990–2024.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Bofedales

Tambien llamados como turberas andinas, vegas, pantanos de colchones, oconales o pastizales húmedos. Se localizan en los límites hidrológicos y altitudinales de la vida vegetal, en la zona fría de pastizales de Perú. Los bofedales abarcan el 0.8% del territorio nacional (INAIGEM, 2023), son unidades vegetales que forman parte de todo un ecosistema de alta montaña y funcionan como soporte de una diversidad única de biota endémica la cual depende de los ecosistemas para anidar, conseguir agua y alimento (Machuca, 2018). Se caracterizan por estar cubiertos por un conjunto de vegetación hidrófila, siempre verde y en forma de "cojín", capaz de vivir en ambientes de alta humedad edáfica o regímenes constantes de humedad durante todo el año. Sin embargo, también se ha encontrado que los bofedales pueden ser estacionarios, presentando hidroperiodos que marcan pequeñas oscilaciones en la cantidad de agua en los bofedales respecto de las condiciones de humedad o sequias.

Pese a su limitada extensión, este tipo de coberturas pertenecen a ecosistemas estratégicos de reserva y sostenibilidad del ciclo hidrológico, pues, casi siempre los lugares en donde se ubica este ecosistema son zonas en donde se inician los cursos de agua (Calvo, 2016). Por lo general, los bofedales toman lugar en los valles fluvio-glaciares, que se caracterizan por ser zonas llanas o ligeramente inclinadas, pero a gran altitud y casi siempre están acompañados de algún flujo de agua que proporcione un aporte hídrico representativo para mantener la humedad del bofedal. Estos pueden ser: el agua proveniente del derretimiento de glaciares, aguas subsuperficiales, estanques, arroyos, lagos, manantiales, etc. (Maldonado, 2015).

La escasa presencia del oxígeno en las zonas altas de los andes donde se ubican los bofedales y el poco drenaje que presentan los suelos de los bofedales, han favorecido la formación y/o acumulación de un gran colchón de materia orgánica, compuesta principalmente de la descomposición anaerobia de raíces muertas de la vegetación del bofedal y del gran contenido de materia orgánica ya existente en los suelos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015); siendo esta otra característica de los bofedales.

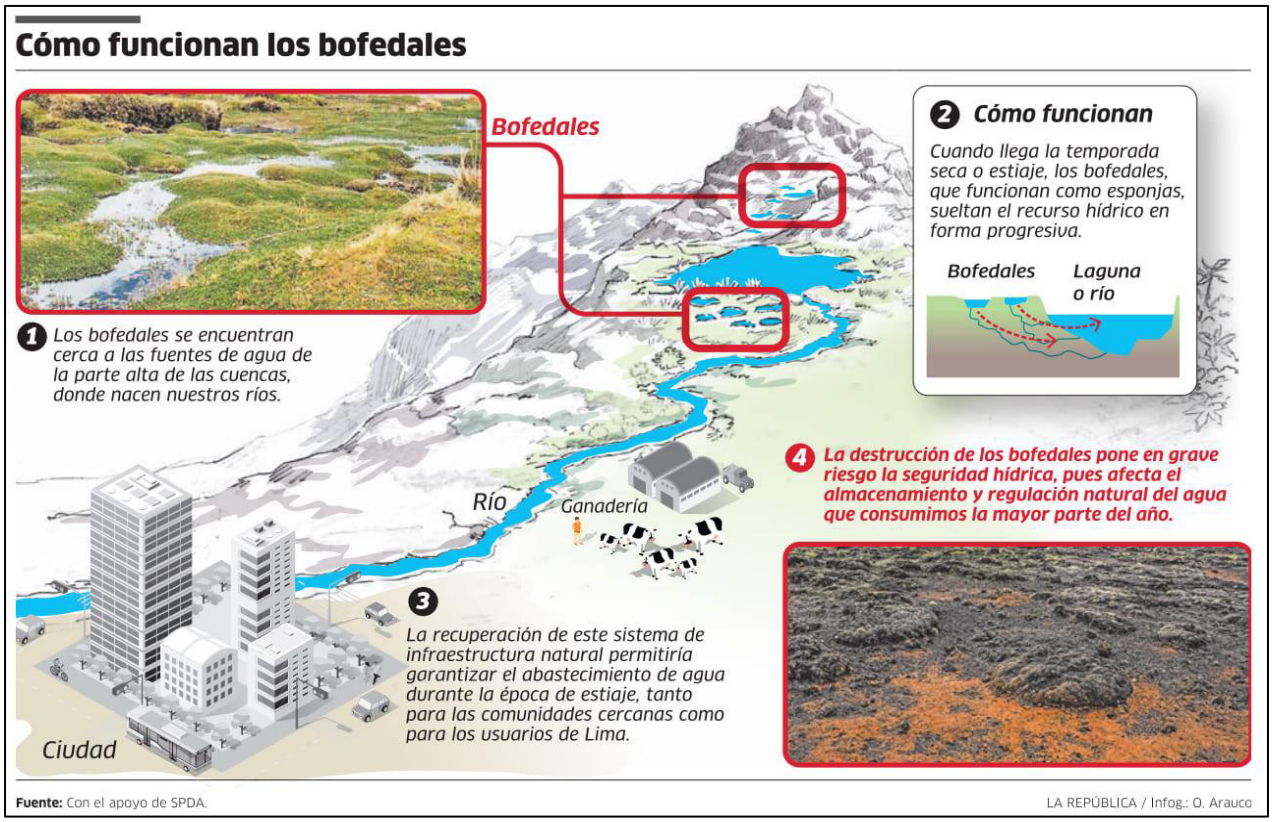
Los bofedales son ecosistemas de extremada fragilidad y vulnerabilidad. El cambio climático (asociado a alteraciones en los regímenes de precipitación) y, principalmente, la expansión de las actividades humanas no sostenibles, han hecho que este ecosistema sea degradado a lo largo del tiempo. Esto se debe a que los bofedales mantienen una vegetación regularmente densa durante todo el año, convirtiéndolos en una pradera siempre verde y a disposición permanente para las comunidades locales, haciéndolos aprovechables como recurso para pastoreo de camélidos andinos, que de por si es una de las principales actividades económicas en los andes (Argote, 2018). Asimismo, la explotación de la turba y quema de pastizales sosteniendo que generará un rebrote vigoroso de la vegetación o para facilitar la caza, son otros factores que han permitido el avance de la degradación de este valioso ecosistema y son principalmente impulsados por el desconocimiento de la importancia de los bofedales.

Por otro lado, la gran importancia de este ecosistema está en su capacidad de captar, almacenar y filtrar agua, convirtiéndolos en puntos ecológicos de alta biodiversidad, tambien llamados, “hotspots”, en donde diferentes tipos de fauna puedan beber, cazar y anidar; así como tambien, se encargan de proporcionar un terreno mucho más fértil para la flora típica del lugar (De la Fuente et al., 2021). No obstante, como parte de su servicio ecosistémico de regulación hídrica, los bofedales liberan agua hacia zonas bajas de las cuencas, y de esta manera contribuyen en el rendimiento hídrico de la misma. Esta agua liberada en épocas de estiaje es utilizada para el beneficio y sustento de las comunidades y familias locales. Finalmente, los

bofedales son ecosistemas de suma importancia por su fragilidad, provisión de servicios de regulación, formación de suelo y conservación de la biodiversidad (Jiménez, 2018).

Figura 1

Infografía sobre el funcionamiento de un bofedal



2.1.1.1. Servicios Ecosistémicos de los bofedales. Es muy común que en el medio altoandino la presencia de recursos hídricos, energía u alimento para ganado sea muy escaso, por lo que en muchos de los casos las comunidades locales, animales y flora se ven en la necesidad de buscar un medio en donde puedan obtener recursos que permitan su subsistencia; en tal sentido, uno de los principales roles que cumplen los bofedales radica en provisionar los recursos necesarios para sustentar la vida, ya sea otorgando agua en épocas de escasa precipitación, siendo un medio para la alimentación de ganado, controlando la erosión del suelo y/o conservando la biodiversidad.

Llamamos servicio ecosistémico, a todo beneficio que se obtiene de los bienes y servicios que los ecosistemas ponen a disposición de las personas. Los servicios ecosistémicos que brindan los bofedales constituyen patrimonio de la nación y pueden clasificarse en servicios de provisión, de regulación, de apoyo y culturales. (Flores et al., 2014).

En ese sentido, los servicios ecosistémicos de regulación están asociados a funciones invisibles o de no consumo que muchas veces se dan por sentado pero que realmente tienen una gran relevancia en el equilibro del ambiente, pues al ser dañados o alterados las repercusiones en el entorno se traducen en pérdidas de los valores ecosistémicos difíciles de recuperar. Los servicios de regulación no requieren de la intervención humana o mercados para ser obtenidos; y están comprendidos entre el secuestro de carbono, moderación de eventos climáticos, descontaminación de aguas servidas, reciclaje de nutrientes, polinización y control biológico (Camargo et al., 2012).

Tabla 1

Servicios Ecosistémicos de regulación

Tipo de servicio Ecosistémico	**Servicio Ecosistémico**	**Detalles**
Regulación	Almacén de carbono	Este servicio es propio de la turba, cuya característica principal está en la captación de CO_2.
	Control de erosión	La cobertura vegetal permanente del bofedal disminuye la velocidad de las gotas de la precipitación al impactar con su superficie.

Tipo de servicio Ecosistémico	Servicio Ecosistémico	Detalles
	Purificación de agua	Mejoran la calidad del agua al captar metales y/o contaminantes en su densa capa de raíces y materia orgánica.
	Regulación hídrica	Producto de la turba, la cual funciona como una esponja que retiene el agua en su interior, reduciendo a su vez los flujos de agua subsuperficial.
	Regulación del clima local	La captura de agua del bofedal produce que este actúe como termorregulador, lo cual genera que la variación de temperaturas no sea muy abrupta.
	Regulación de clima global	Se relaciona con la cantidad de carbono que puede fijar la turba del bofedal. Es muy común que al degradar el bofedal parte de este carbono escape.

2.1.1.2. Servicio Ecosistémico de Regulación Hídrica. Este servicio ecosistémico de los bofedales es uno de los más importantes respecto a regulación, ya que es el encargado de mantener un flujo constante de agua durante todo el año. Se refiere a la fracción de precipitaciones que son interceptadas y posteriormente infiltradas a la napa freática, contribuyendo a mantener un flujo constante de agua en forma de escorrentía (Camargo et al., 2012). Este proceso inicia cuando la precipitación entra en contacto con la con la vegetación superficial del bofedal, donde, gran parte de ella se perderá por evaporación. Sin embargo, el

agua residual se juntará y escurrirá hasta acoplarse al agua proveniente de la precipitación directa (aquella que llega directamente al suelo y no fue interceptada por la vegetación) quedando así a completa disposición de la vegetación del bofedal. Otra parte de la precipitación será aquella que, si logro llegar a niveles mucho más inferiores del suelo, llegando a conformar pate de la escorrentía subsuperficial. En ese sentido, la capacidad de regulación hídrica en los bofedales quedará definida por el tipo de cobertura vegetal presente en el bofedal, por el tipo de suelo y por el régimen de precipitación.

Otro factor importante que debemos tener en cuenta en torno a este servicio ecosistémico se encuentra en la dinámica de los acuiferos. Como ya se mencionó, los bofedales son capaces de aportar un régimen constate de agua en forma de escorrentía, especialmente cuando la intensidad de las precipitaciones disminuye, y esto es gracias a la gran cantidad de agua que aportan los acuiferos debajo de los bofedales. El continuo aporte de agua de los acuiferos hacia los bofedales, cuando las recargas son muy bajas genera el agotamiento de las reservas de agua llevándolos hasta un punto de no retorno en donde la capacidad de proveer agua del bofedal será cada vez mucho menor. Asimismo, la degradación de la cobertura vegetal del bofedal elimina la posibilidad de tener áreas de almacenamiento de agua adicionales (Camargo et al., 2012).

En ese sentido, para evaluar el funcionamiento del servicio ecosistémico de regulación hídrica, es necesaria establecer un modelo o diseño que permita monitorear las tendencias de los cambios en la cobertura vegetal o cambio uso de suelo en relación con la cantidad de agua que van liberando los bofedales; asimismo, la cuantificación de estos valores debe ser tomados en cuenta en las estratégicas de gestión de recursos hídricos (RAMSAR, 2018).

Figura 2

Bofedales - Laguna de Junín



2.1.1.3. El rol de los bofedales en los ecosistemas. Los bofedales cumplen un rol imprescindible en el entorno andino. No solo son fuente de recursos hídricos, sino que también forman parte del sustento económico, social y cultural de las poblaciones locales que hacen uso de los recursos que este ecosistema provee. De hecho, desde tiempos muy remotos, los bofedales fueron parte clave para la supervivencia y desarrollo de antiguas civilizaciones de los andes.

La importancia de los bofedales puede ir desde valores cuantitativos como la valoración económica de sus servicios ecosistémicos, estimaciones de caudales de escorrentía, captura de carbono, etc. Hasta valores estéticos, espirituales o totémicos (RAMSAR, 2018, p. 38) que los mismos usuarios les otorgan. En ese sentido, desde una perspectiva de valoración cualitativa, la importancia que tiene el bofedal en la belleza paisajística inclusive como centro de esparcimiento, recreación y/o turismo es muy significativa. Asimismo, los bofedales, como valor sociocultural, han permitido el desarrollo de una cultura pastoril desde tiempos muy

remotos que ha permitido la subsistencia del hombre en un medio con pocos recursos hídricos y bajas temperaturas (Gómez, 2016).

Es muy común que se busquen estimaciones económicas de los servicios ecosistémicos de los bofedales y por lo general estas estimaciones van asociadas al valor que se generaría al perder este ecosistema, o tambien, según la disponibilidad a pagar de los usuarios de los bofedales por aprovechar los recursos que este provee. No obstante, el valor económico del bofedal también está asociada al valor monetario que generaría reparar algún desastre natural que se suscite por no haber tomado medidas de conservación (Barbier et al., 2011). Un claro ejemplo serían los costos de los daños que generaría un evento de inundación, la muerte de ganado por falta de alimentos, la afectación de la calidad de aire, la escasez del agua, entre otros. En la práctica podemos poner el ejemplo de lo que sucedió en el Río Charles donde la conservación de 3 800 ha de humedales reduje el daño por inundaciones en un estimado de 17 millones USD al año (RAMSAR, 2018, p. 40).

En el contexto del cambio climático, la demanda de agua es mucho más significativa que años atrás, los constantes riegos de sequias o inundaciones y las duras condiciones meteorológicas de los andes, dan mucha más relevancia a la importancia y/o rol que desempeñan los bofedales, ya que son justamente ellos los que son la clave para dar pie a estrategias que permitan el desarrollo sostenible de las poblaciones que dependen de ellos (RAMSAR, 2018). Asimismo, estos contribuyen de muchas formas con 75 indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

2.1.1.4. Pérdida de la cobertura vegetal de los Bofedales. Pese a los beneficios que este ecosistema provee, muchas veces su importancia queda relevada por otros cuerpos de agua (ríos, arroyos, lagos, etc.) Este enfoque limitado que se les da a los bofedales ha traído la disminución de su cobertura de un 30% a un 90% a nivel mundial y la causa principal está en

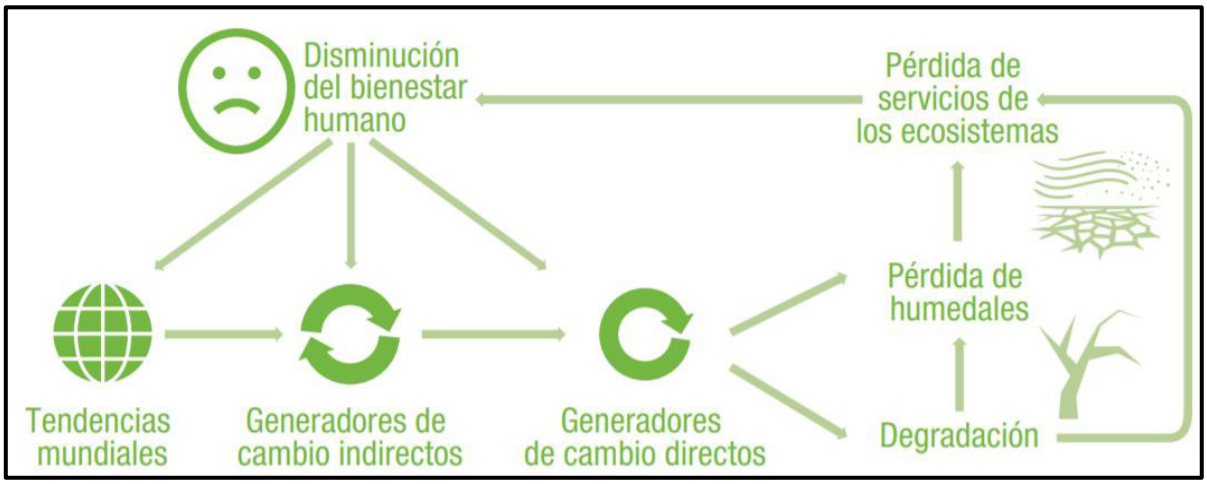
la conversión de tierras o cambio de uso de suelo (Golden et al., 2016). La tasa media anual de pérdida de humedales naturales estimada por el índice WET es de un -0,78% al año; más de tres veces superior a la tasa media anual de pérdida de bosques naturales (un -0,24% al año) entre 1990 y 2015 (RAMSAR, 2018) que es la pérdida de alrededor de unos 8,8 millones de ha por año y una ganancia de 2,2 millones de ha por año (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015)

La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional o simplemente RAMSAR, agrupa en tres grupos a los elementos que generan degradación o cambios en el ecosistema de bofedales, a cada uno de estos grupos se les conoce con el nombre de "generador de Cambio". Siendo el primer grupo los generadores directos, los cuales se caracterizan por ser los elementos naturales o de origen antrópico que dañan o alteran el equilibrio del bofedal; asimismo, se tienen generadores indirectos, los cuales ya van más ligados a eventos regionales; estos a su vez inciden en generadores primarios. Finalmente se tienen a las tendencias mundiales, que son eventos (por lo general climáticos) que repercuten en la integridad de los bofedales (RAMSAR, 2018, p. 45)

Se debe tener en cuenta que cada amenaza a la que están sometidos los bofedales produce, necesariamente, un conjunto único de alteraciones. Es así que cuando un bofedal está sometido a una gran variabilidad de amenazas, existirá una superposición bastante considerable de alteraciones, siempre y cuando estas amenazas guarden cierta relación.

Figura 3

Generadores de cambio en los bofedales



2.1.1.5. Pérdida de la cobertura vegetal de los Bofedales en la Subcuenca de Junín. Los estudios del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales de la Universidad Nacional Agraria La Molina revelan que una parte importante de los bofedales muestran severos signos de deterioro debido al efecto combinado del cambio climático y el sobrepastoreo (Flores et al., 2014) y, en efecto, la subcuenca de Junín no es ajena a ello.

La subcuenca de Junín es un territorio muy especial, no solo porque cuenta con una gran extensión de bofedales, sino porque en gran parte de su territorio se encuentra la Reserva Nacional de Junín. Un área natural protegida que tiene como objetivo la conservación de la flora y fauna silvestre y las bellezas escénicas del lago Junín. (SERNANP, 2012, p. 28)

Dentro de la principal problemática que afronta la subcuenca de Juni, está la constante vulneración al Lago Junín o Chinchaycocha, el cual, a su vez, es el principal aportante de recursos hídricos de la zona, inclusive de gran importancia para mantener la integridad de los bofedales. Muchos años antes del 1974 (la creación de la reserva nacional de Junín), las actividades mineras fueron una de las principales amenazas ambientales dentro de la subcuenca, el vertimiento de efluentes cargados de cadmio, hierro, plomo y cobre ha generado la perdida de especies, y obviamente la degradación de las coberturas vegetales como bofedales

y totorales) que de por cierto han funcionado como barreras naturas, facilitando la captura de los contaminantes de mineros aunque no ha sido, pues según el plan maestro de la reserva nacional de Junín 2008 - 2012 (SERNANP, 2012, p. 133) la afectación total de todo el área fue de 80000 hectáreas alrededor del lago, depredando más del 80% de especies entre flora y fauna. Las principales mineras que a la fecha aún siguen operando son las siguientes:

Figura 4

Mineras que vienen operando en la Subcuenca de Junín

Unidad Minera	Componente a extraer
Volcán Compañía Minera	Zinc
Sociedad Minera Brocal	Cobre y Plata
Compañía Minera Aurex	Oro

Nota. Estas son las 3 mineras que siguen operando dentro de la subcuenca. Tomado de "Plan Maestro Reserva Nacional de Junín 2008 – 2012", por SERNANP, 2012.

Asimismo, otra fuente de afectación directa al lago Junín y por ende a la flora y fauna del ecosistema, está en el vertimiento de aguas residuales provenientes de la población de Cerro de Pasco y principalmente del distrito de Simón Bolívar (en los asentamientos humanos de Paragsha, Champamarca, Rancas, Quiulacocha), pues estos vertimientos disponen una gran cantidad de materia orgánica en las aguas del lago, la cual con el tiempo acelerará el proceso de eutrofización de sus aguas haciéndolas más ácidas, contribuyendo así con la degradación del ecosistema de los bofedales. Según (Cusiche y Miranda, 2019) la concentración de coliformes termotolerantes en período de lluvia son menores con respecto al periodo de estiaje del cuerpo de agua del lago, lo que sugiere que estas aguas son vertidas sin ningún tipo de tratamiento.

Figura 5

Contaminación del Lago Chinchaycocha



Los residuos sólidos tambien son una fuente de degradación de los bofedales, pues estos tambien están conformados por residuos inorgánicos, los cuales originan lixiviados jóvenes que con el tiempo afectan la calidad del agua que usan los bofedales para mantener su vigor y vegetación, asimismo, estos residuos sólidos afectan la cobertura superficial de la vegetación del bofedal, impidiendo que esta vuelva a regenerarse, afectando así a la fauna que hace uso de esta cobertura para anidar o alimentarse. Según (Loza y Mendoza, 2017) la ciudad de Junín produce 7 t/día de residuos sólidos, de los cuales unas 2 t/día se deja en riachuelos, alrededor del lago o en terrenos eriazos, similarmente Carhuamayo produce 3.5 t/día y Ondores 1.2 t/día, donde la gran parte de estos residuos terminaran en la superficie del lago o degradando las coberturas vegetales.

Figura 6

Recojo de Residuos Sólidos en el Lago Chinchaycocha



Por otro lado, más allá de las actividades minera, residuos sólidos o la contaminación por vertimientos. Las actividades antrópicas son la principal amenaza a la cual se enfrentan los bofedales, pues sus impactos repercuten directamente en ellos. El desarrollo de la ganadería, la quema de pastizales o totorales, el champeo e incluso la agricultura de subsistencia son las principales amenazas que degradan los bofedales.

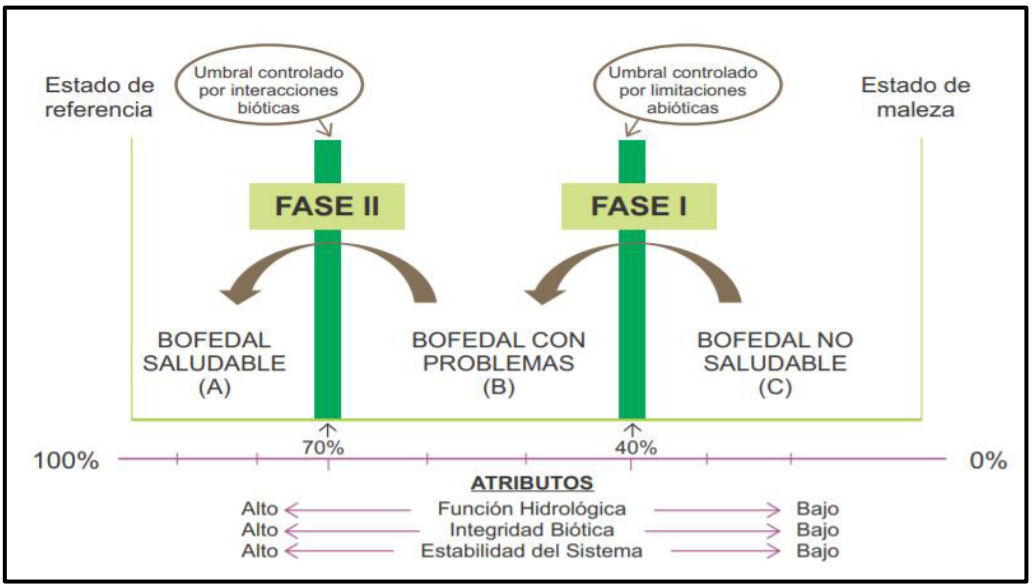
Para el caso del desarrollo ganadero, en la subcuenca de Junín se determinó que la cantidad máxima o adecuada de ganado ovino está representada por 1 cabeza de ganado ovino por cada 2 hectáreas, mientras que para el caso del ganado vacuno es de una cabeza de ganado vacuno por hectárea (SERNANP, 2012, p. 134). Sin embargo, en muchos de los casos no se respeta estos límites propuestos pues en la práctica la ganadería es la principal fuente de subsistencia de estas comunidades por lo que es de esperar que en una familia no solo haya una cabeza de ganado. Por ejemplo, solo en la comunidad de Santa Clara de Chuiroc, con 147 comuneros, se tiene un estimado de 5000 cabezas de ganado ovinos y 1500 alpacas (Portillo, 2021). Estos números nos pueden dar una idea más clara del problema que representa el sobrepastoreo dentro de la subcuenca, el sobrepastoreo se da cuando se excede la capacidad de

recursos alimenticio que, en este caso, los bofedales brindan a los animales. Esto a su vez genera que el proceso de erosión de repercuta significativamente en la superficie del bofedal, además, limita la capacidad de regulación hídrica y de captura de carbono; así como también aumenta el proceso de compactación del suelo (Argote, 2018).

Finalmente, pero no menos importante, se encuentran los efectos por el cambio climático. En un estudio sobre el comportamiento hidrológico del agua de los bofedales, se concluyó que los bofedales que son alimentados principalmente por las precipitaciones son mucho más vulnerables al cambio climático que aquellos bofedales que son alimentados por aguas subterráneas. (Lee et al., 2020)

Figura 7

Estado de salud de un bofedal



Nota. El esquema muestra los umbrales que determinan el estado de conservación del bofedal. Tomado de "Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales", por Flores et al., 2014**.**

La agricultura una actividad escasamente desarrollada, limitada a pequeños campos de cultivo y huertos familiares. La agricultura es extensiva y de subsistencia, por las dificultades y condiciones ambientales de la zona (MINAM, 2017). En efecto, la perdida de cobertura vegetal de bofedales respecto de la agricultura va relacionada tambien a la quema de la cobertura vegetal o pastizales, pues la finalidad principal es el de crear espacios, o tambien "revigorizar" la vegetación, tambien se quema la cobertura con fines de caza o extracción de especies que forman parte de la dieta de los pobladores. En efecto estas amenazas, pese a provenir de diferentes actividades sobreponen y se relacionan entre si creando impactos de gran magnitud que finalmente repercutirán en la cobertura vegetal de bofedal.

2.1.1.6. Factores de degradación de bofedales. El termino de degradación se define como la pérdida parcial o total de los factores de producción de los ecosistemas que alteran su estructura y funcionamiento, disminuyendo su capacidad de proveer de bienes y servicios. La degradación es causada por perturbaciones externas (principalmente antrópicas) sobre un ecosistema hasta tal punto que se ha afectado la capacidad natural de recuperación de los mismos. El proceso de degradación se origina por el sobre aprovechamiento que se les da a los servicios que un ecosistema pone a disposición. (MINAM, 2019)

Para el caso de las coberturas vegetales de bofedales, se ha indicado que esta vegetación forma parte de este ecosistema que se caracteriza por brindar múltiples beneficios o servicios ecosistémicos en zonas altoandinas donde las condiciones climáticas hacen que la disposición de recursos sea muy limitada. Bajo este contexto, la degradación de estas coberturas se da cuando las intervenciones humanas son constantes y no son bien manejadas hasta que eventualmente se convierten en una amenaza para la integridad del bofedal (INAIGEM, 2023, p. 42).

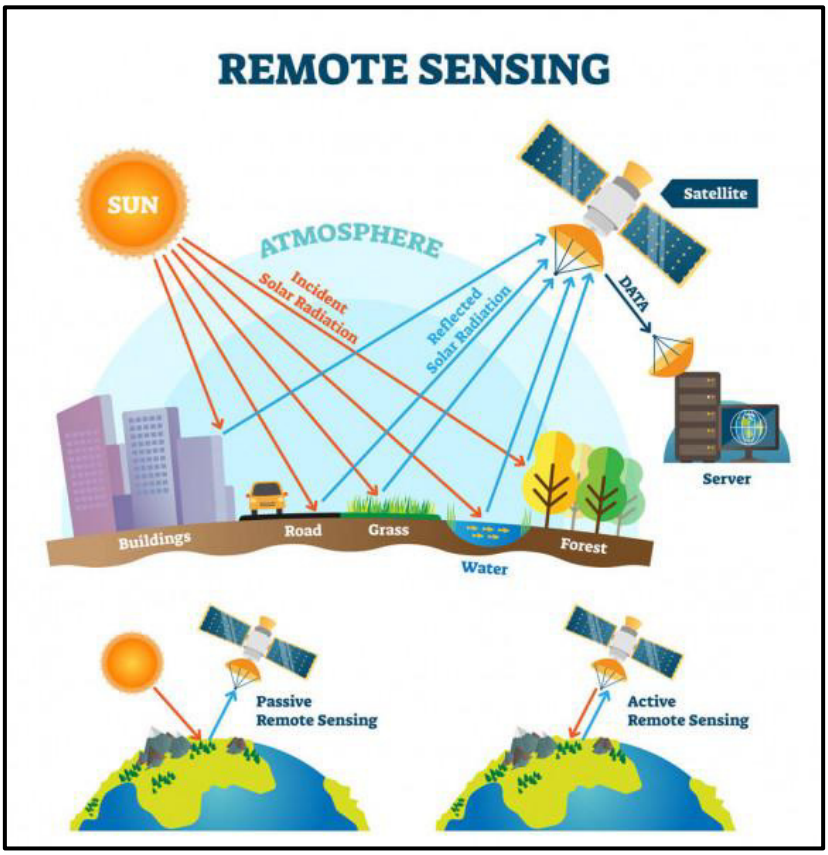
Solo por mencionar algunos factores que generan la degradación de estas coberturas se describen como principales a los siguientes: La extracción de la turba, que se basa en la extracción de las capas superficiales de la cobertura vegetal de bofedal para secarla y eventualmente usar el material como leña o combustible para la generación de fuego. Se señala también, a alteraciones hidrológicas, que son originadas por la canalización de recursos hídricos hasta tal punto que limita el flujo de agua que llegan a los bofedales acelerando la descomposición de la turba y eventualmente la muerte de las especies vegetales del bofedal; el sobrepastoreo, que cuando se hace extensivo, evita la recuperación de biomasa aérea y paulatinamente la presencia del ganado favorece la aparición de hierbas introducidas. (INAIGEM, 2023, p. 44)

2.1.2. Teledetección

La teledetección siempre ha funcionado como una herramienta bastante optima y funcional cuando se desea determinar tipos de coberturas vegetales, cuerpos de agua y cambios en el suelo. A partir de las imágenes satelitales se pueden calcular índices espectrales, que son el resultado de las combinaciones de varias bandas del espectro electromagnético y su función es realzar la cubierta vegetal en función de su respuesta espectral (Jara et al., 2019). La teledetección se basa en el conjunto de técnicas o herramientas en donde se podrá hacer un análisis de la superficie terrestre por medio del uso de sensores remotos.

Figura 8

Teledetección

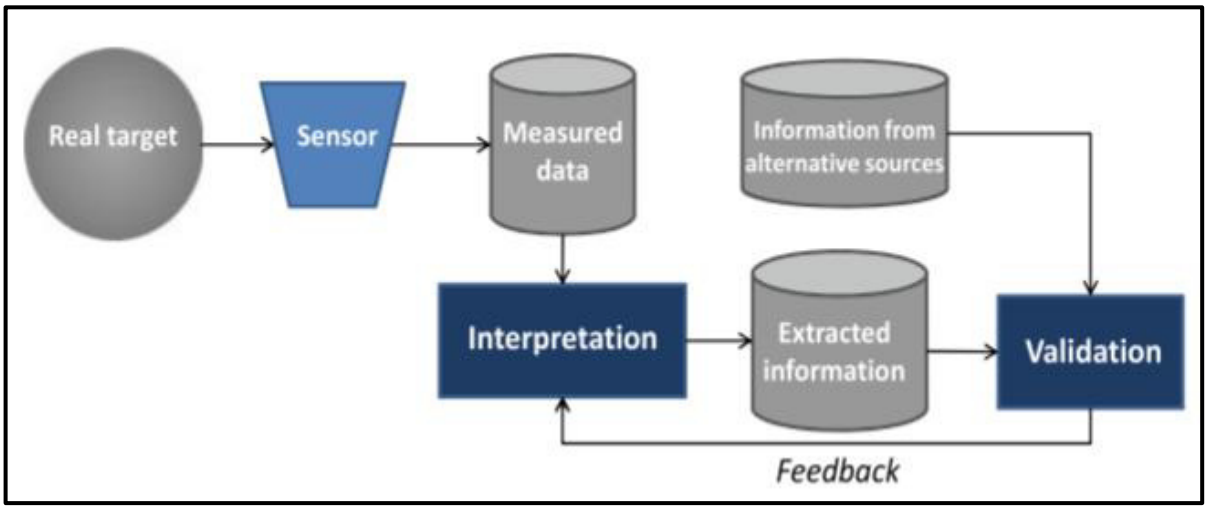


2.1.2.1. Principio de Teledetección. De manera formal la teledetección está definida como el proceso de obtención de información sobre el estado o situación de la superficie terrestre por medio de sensores, de manera que no exista contacto directo o físico entre el sensor y el elemento a evaluar. De forma específica la teledetección es una tecnología interdisciplinaria que usa principios atmosféricos, ópticos y radiométricos, electromagnetismo, procesamiento de señales, ciencias ambientales, etc. (Efremenko y Kokhanovsky, 2021, p. 2)

Todo proceso de teledetección está basado en una misma funcionalidad, pues, la obtención de la información se da cuando una señal proveniente de la fuente de radiación electromagnética interactúa con el objeto de interés (atmósfera en nuestro caso), y luego es medida por el instrumento

Figura 9

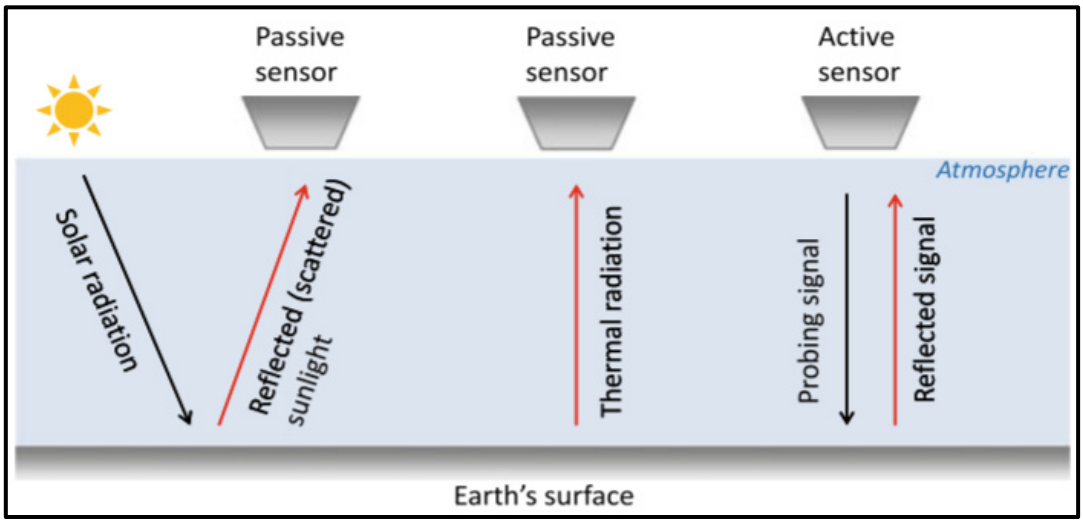
Fundamento de la teledetección



Los instrumentos de teledetección pueden ser sistemas activos o pasivos. La teledetección pasiva se caracteriza por la porción de radiación solar que es reflejada por los objetos y que finalmente son los satélites los que la reciben. Las imágenes satelitales pertenecen a la teledetección pasiva y son utilizadas como herramienta para la toma de decisiones en la conservación de la biodiversidad, ya que, por medio del análisis, se puede monitorear y vigilar que fueron degradas o que necesitan de alguna medida de intervención para su recuperación (Sánchez-Díaz, 2018). Por otro lado, la teledetección activa se caracteriza porque en este caso el satélite será el que emita un pulso electromagnético (radiación) y será reflejada por los objetos. Por ejemplo, LiDAR es una tecnología de teledetección activa que permite obtener información tridimensional y continua de la estructura arbórea, constituyendo una herramienta útil para complementar los inventarios forestales en los trabajos de campo (Sánchez-Díaz, 2018)

Figura 10

Principio de Teledetección y Tipos de Sensores



2.1.2.2. Teledetección de coberturas vegetales. Se ha comprobado que el uso de la teledetección para determinar cambios en el suelo o vegetación ha sido bastante útil para el análisis de estados de conservación o para el desarrollo de estudios multitemporales de agua o coberturas vegetal. Sin embargo, para el caso de los bofedales o humedales altoandinos, el proceso de teledetección es mucho más limitado, debido a las condiciones, ubicación y especialmente a la constante interacción que tienen los bofedales con el agua en donde estos ecosistemas se encuentran (Jara et al., 2019).

Generalmente los análisis de teledetección en coberturas vegetales (por ejemplo, la de los bofedales) tienen como objetivo cuantificar los mapas e historiales de inundaciones de humedales carecen de la resolución y precisión necesarias para la calibración y las evaluaciones de modelos hidrológicos (Di Vittorio y Georgakakos, 2018) y esto se debe a que muchas veces no se considera la estacionalidad de los bofedales, ya que cuando hay mucha precipitación en los bofedales tienen a expandirse, mientras que cuando baja el régimen de precipitación su extensión disminuye considerablemente.

Una forma de poder entender la evolución de la cobertura del suelo en las áreas protegidas es haciendo un seguimiento de su vegetación; para ello, es muy útil realizar la identificación de la reflectancia espectral de la vegetación, el cartografiado y su distribución utilizando Teledetección (Flores et al., 2020). A continuación, se mostrará algunas técnicas más utilizadas para la detección de las coberturas vegetales.

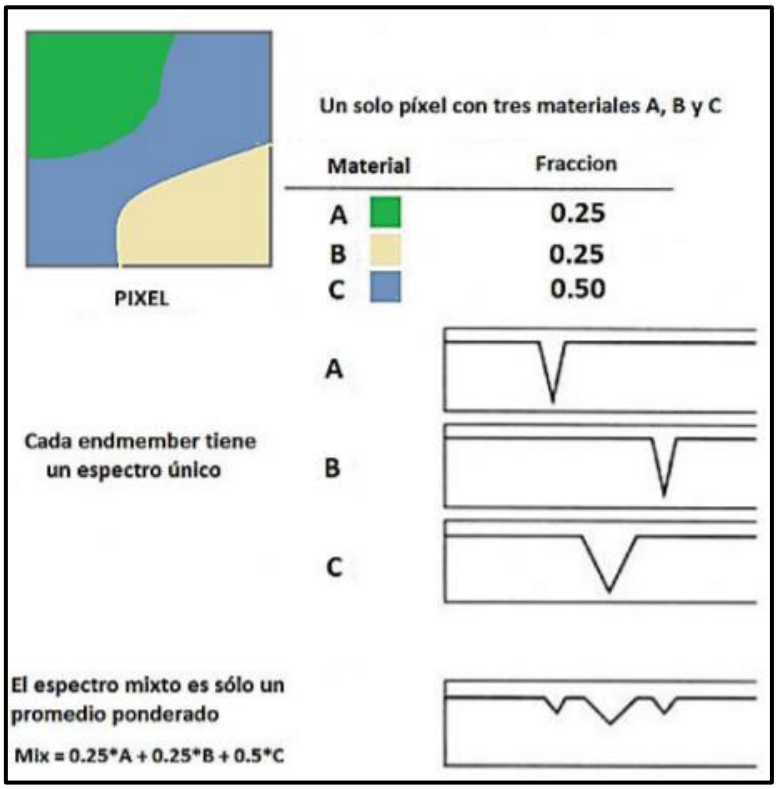
2.1.2.3. Análisis Lineal de Mezclas Espectrales ALME. Actualmente, el algoritmo de clasificación conocido como Análisis Lineal de Mezclas Espectrales (ALME) o en inglés Spectral Mixture Analysis (SMA), es una alternativa a los métodos convencionales de clasificación digital de imágenes de satélite. Algunos autores han destacado la utilidad de este algoritmo para el cartografiado de humedales (García y Lleellish, 2012)

2.1.2.4. Linear Spectral Unmixing. Esta técnica de teledetección se basa en el uso de SMA (Spectral Mixture Analysis – Análisis de Mezcla Espectral), en donde se considera los conjuntos espectralmente puros de la imagen, en pocas palabras, selecciona los valores más puros de las firmas espectrales (lo cual se le conocerá como endmember), los cuales al ser unidos originan una firma espectral mixta que será el valor de reflectancia total del píxel.

Lo que hace esta herramienta separar las firmas espectrales mixtas y multiplicarlas por el valor de sus de reflectancia más puro del endmember, para dar origen a una ponderación de reflectancia mixta según la fracción o grado de reflectancia de su endmember (Garcia, 2018). Asimismo, la elección del endmember, es de vital importancia, pues, la correcta elección de los mimos será el factor determinante para el éxito o fracaso del LSU, pues es este la manera

Figura 11

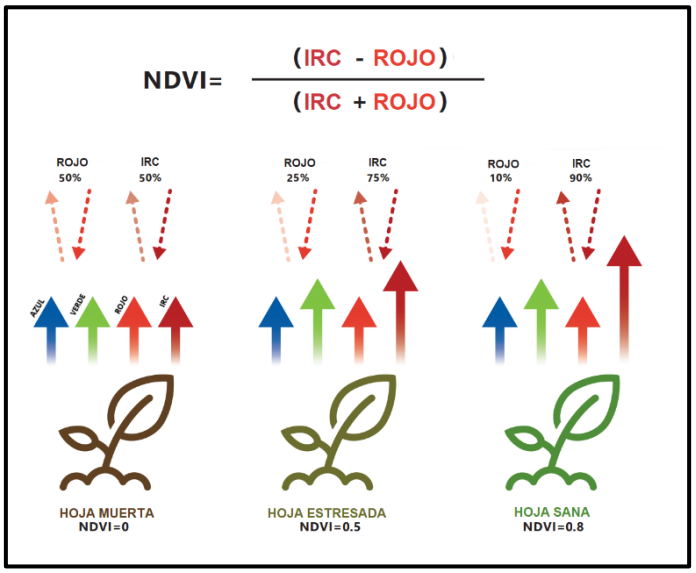
Funcionamiento del Linear Spectral Unmixing



2.1.2.5. Índices Espectrales. El NDVI de*nota* un índice adimensional que define la cobertura vegetal con la diferencia entre la reflectancia visible e infrarroja cercana. Este índice es uno de los más utilizados para monitorear la dinámica de la vegetación a escala regional y global. Por lo general los valores del NDVI se utilizan en la estimación de la densidad de vegetación y su valor debe estar entre -1 y +1, cuando se detectan zonas donde hay muy poca cobertura vegetal o es inexistente el valor del NDVI se hará más negativo, mientras que para los valores en onde la cobertura vegetal es densa y vigorosa, el valor del NDVI será más positivo (Ashok et al., 2021).

Figura 12

NDVI



Este índice hace uso de la reflectancia de ciertas bandas, por lo que esto podría cambiar según el satélite (sensor) que se emplee para hacer el análisis. Por ejemplo, si se utilizara el censo Landsat 7 u 8, el NDVI estaría condicionado al uso de las bandas 5 y 4, NIR (infrarrojo cercano) y RED (rojo visible), respectivamente.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

Por otro lado, además de la vegetación, tambien existe índices espectrales que permiten detectar cuerpos de agua o humedad en el suelo de las imágenes satelitales, tal es el caso de NDWI. Sin embargo, este índice está fuertemente relacionados con el contenido de agua de la vegetación, y, por lo tanto, es una buena representación para la medición del estrés hídrico de la en la vegetación (Ashok, Ponnamma, & K.V., 2021).

Al igual que con el NDVI, este índice espectral tambien depende del tipo de sensor y banda que se utilice, usando el mismo ejemplo anterior, para una imagen Landsat 8, el índice se calcularía con la siguiente formula.

$$\text{NDWI} = \frac{\text{NIR} - \text{SWIR}}{\text{NIR} + \text{SWIR}}$$

Tabla 2

Cálculo de índices de coberturas vegetales

ÍNDICE	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	BANDAS
			Landsat - 8
NDVI	Índice de vegetación normalizado	NDVI=(NIR-R) /(NIR+R)	(b5-b4) /(b5+b4)
SAVI	Índice de vegetación ajustado con el suelo	SAVI=((NIR-R) / (NIR+R+L)) *(1+L) L= componente de brillo del suelo (0,5)	((b5-b4) / (b5+b4+L)) *(1+L)
NDWI	Índice de agua de diferencia normalizada	NDWI=(NIR-GREEN) / (NIR+GREEN)	(b5-b3) / (b5+b3)
WDRI	Índice de vegetación de rango dinámico amplio	WDRI=((0,05·NIR)-R) / ((0,05·NIR) +R)	((0,05*b5)-b4) / ((0,05*b5) +b4)
EVI	Índice de vegetación mejorado 2	EVI2=2.5 · (NIR -R) / (NIR + 2.4 * R + 1.0)	2.5*(b5 –b4) / (b5 + 2.4*b4 + 1.0)
Red Edge	Red Edge modelo	RE= NIR/ Red Edge-1	

Nota. El cálculo del Red Edge, solo aplica para el sensor Sentinel 2A. Luego, los índices SAVI, EVI, WDRI son ajustes que se les realiza al NDVI y NDWI. Tomado de "Estudio de bofedales en los Andes ecuatorianos a través de la comparación de imágenes Landsat-8 y Sentinel-2", por Jara et al., 2019.

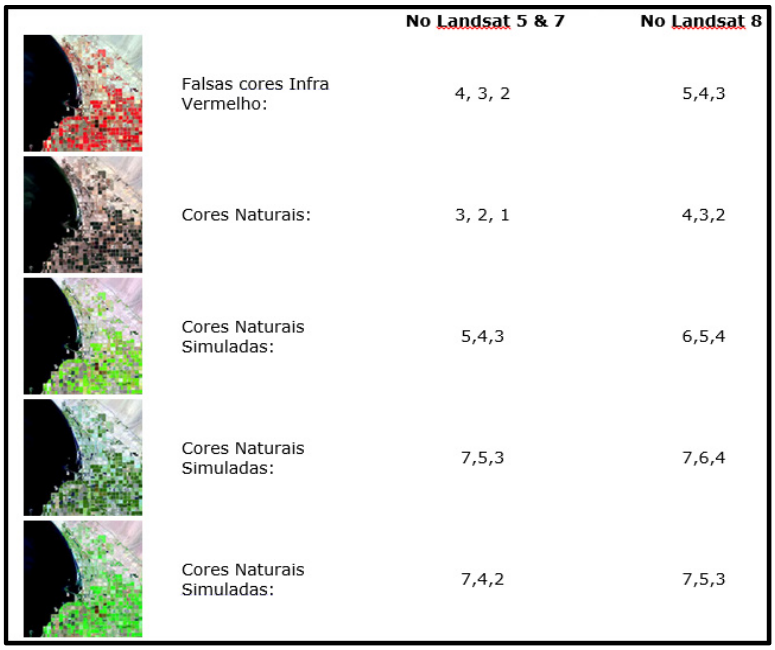
2.1.2.6. Landsat.

- Satélite Landsat 5: Incorpora el sensor TM (Thematic Mapper) diseñado para la cartografía temática. Es un equipo de barrido multiespectral, frente al MSS, el TM aumenta el número de detectores, de 24 a 100, aumenta los niveles de codificación y se realiza el barrido en dos direcciones. Mejora la resolución espacial, espectral y radiométrica: de 79 a 30 m, de 4 a 7 bandas, y de 6 a 8 bits. Consta de 7 bandas, 3 del RGB, 1 del sensor infrarrojo (NIR) y dos más para el infrarrojo medio y una banda termal. Asimismo, su resolución es de 30 m (Castillo, 2019)
- Satélite Landsat 7: El Landsat 7 está equipado con un instrumento principal llamado Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), una versión mejorada del Thematic Mapper (TM) utilizado en Landsat 5. El ETM+ captura imágenes en 8 bandas espectrales, incluyendo una banda pancromática adicional con alta resolución espacial. Las bandas espectrales incluyen el espectro visible, el infrarrojo cercano, el infrarrojo medio, y una banda en el infrarrojo térmico, permitiendo una amplia gama de aplicaciones en monitoreo ambiental, gestión de recursos naturales y análisis de cambios en el uso del suelo. La resolución espacial de las bandas multiespectrales del ETM+ es de 30 metros, mientras que la banda pancromática tiene una resolución más alta de 15 metros. La banda térmica tiene una resolución espacial de 60 metros.
- Satélite Landsat 8: El satélite lleva una carga útil de dos sensores: el OLI, construido por el BATC, y el TIRS, construido por el GSFC de la NASA. Realiza los procesos de recopilar, archivar, procesar, distribuir datos científicos y recopila datos de imagen para 9 bandas. Este satélite es bastante utilizado para procesos de detección de cambios de cobertura, cambio de uso de suelo, monitoreo de incendios forestales, detección de actividades mineras, contaminación en cuerpos de agua, entre otros. Su resolución es

de 30 m para todas sus bandas a excepción de la banda pancromática que tiene una resolución de 15 m (Castillo, 2019).

Figura 13

Combinación de bandas Landsat 5 TM y 8 OLI



2.1.2.7. Tasa de pérdida de cobertura vegetal de bofedales. La tasa de perdida de cobertura vegetal de bofedales hace referencia a la estimación en hectáreas (ha) de las áreas que han sido degradadas año tras año. El valor dependerá de la escala temporal a la que se está trabajando y para estimarla se necesita del valor de las áreas degradadas de una misma zona, pero en diferentes periodos. Estos datos permiten distinguir las transiciones de las diferentes coberturas de suelo (en este caso bofedales), detectar los cambios y hacer un análisis de los patrones reales que conllevan estos cambios, que por lo general son impactos por algún agente o fuente de presión (Urquía, 2019). En ese sentido, para estimar la tasa de perdida de cobertura vegetal de bofedales usaremos la siguiente fórmula:

$$S = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{\left(\frac{1}{t_2 - t_1}\right)} - 1$$

Donde:

A_2 y A_1 son las áreas degradadas en una misma área de interés, pero en diferente periodo

t_1 y t_2 son los años o la escala temporal (fechas)

2.1.2.8. Índice kappa. El índice de Kappa es la proporción de coincidencias obtenidas en un producto cartográfico sustrayendo aquellos generados de forma fortuita. Es una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación con un software y la exactitud de lograr una clasificación correcta con una clasificación visual, en campo o con imágenes de alta resolución (MINAM, 2014). Este se calcula de la siguiente manera.

$$K = \frac{(Po - Pe)}{(1 - Pe)}$$

Donde:

Po = Número de aciertos/ Número total de clases

Pe = Calculo generado desde la matriz de confusión.

El índice Kappa varía de la siguiente manera que facilita la interpretación y la forma de indagación:

Tabla 3

Valoración del coeficiente Kappa

Coeficiente de Kappa (k)	Fuerza de concordancia
0.00	Pobre
0.01 - 0.20	Leve

Coeficiente de Kappa (k)	Fuerza de concordancia
0.21 - 0.40	Aceptable
0.41 - 0.60	Moderada
0.61 - 0.80	Considerable
0.81 - 1.00	Casi Perfecta

2.1.3. Rendimiento Hídrico

2.1.3.1. Ciclo hidrológico. Se entiende como el conjunto de cambios que el agua experimenta tanto en su estado y como en su forma. Muchas veces se ha entendido al ciclo hidrológico como una serie de procesos regulares y constantes. Sin embargo, es todo lo contrario, son procesos en donde pueden presentarse irregularidades como sequía e inundaciones (según las condiciones del medio) con las que debe luchar el hombre (Morán, 1989).

Sirve para describir de cierta forma el alcance principal de la hidrología, la cual se limita a estudiar solo las partes en donde la precipitación cae sobre el suelo hasta su retorno a la atmosfera u océanos. Sin embargo, el ciclo hidrológico sirve para destacar cuatro fases básicas de interés: precipitación, evaporación y transpiración, escorrentía superficial y agua subterránea. Cada una de estas fases contiene sus propios subprocesos y complejas interacciones con los elementos de la atmosfera, suelo y vegetación que ayudan al entendimiento de la hidrología (Lindsay et al., 1975).

Figura 14

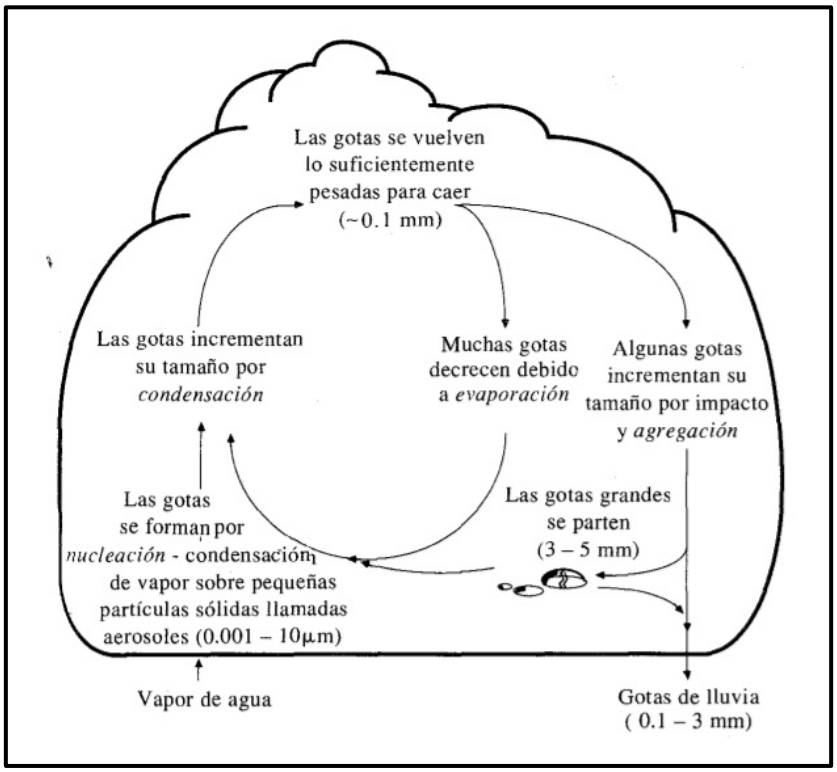
Rol de los bofedales en el ciclo hidrológico



A. Precipitación. La precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua (Aparicio, 1992, p. 113). 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 garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación (Morán, 1989, p. 15). Este fenómeno se forma a medida que una masa de aire caliente va subiendo en la atmosfera, al subir, la masa de aire pierde temperatura, condensando el agua que traen consigo.

Figura 15

Formación de la precipitación

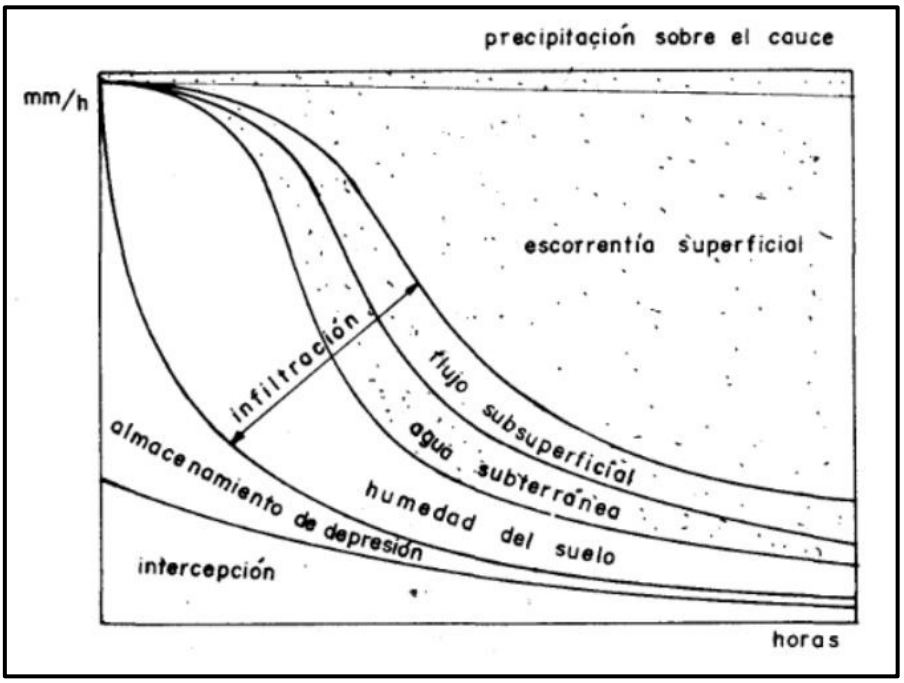


B. Escorrentía. Hace referencia a aquella parte de toda la precipitación que cae sobre un área y la descarga de la misma a través de un mismo cauce o por la evapotranspiración de las plantas. La manera en cómo llega el agua de la precipitación se puede dar de diferentes maneras. Por ejemplo: Escorrentía superficial, escorrentía sub-superficial, agua subterránea, agua que cae en el espejo de agua (Morán, 1989). Hay que dejar en claro que esta clasificación es totalmente arbitraria, pues un flujo de agua puede empezar como escorrentía superficial y luego convertirse en escorrentía subsuperficial o formar parte del agua subterránea, etc. Por lo que tener en cuenta el tipo de cobertura vegetal y permeabilidad del suelo resulta necesario para el estudio del escurrimiento.

- Escorrentía Superficial: Son los flujos de agua que llegan mucho más rápido hasta la salida de la cuenca. Estos flujos de escorrentía son los que guardan mayor relación con evento de tormenta en específico, ya que el agua que escurre es fundamentalmente la precipitación en exceso o efectiva, a este volumen de agua también se le conoce como escurrimiento directo (Aparicio, 1992, p. 28).
- Escorrentía subsuperficial: Puede ser casi tan rápido como el superficial o casi tan lento como el subterráneo, dependiendo de la permeabilidad de los estratos superiores del suelo; por ello es difícil distinguido de los otros dos. (Aparicio, 1992, p. 28). Dependiendo de la velocidad del flujo, se determinará si es superficial o subterránea. Por lo general los flujos muy rápidos se les trata como escorrentía superficial, caso contrario, si son muy lentos, se les tratará como flujos subterráneos, pues tendrán mucho más tiempo para que el agua pueda infiltrarse en la cobertura del suelo.
- Escorrentía subterránea: Este tipo de escurrimiento es el más lento de todos, podría demorar muchos años en poder llegar a la salida de la cuenca, y justamente por eso es que es muy complicado atribuir sus volúmenes o caudales a un evento de tormenta en particular, pues, durante el proceso pudieron haber recibido aportes de otras fuentes de recursos hídricos o haber sido liberados o retenidos por algún otro agente natural (bofedales). Sin embargo, en cuencas pequeñas con un suelo muy permeable es (Aparicio, 1992, p. 29)

Figura 16

El ciclo de la escorrentía



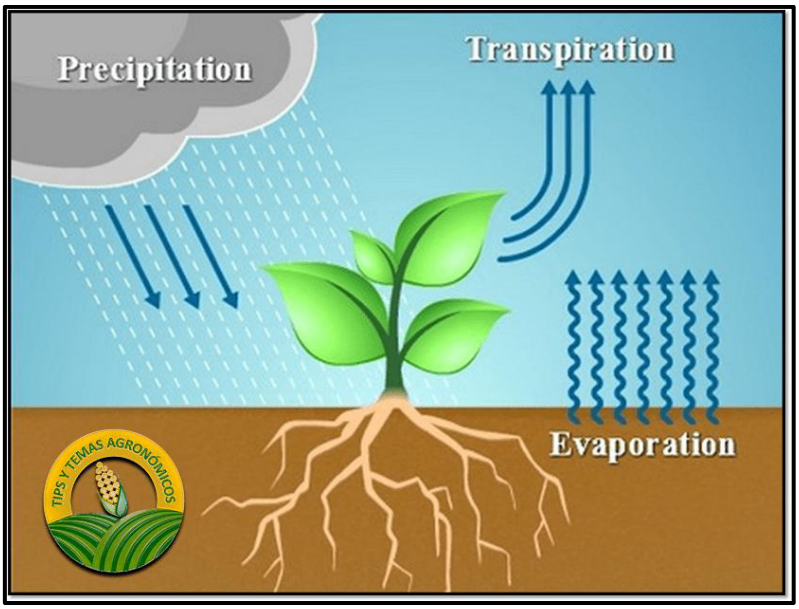
2.1.3.2. Evapotranspiración. La evapotranspiración es la perdida de agua resultante de la evaporación del suelo y la traspiración de las plantas. De cierta forma de toda el agua que una planta absorbe del suelo sólo una parte muy pequeña se queda para formar los tejidos de la planta; el resto regresa a la atmósfera 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 atmósfera (Morán, 1989).

Dentro de lo que corresponde evapotranspiración tambien se considera el término de evapotranspiración potencial (utilizado por Thornthwaite) que es la evapotranspiración cuando se tiene condiciones aparentes de un terreno extenso con vegetación verde, baja, en pleno desarrollo cubriendo totalmente el suelo sin pérdidas de humedad. Por otro lado, se tiene la evapotranspiración real o de uso consuntivo que es la perdida de agua por evaporación y

transpiración, en condiciones reales de humedad del suelo y variabilidad atmosférica (Mejía, 2006).

Figura 17

Evapotranspiración



La evapotranspiración es uno de los procesos que mayor importancia tienen a la hora de estimar el rendimiento o disponibilidad hídricos en una cuenca, pero tambien, es de los más difíciles de estimar dentro del ciclo hidrológico, especialmente en zonas donde la información meteorológica en muy escasa (Orozco et al., 2019). Se ha logrado dar estimaciones de su valor utilizando métodos de teledetección. Sin embargo, estos deben ser validados con informacion de campo y datos in situ que en muchos de los casos puede resultar costoso y complicado. En ese sentido, se han desarrollado muchos métodos en que permitan estimar de manera empírica el valor de la evapotranspiración. Según (Mejía, 2006), el cálculo de la evapotranspiración potencial es aún tema de investigación, pues conforme pasa el tiempo se vienen desarrollando métodos mucho más sofisticados. En la siguiente tabla se muestra un resumen de ellos:

Tabla 4

Métodos para estimar la evapotranspiración potencial

Nombre	Datos Necesarios
Ecuaciones que usan temperatura del aire • Lowry – Jhonson • Thornthwaite • Blaney - Criddle	• Temperatura en época de crecimiento • Temperatura media (T°C) • Temperatura, brillo solar, coeficiente de cultivo
Ecuaciones que usan temperatura del aire y radiación solar • Jensen – Haise • Turc • Grassi • Stephens – Stewart • Makkink	• Temperatura, radiación solar • Temperatura, radiación solar • Temperatura, radiación solar, coeficiente de cultivo • Temperatura, radiación solar • Temperatura, radiación solar
Ecuaciones que usan temperatura del aire y humedad • Blaney – Morin • Hamon • Hergreaves • Papadakis	• Temperatura, insolación, humedad relativa, coeficiente de cultivo • Temperatura, insolación, humedad absoluta • Temperatura, insolación, humedad relativa, coeficiente de cultivo • Temperatura, presión de saturación del aire a temperaturas máximas y mínimas

Nombre	Datos Necesarios
Ecuaciones combinadas • Penman • Christiansen • Van Baval	• Temperatura, radiación solar, viento y humedad • Temperatura, radiación solar, viento, humedad e insolación • Temperatura, radiación solar y humedad

Nota. Los métodos con ecuaciones combinadas hacen referencia estimaciones empíricas que hacen uso de ecuaciones aerodinámicas (velocidad del viento) y energéticas (radiación insolación). Asimismo, cada una de estas fórmulas tiene parámetros de ajuste expresados en tablas de valores (como los coeficientes de cultivo o el ajuste según la latitud o longitud del área de estudio), los cuales se multiplican en las fórmulas generales para la obtención de la evapotranspiración. Tomado de "Hidrología Aplicada", por Mejía, 2006.

2.1.3.3. Balance Hídrico. El balance hídrico se basa en el principio de la conservación de la materia, en pocas palabras, toda el agua que entra debe salir. Teniendo en cuenta que en el ciclo hidrológico el principal ingreso de agua hacia el sistema viene dado por las precipitaciones, así como los principales mecanismos de salida, están representados por la evaporación y evapotranspiración.

$$Entradas - Salidas = \pm Alamacenamiento$$

El balance hídrico de una cuenca es una herramienta fundamental para el conocimiento de la capacidad de abastecimiento, la disponibilidad, pérdidas o variaciones de los recursos hídricos de toda una cuenca (Alarcón-Africano y Díaz-Suescún, 2018, p. 26). Este análisis permitirá elaborar estrategias de gestión o funcionalidad de la cuenca. Asimismo, el balance

hídrico nace como un camino por el cual se puede estimar indirectamente las variables que se necesiten.

$$S_1 + I + P - O - O_g - E = S_2$$

Donde:

S_1 y S_2: Son representan el almacenamiento

I: Volumen de entrada

P: Precipitación

O: Volumen de salida

O_g: Infiltración

E: Evaporación

En teoría es una manera bastante sencilla para determinar indirectamente cualquier elemento de la ecuación del balance hídrico. Pero en la práctica la estimación de cada elemento resulta bastante complicada y muchas veces se pueden presentar muchos errores, el almacenamiento de agua (como es en el caso de bofedales) juega un rol importantísimo en el balance hídrico, pues altera el parámetro de evaporación.

De todos los parámetros, el más difícil de estimar es el de la infiltración, es por ello que recurrir a la aplicación de modelos hidrológicos puede convertirse en una salida confiable para la estimación de los parámetros de almacenamiento, producción e infiltración de agua, más aún si se habla en un contexto de un ecosistema muy frágil y poco estudiado como los bofedales (Morán, 1989).

2.1.3.4. Rendimiento Hídrico. El rendimiento hídrico se puede entender como la fracción de la precipitación que abandona una cuenca en forma líquida, no sólo depende del clima y de la configuración topográfica y geológica de las cuencas, sino también de la vegetación que las ocupa (Morán, 1989). Los niveles de regulación hídrica son particularmente variables al cambio de uso de suelo, este efecto de cambio se hace mucho más visible cuando no existe o es muy poca la presencia de vegetación.

La eliminación parcial o total de la vegetación (de bofedales) genera el aumento de los caudales superficiales, erosión del suelo, turbidez de los flujos de agua, así como también, una disminución de las aguas destinadas a alimentar el sistema hidrológico subterráneo, lo que causaría una disminución muy acentuada en los flujos base, y, por consiguiente, un gran problema a la llegada de la época de estiaje, pues la demanda del recurso hídrico sería muchísimo más alta de lo que el ecosistema es capaz de aportar (Lovera et al., 2018).

Se expresa en $m^3/seg/km^2$ o lt/seg/ha. Tambien se le puede considerar una medida de volumen de escorrentía directa, o simplemente, la cantidad de agua disponible para el consumo y uso múltiple.

2.1.3.5. Relación entre la regulación hídrica y los bofedales. El proceso de la regulación hídrica se da basándose en la función de almacenamiento de agua en los bofedales, este proceso sirve para la regulación de caudales o escurrimientos de un cuerpo de agua, sea río o laguna. Este proceso se basa principalmente en la captación de los excesos de todo recurso hídricos (principalmente precipitaciones) y se almacena en el bofedal, para luego liberarlo en épocas de sequías (Jiménez, 2018).

Según las investigaciones de (Hu et al., 2021) existe una relación directamente proporcional entre el proceso de regulación hídrica y los bofedales; en ese sentido, si el bofedal se encuentra en óptimas condiciones, el efecto de regulación hídrica será mayor, mientras que en coberturas de bofedales degradas el efecto de regulación será mucho menor. Asimismo, al igual que el grado de conservación del bofedal, la regulación hídrica también va relacionada a la variabilidad meteorológica (Hu et al., 2021). Se considera que los cambios en el servicio ecosistémico de conservación del agua de los bofedales se pueden demostrar estableciendo una relación entre la cobertura vegetal del bofedal y la producción de agua del mismo (Hu et al., 2021).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

Esta investigación corresponde al tipo correlacional longitudinal, porque se utilizan conocimientos científicos adquiridos para evaluar la cobertura vegetal de bofedales en más de una oportunidad durante un periodo de años; de igual manera, se busca estimar el rendimiento hídrico en el mismo periodo de años.

3.1.1. Diseño de investigación

El diseño es cuantitativo no experimental, ya que no se manipularán las variables de estudio. Además, el objetivo de esta investigación es ver como la variación de una variable influye en la otra y esto se realizará evaluando coberturas de bofedal en (Ha) y rendimiento hídrico de la subcuenca (mm).

3.1.2. Nivel de Investigación

Correlacional, pues se busca ver el grado de influencia o significación que una variable ejerce sobre la otra.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Esta investigación analizará series temporales de datos pluviométricos y cobertura vegetales. Dichos datos tienen una serie temporal que van desde el 1990 hasta el año 2024. Por otro lado, geográficamente, la investigación se sitúa en la subcuenca de Junín, ubicada entre los 10°33'52,66" y 13°32'31,39" de Latitud Sur, y entre los 73°55'10,88" y 76°39'16,01” de Longitud Oeste

3.2.1. Descripción general del área de estudio

3.2.1.1. Ubicación Geográfica. El ámbito de estudio pertenece a toda la superficie correspondiente a la subcuenca de Junín se ubica entre las latitudes 10° 44’ y 11° 16’ y los meridianos 75° 56’ y 76° 20’ de longitud oeste. Con una variación de altitud 4080 hasta 4700 m.s.n.m. En esta subcuenca se encuentra la Reserva Nacional de Junín, el Lago Junín o Chinchaycocha y el origen del Río Mantaro. La subcuenca tiene una extensión de 1719.85 km^2.

3.2.1.2. Ubicación Política. La Subcuenca Junín se encuentra ubicada entre las regiones de Junín y Cerro de Pasco. En la siguiente tabla se muestra los distritos y provincias relacionados al ámbito de estudio.

Ver Anexo A-1: Mapa de Ubicación del ámbito de estudio.

Tabla 5

Ubicación Política de la Subcuenca Junín

Subcuenca	Ubicación Política		
	Departamento	**Provincia**	**Distritos**
Subcuenca de Junín	Cerro de Pasco	Pasco	Vicco
			Tinyahuarco
			Ninacaca
	Junín	Junin	Carhuamayo
			Ondores
			Junín
			Ulcumayo

El área de Estudio posee lo siguientes límites:

Norte : Subcuenca del Huallaga

Sur : Unidad Hidrográfica 499695

Este : Cuenca del Río Perené

Oeste : Subcuenca San José y Unidad Hidrográfica 499697

3.2.1.3. Vías de Acceso. Para acceder al ámbito de estudio se cuentan con tres vías principales.

- La vía más utilizada para llegar a la zona es la Carretera Central, la cual en tan solo 5 horas conecta Lima con La Oroya en Junín. Esta ruta, parte fundamental del sistema vial que enlaza Lima con la región andina y la selva del centro oriente peruano, está completamente asfaltada y ofrece las mejores condiciones de tráfico y accesibilidad.
- Por medio de la carretera Lima - Canta - La Viuda - Huayllay - Junín, con aproximadamente 227 km, que recorridos en vehículo particular se hace en un promedio de 5 horas, en periodos de estiaje. Esta vía es vía solo es utilizada por transportes particulares principalmente en épocas de alta demanda turítica.
- Mediante la carretera Lima - Huaraz - Acos - Huayllay – Junín. Es una vía muy poco transitada debido a que no está asfaltada; pese a ello, esta vía es utilizada por camionetas rurales (“combis”) que parten del mercado de frutas de Lima hacia Huayllay.

3.2.2. Descripción física de la Subcuenca de Junín

3.2.2.1. Geología. La caracterización del componente geológico consistió en la compilación y análisis de la información del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET), identificándose las unidades litoestratigráficas correspondientes al ámbito de estudio. Específicamente se analizó y extrajo información del Mapa Geológico Nacional a una escala de 1:100 000, de los cuadrángulos de 23k, 22k y 23i.

El ámbito de estudio se encuentra representado principalmente por rocas ígneas intrusivas que se han ido depositando a lo largo del lago Junín conformando depósitos cuaternarios de carácter aluvial, glaciar y fluvial; los cuales vendrían a ser los más representativos del área de estudio. Es importante considerar que, además de los depósitos cuaternarios, en el área de estudio tambien es posible encontrar formaciones geológicas que fueron afectadas por episodios orogénicos que se encargaron de modelar el relieve actual de la subcuenca de Junín. Estos procesos orogénicos culminaron con el plegamiento del Permiano medio, donde la cordillera oriental terminó por estabilizarse dando como resultado unidades estratigráficas que fueron definidas emplazadas coherentemente. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 1996). A continuación, se muestra las unidades estratigráficas identificadas.

Tabla 6

Unidades Litoestratigráficas en el área de estudio

Era	Sistema	Serie	Símbolo	Unidad	Área (Ha)
Cenozoicno	Cuaternario	Holoceno	Qh-al	Depósito aluvial	27623.1
			Q-bi	Depósito biogénico	24391.6
			Q-gl	Depósito glaciar	18726.3
			Q-glfl	Depósito glaciar, fluvial	7375.8
		Pleistoceno	Q-qm-tr	Depósito químico - travertino	146.9
	Neógeno	Plioceno	N-pcz	Pórfido cuarcífero	99.1
		Mioceno	Nm-rum	Formación Rumillana	328.3
			N-and	Andesita	79.0

Era	Sistema	Serie	Símbolo	Unidad	Área (Ha)
			Nm-mar-da,cla	Marcapunta - dacita, cuarzolatita	25.7
			P-rda	Riodacita	75.6
	Paleógeno	Paleoceno	KsP-c	Formación Casapalca	4238.0
		Superior			
	Cretácico	Inferior	Ki-chu	Formación Chúlec	13.3
			Ki-ch	Formación Chayllacatana	8.9
			Ki-g	Grupo Goyllarisquizga	385.6
Mesozoico	Jurásico	Inferior	Ji-a	Formación Aramachay	2040.3
			Ji-c	Formación Condorsinga	16765.3
	Triásico	Superior	Ts-ch/s	Formación Chambará - Miembro superior	16.9
		Superior	Ts-ch	Formación Chambará	23751.2
	Pérmico	Lopinguiano	PET-m	Grupo Mitu	5174.0
		Guadalupino			
	Carbonífero	Pennsylvaniano	Cp-t	Grupo Tarma	3091.0
Paleozoico		Mississipiano	Cm-a	Grupo Ambo	7269.2
	Devónico Silúrico	Inferior Pridoliano	SD-e	Grupo Excelsior	151.2
			Laguna	Laguna	28891.7
			Total		170668.0

3.2.2.2. Geomorfología. La morfología del área de estudio es el resultado de los efectos degradatorios causados por los agentes de meteorización y erosión que han actuado sobre las unidades litológicas constituidas por calizas y en menor proporción por areniscas. En efecto,

la amplitud térmica de la zona y las precipitaciones constantes son considerados como los principales agentes modificadores del relieve del ámbito de estudio. (INGEMMET, 1996).

(Ver Anexo A-3: Mapa geomorfológico)

3.2.2.3. Climatología. Se detallaron las condiciones climáticas del área de estudio, principalmente se analizó el comportamiento de las variables meteorológicas (precipitación, temperatura, humedad, evaporación, etc.) dado que son estas las cuales presenta una incidencia directa al comportamiento hidrológico de la subcuenca.

El área de estudio se ubica entre las regiones de Cerro de Pasco y Junín, a más de 4200 m.s.n.m. En esta subcuenca se alberga la naciente del Río Mantaro y se protege los altos índices de biodiversidad que se benefician del Lago Chinchaycocha.

La gran altitud en la que se sitúa el ámbito de estudio refiere a condiciones bajas de temperatura, con diversos escenarios de precipitación significativos que alimentan el volumen del Lago Chinchaycocha.

Para la clasificación del clima del área de estudio, se ha empleado la metodología descrita por el Dr. Warren Thornthwaite y la evaluación de factores que influyen significativamente en el clima, como la latitud geográfica, la altitud, la corriente fría marítima peruana y el anticiclón del Pacífico Sur.

De acuerdo con la clasificación de Thornthwaite y según el Mapa de Clasificación Climática del Perú elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en 2020, en el área de estudio solo se identificó un solo tipo de climático siendo representado en su totalidad (100.00%) por un clima (B (o, i) C'), que se interpreta como: "Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío" (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2020, p. 33).

A. Registros históricos de parámetros meteorológicos.

- Precipitación: Investigaciones recientes sobre el comportamiento hidrológico dentro de la subcuenca Junín, establecen que la precipitación promedio en la cuenca del lago Chinchaycocha es de 905 mm/año, cuyo 86% está concentrado en el periodo de octubre a abril, cuyo valor se incrementa en función a la altitud (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2021, p. 101). En efecto, dentro de la subcuenca la información pluviométrica es limitada, por lo que hay que recurrir a estaciones que cumplan requisitos mínimos de representatividad; así como tambien la información que estas proveen tambien debe ser analizada, completada y, de ser el caso, corregida.
- Temperatura: La temperatura dentro de la cuenca del lago Junín es relativamente baja, la altitud considerable a la que esta se sitúa otorga una temperatura mínima promedio de -4°C y valores máximos promedios que podrían llegas a los 15°C. La temperatura media es de 5.3°C. (ANA, 2021, p. 100)
- Evaporación: La evaporación total mensual en la cuenca del lago Chinchaycocha es de 1135.6 mm/año, variable de 83 a 102 mm/mes, teniendo sus máximos valores entre los meses de agosto a noviembre (ANA, 2021, p. 104)

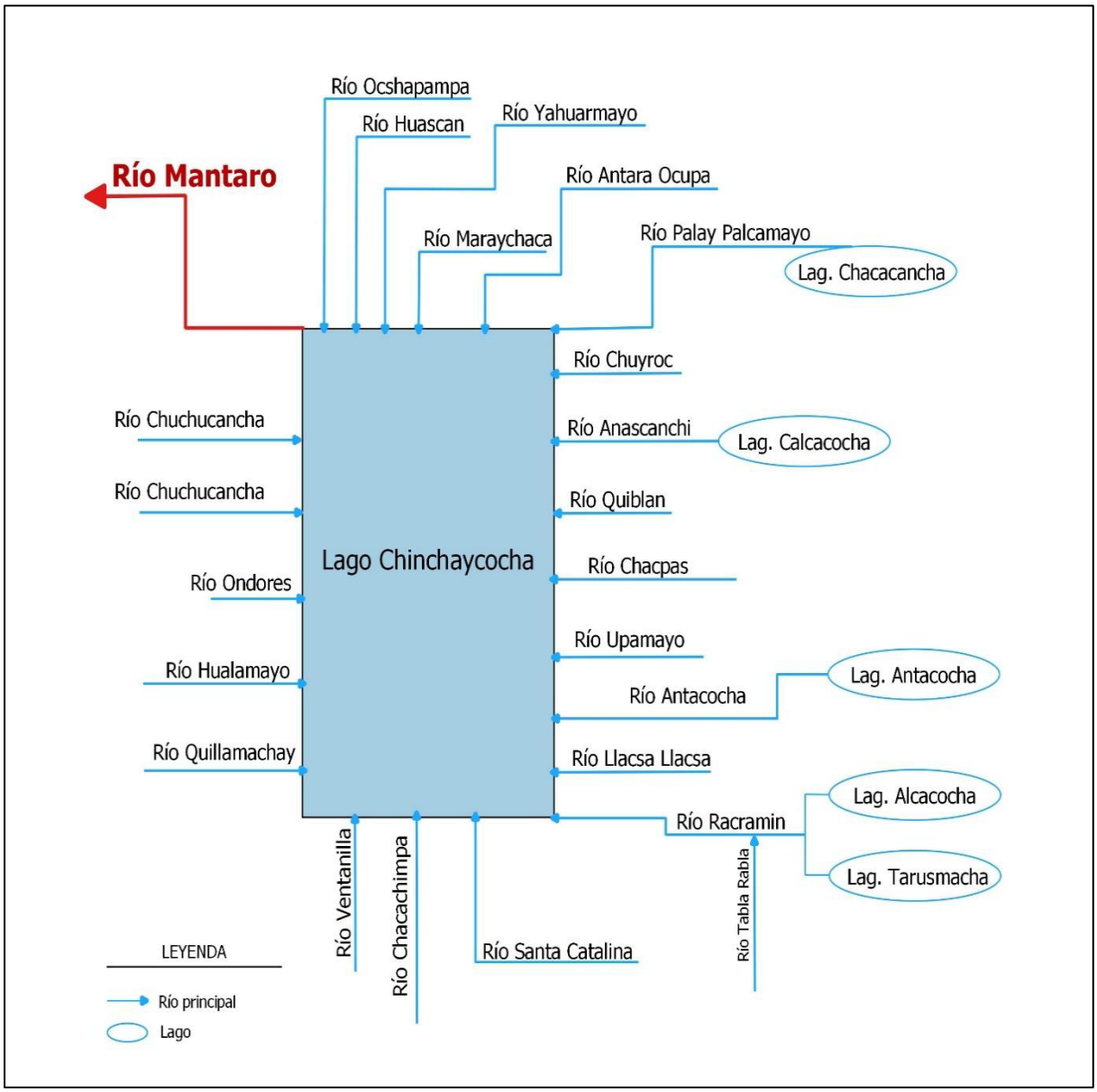
3.2.2.4. Hidrografía. Hidrográficamente, la subcuenca Junín se caracteriza por presentar un cuerpo de agua lentico de dimensión considerable, siendo este denominado como Lago Junín o Lago Chinchaycocha. Según, (ANA, 2021, p. 97), la red de drenaje está constituida por un total de 55 ríos que tienen su desembocadura dentro del Lago Junín; estos ríos están ubicadas mayormente en las subcuencas Yahuarmayo (11), Huascan (7), Carhuamayo (6).

- Red de Drenaje Subcuenca de Junín

Basados en el análisis de los Modelos de Elevación Digital, mapas y cartas nacionales se identificaron las cuencas e intercuencas correspondientes a la subcuenca de Junín, estas son: Cuchucancha, Chuchucancha, Ondores, Hualamayo, Quilamachay, Núñez Huanusha, Chacachimpa, Santa Catalina, Racramin, Llacsa Llacsa, De Antacocha, Upamayo, De Chacpas (Shirau), Quiblan, Anascanchi, Palcamayo, Antaracra Ocupa, Yahuarmayo, Huascan, Ocshapampa, Chuyroc, Maraychaca. Cada una de estas cuentas presenta un río principal que desemboca directamente sobre la Subcuenca Junín, siendo los ríos Chacachimpa, San Juan y Blanco aquellos ríos con mayores volúmenes de descarga (ANA, 2021, p. 29); mientras que el río principal de mayor longitud le pertenece a la Subcuenca Yahuarmayo con una longitud de 27.59 km.

Figura 18

Esquema Hidráulico del Lago Chinchaycocha



Nota. Este esquema muestra el sistema de drenaje de la subcuenca Junín. Adaptado de "Estudio Hidrológico Complementario del Lago Chinchaycocha", por ANA, 2021.

3.2.2.5. Edafología. Los principales suelos presentes en el ámbito de estudio son Histosoleséutricos que son suelos desarrollados a partir de sedimentos lacustres, con una topografía casi a nivel, y con condiciones hidrófilas permanentes; Phaeozems, suelos provenientes de la descomposición de areniscas, cuarcitas y litosoleséutricos, suelos desarrollados sobre calizas lutitas y areniscas calcáreas, materiales volcánicos e intrusivos (ANA, 2021). Estos datos se apoyan en lo determinado

3.2.2.6. Zonas de vida. Dentro de la subcuenca Junín, se encuentra la Reserva Nacional de Junín la cual es un área natural protegida que tienen por finalidad la protección del valioso ecosistema del Lago Chinchaycocha o Lago Junín. Según (SERNANP, 2012, p. 81) la ecología de la zona pertenece a un ambiente montañoso de la Cordillera Central de los Andes del Perú, distribuidos en la altiplanicie de Junín en su piso más bajo hasta sus pisos más altos en la zona de Tundra. El Lago Chinchaycocha fue reconocido por la Convención Ramsar desde 1997 como un humedal de importancia internacional, especialmente por ser un importante hábitat de aves acuáticas (Andina, 2020). Esto se debe a que la presencia del Lago Junín funciona como punto de concentración y descanso para aves migratorias, mamíferos y reptiles que dependen de la presencia perenne del agua para el desarrollo de su hábitat, nicho y funciones reproductivas. Tomando como referencia la clasificación del Dr. Leslie R. Holdridge se identifica que dentro de la subcuenca Junín se tiene dos zonas de vida, las cuales se detallan a continuación:

- **Páramo muy Húmedo Subalpino Tropical (PmH-SAT)**

Este tipo de zonas de vida se caracteriza por estar presente en zonas de gran valor altitudinal (entre los 3900 y 4500 m.s.n.m.) es la zona de los mejores pastos naturales alto andinos, la actividad agrícola y forestal tiene muchas limitaciones debido a las condiciones ecológicas reinantes. La actividad pecuaria en cambio, basándose en una ganadería extensiva,

se desarrolla favorablemente aprovechando los pastos naturales alto andinos (ANA, 2021, p. 71).

- **páramo pluvial Subalpino Tropical (pp-SaT)**

Ubicada sobre el páramo muy húmedo, desde los 4000 hasta 4500 m.s.n.m. Es superhúmedo - Frío, con temperatura media anual variable entre 6ºC y 3ºC, precipitación pluvial total, promedio anual, entre 1100 y 1300 mm. Es una pradera altoandina constituida por una cobertura vegetal, arbustiva, con pastos naturales de diversas familias; pero principalmente Gramíneas. (SERNANP, 2012).

3.3. Variables

Para esta investigación se estudiarán dos variables:

Tabla 7

Variables de investigación

Categoría		Variables	Indicadores
Cobertura vegetal de bofedales	INDEPENDIENTE	Cobertura de bofedales	Ha
		Áreas de bofedales degradadas	Ha
		Tasa de cambio de la cobertura vegetal de bofedales	%
Rendimiento hídrico	DEPENDIENTE	Caudales medios	m^3/año
		Temperatura	°C
		Precipitaciones	mm
		Evapotranspiración	mm

3.3.1. Variables por objetivos específicos

3.3.1.1. Variables Objetivo Específico 1. Cuantificar la cobertura vegetal de bofedales en la subcuenca Junín mediante herramientas GIS y sensoramiento remoto durante el periodo 1990 – 2024.

Tabla 8

Variables dependientes e independientes del primer objetivo

Categoría	Dependiente	Independiente	Indicadores
Herramientas en Sistemas de Información Geográfica	Las áreas de la cobertura vegetal de bofedales	Resolución espacial de las imágenes	Metros (m)
		Las bandas espectrales (Combinaciones RGB)	Nanómetros (μm)
		Grado de nubosidad en las imágenes	% de nubes

3.3.1.2. Variables Objetivo Específico 2. Determinar la tasa de pérdida de cobertura vegetal de bofedales mediante el análisis comparativo de superficies de bofedal en la subcuenca Junín para el periodo 1990 – 2024.

Tabla 9

Variables dependientes e independientes del segundo objetivo

Categoría	Dependiente	Independiente	Indicadores
Cobertura vegetal de bofedales		La cobertura vegetal actual de bofedal	Hectáreas (ha)

Categoría	Dependiente	Independiente	Indicadores
	La tasa de pérdida de cobertura vegetal de bofedales	El periodo de evaluación	Años
		Cambio de uso de suelo	Hectáreas (ha)
		Superficie de la subcuenca	Hectáreas (ha)
		Actividades antrópicas	Adimensional

3.3.1.3. Variables Objetivo Específico 3. Calcular el rendimiento hídrico mediante el procesamiento de datos de precipitación y la aplicación del modelo estocástico determinístico propuesto por la Misión Técnica Alemana (Lutz Scholz) en la subcuenca Junín para el periodo 1990 – 2024.

Tabla 10

Variables dependientes e independientes del tercer objetivo

Categoría	Dependiente	Independiente	Indicadores
Estimaciones Hidrológicas	Grado de correlación entre rendimiento hídrico y cobertura vegetal de bofedales	Precipitación	Milímetros (mm)
		Precipitación efectiva	Milímetros (mm)
		Evapotranspiración	Milímetros (mm)
		Temperaturas máximas y mínimas	Temperatura (°C)
		Caudales medios	Caudal (m^3/s)

Categoría	Dependiente	Independiente	Indicadores
		Coeficiente de escurrimiento	Adimensional
		Gasto y retención de la cuenca	Milímetros (mm)
		Cambios en la cobertura vegetal de bofedal	Hectáreas (ha)

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La población está conformada por todas las coberturas vegetales que se encuentran presentes en la Subcuenca Junín, considerando que según las investigaciones e inventarios de flora y fauna realizados por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), en gran parte del área de estudio existen coberturas vegetales de pastizales de puna, totorales, pajonales, entre otros.

3.4.2. Muestra

La muestra corresponde a todas las coberturas vegetales de bofedales presentes en la subcuenca Junín ubicada mayormente en la región de Junín y parte de Cerro de Pasco entre las latitudes sur 10° 44’ y 11° 16’ y los meridianos 75° 56’ y 76° 20’ de longitud oeste. Con una variación de altitud 4080 hasta 4700 m.s.n.m. En esta subcuenca se encuentra la Reserva Nacional de Junín y el Lago Junín. La subcuenca tiene una extensión de 1719.85 km^2.

(Ver Anexo A-1: Mapa de Ubicación de la Subcuenca Junín).

3.5. Instrumentos

3.5.1. Materiales

En este ítem veremos toda la información que se va a utilizar para el desarrollo de esta investigación

3.5.1.1. Información cartográfica básica. Conformada por los datos referentes a curvas de nivel, redes hídricas, lagos y lagunas, centros poblados, cuencas y subcuencas.

Tabla 11

Fuentes de información cartográfica

Código	Nombre	Cuadrícula	Elaborado Por	Escala
23 - k	Ondores	18 L	Instituto Geográfico Nacional	1:100000
22 - k	Cerro de Pasco	18 L	Instituto Geográfico Nacional	1:100000
23 – I	Tarma	18 L	Instituto Geográfico Nacional	1:100000

3.5.1.2. Shapes, base de datos y mapas temáticos.

Tabla 12

Información geográfica para el estudio

Información	Fuente	Escala / Extensión
Mapa de ecosistemas	Ministerio del Ambiente 2019	1:2 200 000
Mapa de tipo de suelos	Zonificación Ecológica Económica – Región Junín	1:250 000

Información	Fuente	Escala / Extensión
Geomorfología y geología	INGEMMET, sectores 22-k, 23-k y 23-i.	1:100 000
Distritos y provincias	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	1:100 000
Centros poblados	Ministerio de Educación (SIGMED)	.shp
Shapes de bofedales	Geo servidor MINAM	.shp
Cobertura Vegetal	SERFOR	.shp
Mapa de Áreas Naturales Protegidas	SERNANP	.shp

3.5.1.3. Imágenes satelitales. Se trabajará en una escala temporal de al menos 28 años, por lo que las imágenes satelitales serán tomadas de sensores satelitales multiespectrales de alta resolución (Landsat 5 y Landsat 8).

Tabla 13

Colección de imágenes seleccionadas para esta investigación

Tipo de sensor	Nombre de imagen	Fecha de imagen	Res.	Fuente
Landsat 5	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007067_19900804	04/08/1990	30 m	USGS
	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007068_19900804	04/08/1990		
	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007068_19950514	14/05/1995	30 m	USGS
Landsat 5	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007067_20000527	27/05/2000	30 m	USGS
	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007068_20000527	27/05/2000	30 m	USGS
	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007067_20050626	26/06/2005	30 m	USGS

Tipo de sensor	Nombre de imagen	Fecha de imagen	Res.	Fuente
	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2/LT05_007067_20050728	28/07/2005	30 m	USGS
Landsat 7	LANDSAT/LE07/C02/T1_L2/LE07_007067_20100515	15/05/2010	30 m	USGS
	LANDSAT/LE07/C02/T1_L2/LE07_007068_20100531	31/05/2010	30 m	USGS
	LANDSAT/LE07/C02/T1_L2/LE07_007067_20100616	16/06/2010	30 m	USGS
	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007067_20150622	22/06/2015	30 m	USGS
	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007068_20150622	22/06/2015	30 m	USGS
Landsat 8	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007067_20200721	21/07/2020	30 m	USGS
	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007067_20200806	06/08/2020	30 m	USGS
	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007068_20200721	21/07/2020	30 m	USGS
	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007068_20200806	06/08/2020	30 m	USGS
	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007068_20240614	14/06/2024	30 m	USGS
	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_007068_20240817	17/08/2024	30 m	USGS

Nota. Las imágenes seleccionadas corresponden al sensor multiespectral Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8. La selección se realizó bajo el criterio de disponibilidad y visibilidad del área de estudio.

3.5.1.4. Estaciones meteorológicas e hidrológicas. Se utilizo el geo portal del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología para la selección de las estaciones meteorológicas. Se dio preferencia a las estaciones que estén dentro de toda en área de la subcuenca. En el ítem 3.5.2.3.1 Se presenta el procesamiento y consideraciones específicas para la elección de estaciones meteorológicas.

3.5.1.5. Equipos.

- Laptop Asus ROG Zephyrus i7 – 10th gen: Para el procesamiento de los datos satelitales, la elaboración del trabajo de investigación y generación registros pluviométricos, entre otros.
- Cámara fotográfica: Para evidenciar los trabajos de reconocimiento y validación de la información generada en campo.

3.5.1.6. Software.

Tabla 14

Softwares utilizados en esta investigación

Software	Finalidad
QGis 3.16.6	Generación de información cartográfica, mapeo y seguimiento de la evolución de las coberturas vegetales de bofedales. Ubicación de estaciones
Google Earth Pro	Para la ubicación preliminar de los puntos de referencia según la cobertura mostrada.
Google Earth Engine	Para generar códigos para la corrección, corte y procesamiento del algoritmo seleccionado para determinar las áreas que estarían ocupando los bofedales.
HYDRACCES	Para la determinación de los datos de precipitación areal por medio de la interpolación de datos mediante Kriging.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Procesamiento de las imágenes satelitales

El procesamiento de las imágenes seleccionadas se ejecutó netamente en la plataforma de Google Earth Engine (GEE). Esta plataforma es una ventana de libre acceso que permite

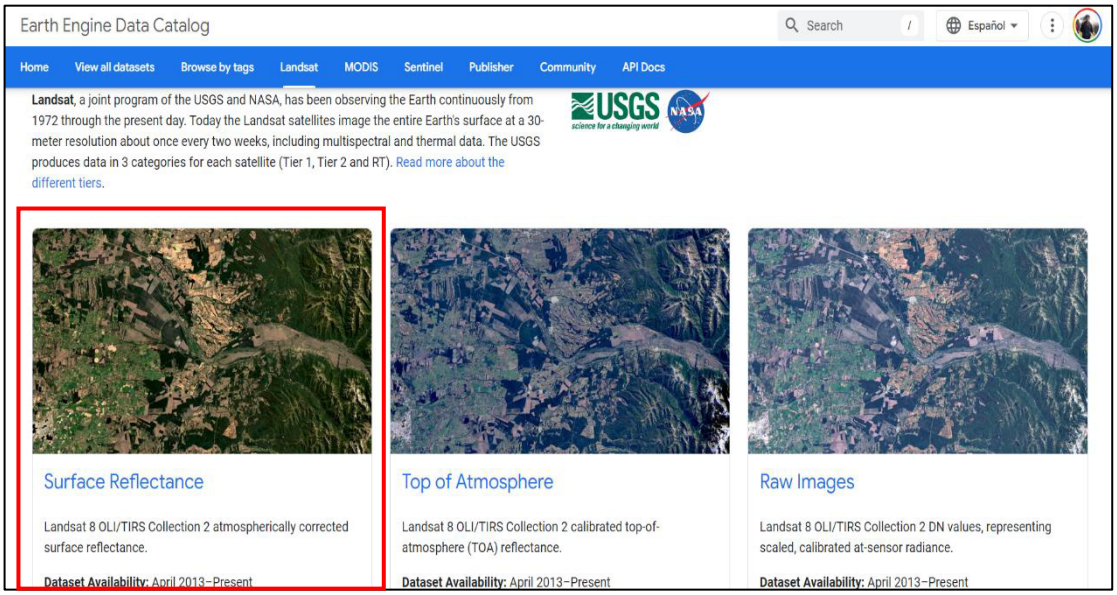
introducir un lenguaje de programación para el procesamiento de información cartográfica o imágenes satelitales. Dentro de esta plataforma se encuentran todas las colecciones de imágenes satelitales separadas por sensor (sea Landsat, Sentinel, CBERS, etc.) pudiendo visualizar rapidamente las imágenes de interés sin la necesidad de realizar la descarga de las mismas. Asimismo, cada uno de los productos que se generen al ejecutar el código de programación no necesariamente deben ser descargados, ya que esta plataforma permite trabajar esta información en una nube de almacenamiento, dejando a elección del evaluador la informacion que desea descargar.

Para fines prácticos, se detallará el procesamiento para determinar las coberturas vegetales de bofedales mediante líneas de código ejecutadas en el GEE; es importante indicar que lo que se describe a continuación corresponden al procesamiento de las imágenes Landsat 8 del año 2020, estos mismos procedimientos fueron replicados para todas las imágenes seleccionadas en esta investigación.

3.6.1.1. Selección y filtros para las imágenes del catálogo de Google Earth Engine (GEE). Para determinar la cobertura vegetal de bofedales se han utilizado las colecciones de imágenes Landsat 8 y Landsat 5 que están presentes en los catálogos de datos de la plataforma de Google Earth Engine. Estos catálogos contienen las imágenes satelitales, para efectos de esta investigación, se utilizaron las imágenes del tipo Surface Reflectance (SR), que se caracterizan por ser imágenes que ya presentan una corrección atmosférica realizada por la United States Geological Survey (UGSS), esto quiere decir que todas las imágenes seleccionadas para el procesamiento ya presentan valores de radiancia a nivel de superficie. Es importante precisar que, dentro de las imágenes SR se utilizará la colección presente en el Tier 1 nivel 2, dado que estas son las imágenes que presentarían mayor calidad.

Figura 19

Catálogos del Google Earth Engine (GEE)



Nota. La colección Surface Refelctance (SR), se identifica con el siguiente ID: *ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")*

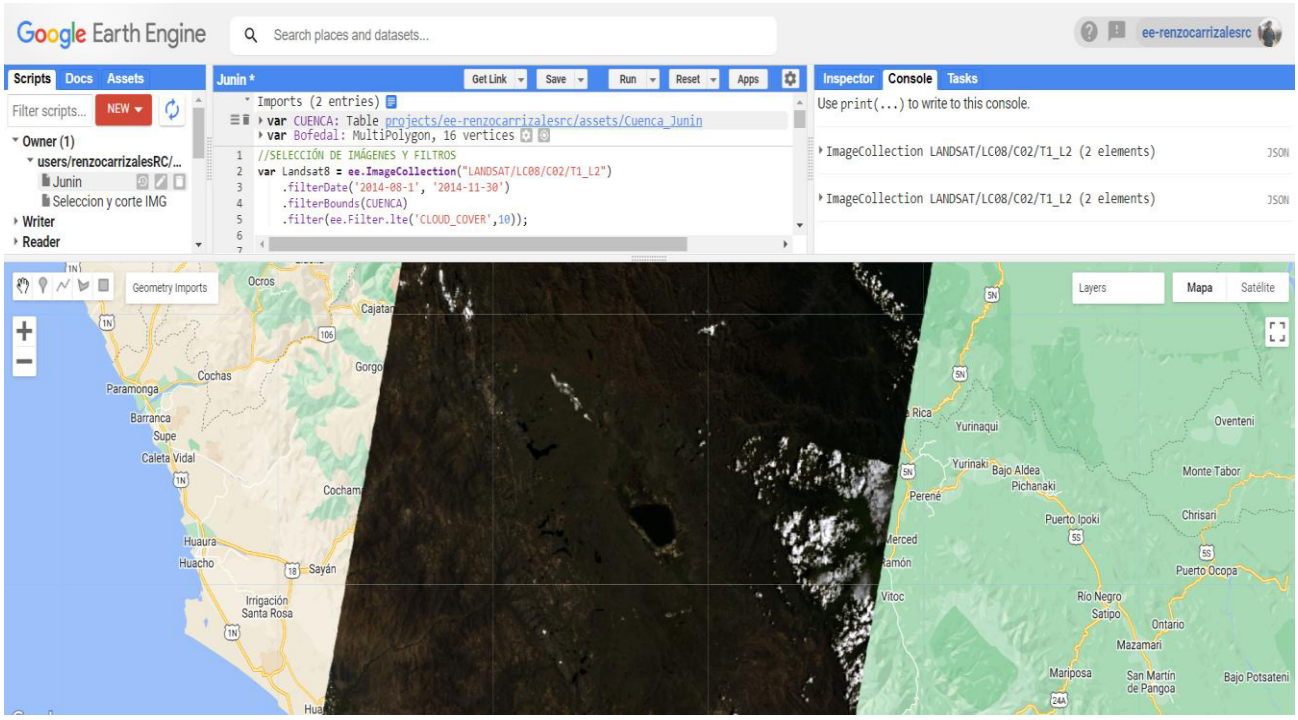
Luego de seleccionar la colección de imágenes a utilizar, fue necesario ingresar las líneas de código para el filtrado de todas las imágenes. Esto con la finalidad de solo trabajar con los mosaicos de imágenes que corresponden a nuestra área de estudio y con las que presenten la mayor visibilidad.

En la Figura 22 se muestra las líneas de código ingresadas a la consola del GEE del 2 al 5, en donde, la línea 2 representa la variable “Landsat8”, que se representará como toda la colección SR del catálogo señalado en el ítem 3.5.2.1.1. Las líneas tres (3), cuatro (4) y (5), representan las líneas de código para aplicar filtros de fechas, espacio geográfico y porcentaje de nubes en el cielo, respectivamente.

Finalmente, luego de la aplicación del código se obtienen las imágenes Landsat 8 para el área de trabajo.

Figura 20

Líneas de código para el filtrado del as imágenes seleccionadas



3.6.1.2. Adecuación de valores de reflectancia y selección de bandas.

- Corrección de reflectancia

Para determinar las tasas de perdida de cobertura vegetal en la subcuenca de estudio se utilizaron un total de 8 imágenes correspondientes a los satélite Landsat 8 y Landsat 5, las mismas que fueron sometidas a correcciones basadas en calibración radiométrica, el cual se trata de un proceso de restauración de líneas o píxeles perdidos y la corrección del bandeado de la imagen (Jara et al. 2019). En ese sentido, luego de haber seleccionado nuestras imágenes satelitales, fue necesario aplicar una corrección a los niveles de reflectancia que estas contenían; en efecto, si vemos las propiedades de nuestras imágenes notaremos que los valores de reflectancia no están bien definidos, por lo que fue necesario escalar los valores de las bandas ópticas y térmicas de las imágenes de Landsat 8, de modo que estén en un rango adecuado para el análisis. Este tipo de corrección es crucial para trabajar con los datos de Landsat 8, ya que los valores de los píxeles en bruto pueden no estar en un formato fácilmente

interpretable o comparable, además que en sus descargas pueden ocupar más espacio de lo normal. Los factores de escala deberán multiplicarse a los valores de radiancia a fin de tenerlos en un rango más útil que permita su análisis posterior.

Tabla 15

Aplicación de factores de escala

Bandas	Factor de escala	Offset
Ópticas	0.0000275	-0.2
Termales	0.00341802	148

Nota. los datos completos para todas las bandas correspondientes al sensor Landsat 8, se encuentran en la web del catálogo de datos de GEE. (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC08_C02_T1_L2#bands).

Figura 21

Corrección de valores de radiancia

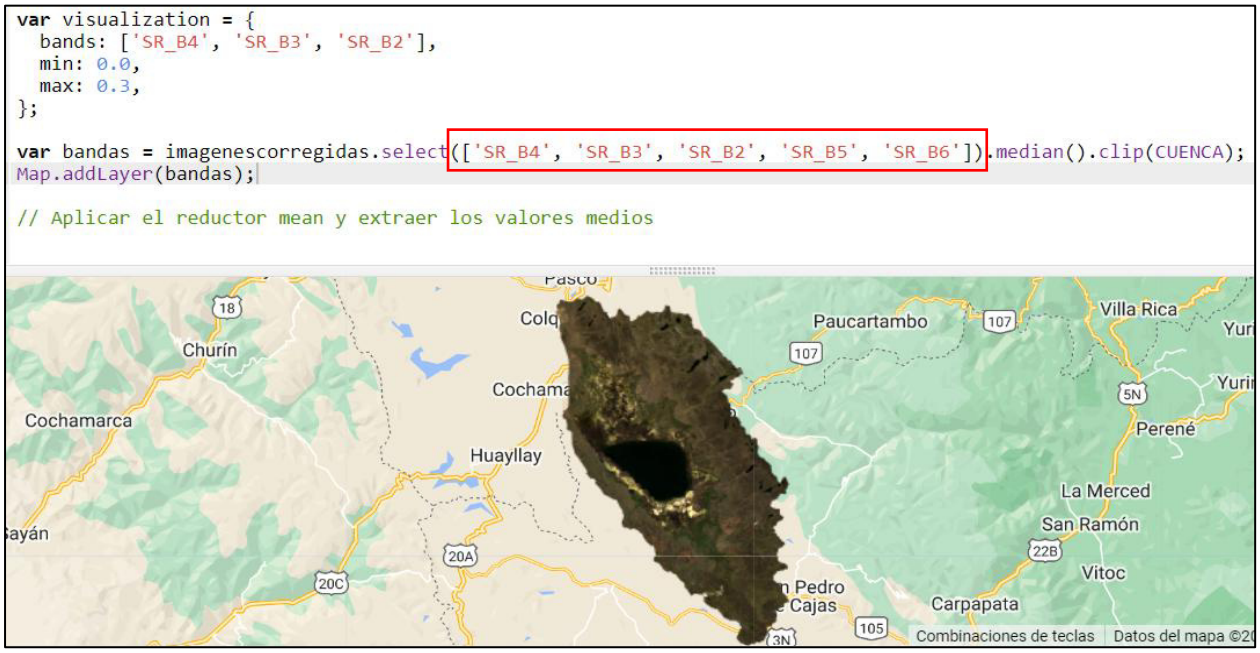


- Selección de bandas

Habiendo corregido los valores de radiancia, fue necesario restringir la cantidad de bandas con las que se realizarían los siguientes procesamientos. Para fines de la investigación se seleccionaron las siguientes bandas: Band 4 (red), band 3 (green), band 2 (blue), band 5 (near infrared) y band 6 (shortwave infrared 1). Para ello se creó la variable “band” y mediante el comando “select” se seleccionaron las bandas seleccionadas líneas arriba.

Figura 22

Selección de bandas del a imagen satelital



3.6.1.3. Generación de los Pixeles puros o Endmembers.

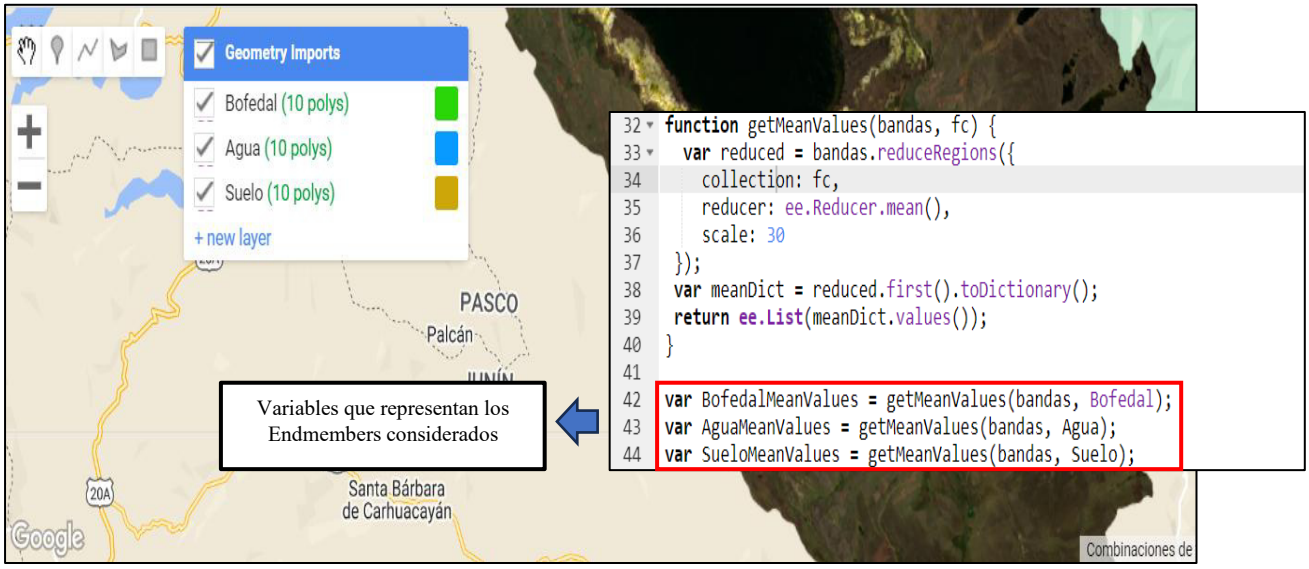
- Selección de los Endmembers o firmas espectrales puras

Para determinar los Endmembers a utilizar fue necesario realizar una visita en campo de la zona de los bofedales. Este reconocimiento en campo fue realizado entre el 31 de mayo al junio al 3 junio. En esta visita se realizó el reconocimiento en campo sobre la presencia de bofedales. Esto sirvió para determinar las coordenadas en donde se ubican ciertos los bofedales más representativos en el área del Proyecto. Estas coordenadas serían tomadas como referencia para el establecimiento de las firmas espectrales puras o “pixeles puros”, de esta forma se definió el Enmember bofedal (BO). Asimismo, se tomaron las coordenadas que determinarían las firmas espectrales puras para las siguientes coberturas: Suelo (SU) y Agua (AG). Una vez definido los Endmembers se trabajó con las bandas espectrales del color verdadero RED, GREEN y BLUE.

Es importante precisar que, la selección de Endmembers o pixeles puros otorgaran diversos valores reflectancia propio de los elementos de la superficie terrestre que están representando, por tal motivo, es necesario establecer un valor promedio de reflectancia para cada pixel que conforma el Endmembers; por tal motivo se utiliza la función *"getMeanValues"* que se encargará de ponderar los valores de reflectancia de los pixeles considerados como puros; esta función utiliza un reductor o integrador (.mean), un factor de escala (fc) que proviene de la misma resolución de la imagen Landsat-8 (30 m). De igual forma a fin de aplicar la función a los parámetros que designamos es necesario crear una variable por cada endmember; es decir tendremos una variable para los endmemeber de bofedal, el segundo para los cuerpos de agua y el tercero para los suelos. A estas variales las designremos de la siguiente manera: "***var*** = *BofedalMeanValues"*; "***var*** = *AguaMeanValues"*; "***var*** = *suelolMeanValues"*, finalmente a cada una de estas variables se les aplicará la función *"getMeanValues"*

Figura 23

Firmas espectrales para la zona de cobertura vegetal de bofedal, agua y suelo



Nota. En esta figura se aprecia que las variables generadas para ser utilizadas como endmembers, son representadas por polígonos por cada tipo de cobertura (bofedal, agua y suelo). Los pixeles dentor de estos polígonos se extraerá el valor medio de reflectancia

mediante la función *"getMeanValues"*. Estos Endmembers se asociaron como una nueva variable que se denominó *"var = Endmembers"*

Debe considerarse que, los mayores valores de reflectancia los encontraremos en la banda del infra rojo cercano (NIR) (en el código de GEE, se representa como 'SR_B5'); ya que, en esta región los pigmentos Clorofila a y b, caroteno y xantofilia absorbe la energía para realizar el proceso de fotosíntesis, los valores de reflectancia pueden verse alterados por la presencia de elementos asociados al bofedal, como totorales, agua, o suelos compactados (Garcia, 2018).

Finalmente, la selección de los Endmemebers debe estar sujeta a la evaluación de las características del entorno, esto quiere decir que el punto o coordenada seleccionada como pixel puro debe ser representativo y guardar relación con las características del entorno.

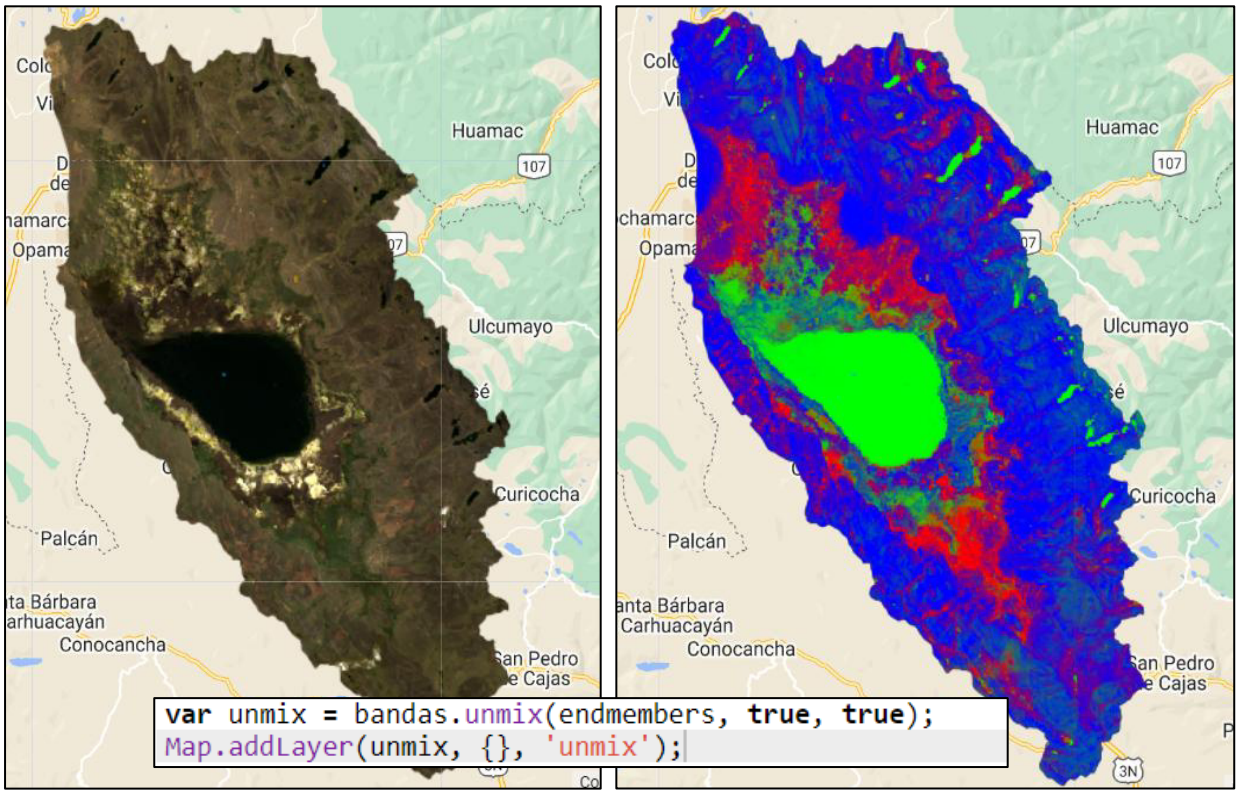
Para el caso de los Endmember Bofedal, se tomó como referencia el punto tomado en campo del bofedal primario que cumple con las condiciones de similitud mencionadas líneas arriba.

3.6.1.4. Uso del Linear Spectral Unmixing (LSU). Con los endmembers establecidos, aplicaremos las funciones de acceso libre de desmezcla de firmas espectrales, presentadas en el catálogo de datos del GEE[1]. Para ello, se creó una variable adicional denominada *"var = unmix"* en donde a nuestra imagen corregida se le aplicará el comando *".unmix"*, que es justamente el algoritmo que aplica el Linear Spectral Unmixing (LSU), los parámetros o insumos que utilizará el algoritmo son las variables previamente generadas *("var = bandas" y "var = endmemeber"*).

[1] Librería de códigos libres del Google Earth Engine, para desmezcla espectral: https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-image-unmix

Figura 24

Linear Spectral Unmixing



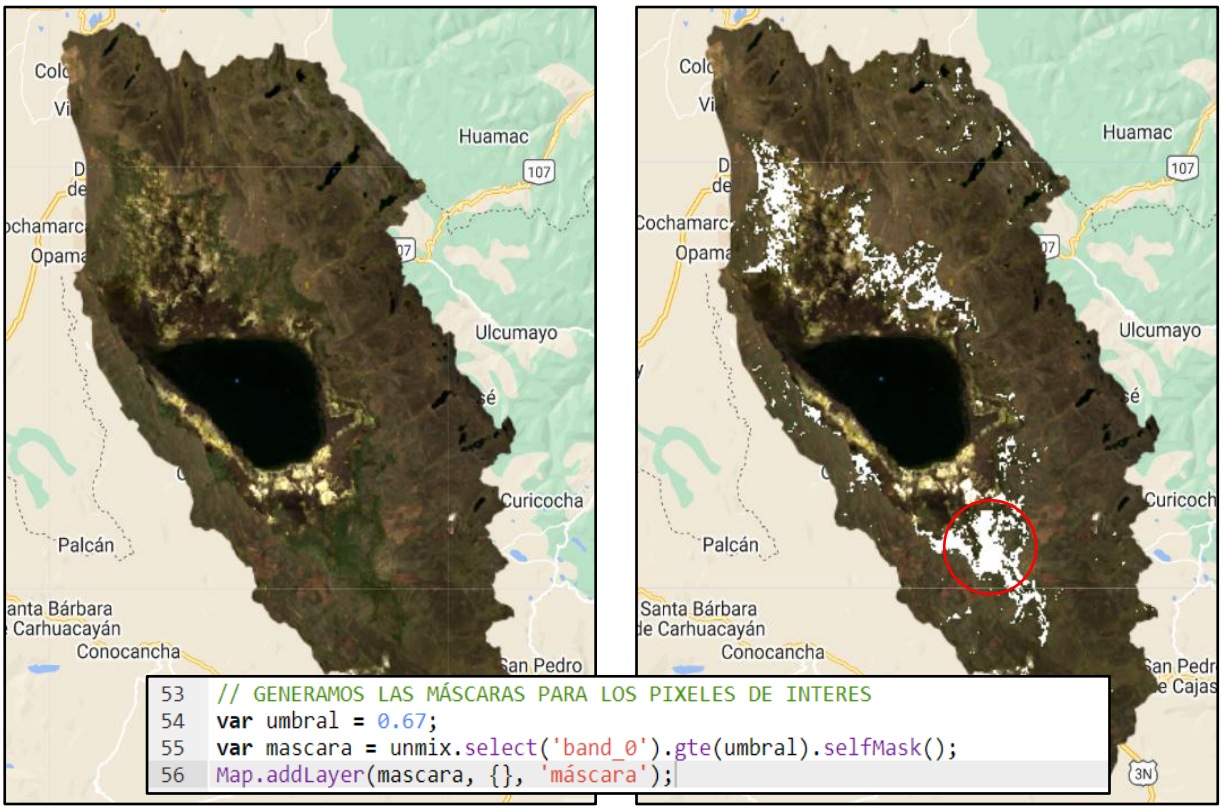
Nota. Se logra identificar que las zonas de color rojo son las zonas en donde se detectó mayor coincidencia referente a la cobertura vegetal de bofedales; las zonas de color verde representan los cuerpos de agua de la subcuenca y las zonas de color azul /violeta, zonas representadas por suelos.

3.6.1.5. Selección de pixeles de interés. Luego de aplicar el algoritmo del LSU, se obtiene un raster por cada Endmember considerado, en este caso se obtienen 3 raster de una sola banda para la cobertura vegetal de bofedal, agua y suelos. Sin embargo, es necesario cuantificar la cantidad de pixeles que corresponderían únicamente a las coberturas vegetales de bofedales, ya que con dicha información se determinará la tasa de pérdida. En ese sentido, crearemos una variable denominada "var = mascara" la cual utilizará la variable previamente definida "var = unmix" y le asociará los criterios del umbral (que determinará los pixeles de interes) y a su vez al criterio ".select", que seleccionará únicamente la banda correspondiente

a la cobertura vegetal de bofedal (Band_0) y se acompañará con los comandos .gte(umbral) y .selfMask(), los cuales aplicarán los filtros del umbal y generaran la máscara de pixeles correspondientes a la cobertura vegetal de bofedales respectivamente. Es importante señalar que, la selección del criterio del umbral se define el grado de representatividad o pureza que se le asignada a los pixeles (Joseph W., Fred A., & Robert O, 1995), mientras este aumente, asociará mas valores de firma espectral al valor del endmember seleccionado, por lo que se puede incurrir en errores seleccionando otros pixeles que no necesariamente serían bofedales.

Figura 25

Mascara de pixeles de cobertura vegetal de bofedales



3.6.1.6. Estimación del área de cobertura vegetal de bofedales. Finalmente se establece un comando que permita poligonizar la máscara de pixeles que corresponde a la variable "*var = mascara*". Para ello, se establece una última variable que se denominó "var = vector", en donde se aplicarán los comando de geometría y reducción y escala a fin de poder

tener nuestra mascara de pixeles que representarían la cobertura vegetal de bofedales en un formato .shp, donde por medio de un sistema de información geográfica podremos determinar la superficie que ocuparía la cobertura vegetal de bofedales; así como tambien podremos realizar la inspección y corrección de los pixeles generados a fin de limitar los errores que se pudieron generar. Finalmente, se precisa que, otra forma de determinar el área de cobertura vegetal es establecer un código de conteo a fin de contar todos los pixeles que corresponden a la máscara generada y multiplicarlo por el área que ocupa un pixel del sensor utilizado (en este caso Landsat-8 presenta una resolución de 30 m por 30 m).

Figura 26

Poligonización de pixeles de cobertura vegetal de bofedales

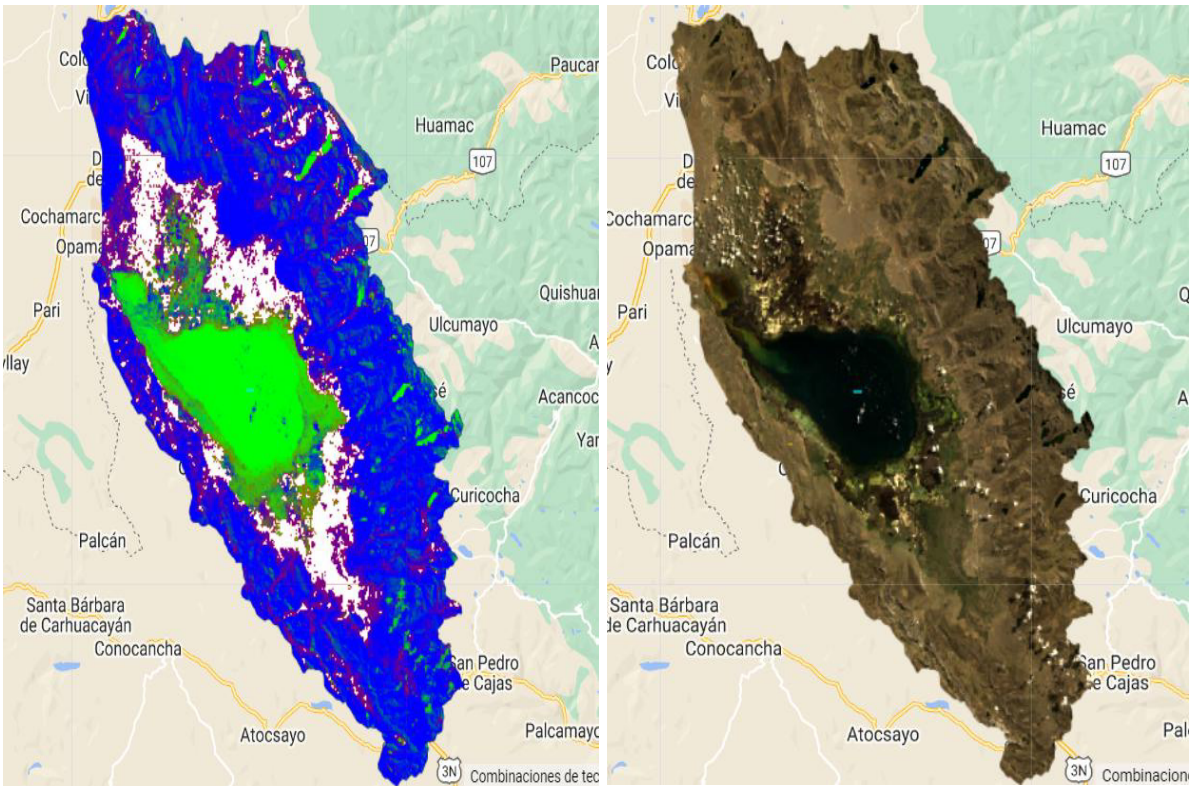
```
var vector = mascara.reduceToVectors({
  geometry: CUENCA,
  geometryType: 'polygon',
  reducer: ee.Reducer.countEvery(),
  scale: 30,
  maxPixels: 1e8
});

Map.addLayer(vector, {}, 'Polygons');
```

Nota. los resultados obtenidos dependen mucho del criterio del analista, ningún método de estimación es 100 % confiable. De igual forma, el establecimiento de los códigos está asociado a la interpretación de las variables y funciones.

Figura 27

Enmascaramiento de pixeles



3.6.2. Estimación de la tasa de pérdida de cobertura vegetal de bofedal

La estimación de la tasa de perdida de la vegetación se realizará por medio de la evaluación de las superficies de coberturas vegetales de bofedal para cada una de las 8 imágenes satelitales de la serie temporal estudiada. La fórmula a utilizar será la siguiente:

$$S = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{\left(\frac{1}{t_2 - t_1}\right)} - 1$$

Donde, A_2 y A_1 son las áreas degradadas en una misma área de interés, pero en diferente periodo; t_1 y t_2 son los años o la escala temporal (fechas)

3.6.3. Procesamiento de la data hidrometeorológica

Para esta investigación fue necesario presentar realizar la búsqueda de datos pluviométricos, de temperatura y de evapotranspiración sobre estaciones meteorológicas cercanas o sobre la subcuenca Junin. Se priorizó la elección de estaciones que se encuentre dentro de la subcuenca Junin a fin de garantizar su representatividad. Asimismo, se realizó la búsqueda de información sobre en los portales oficiales del Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (ANA) e información complementaria de estaciones operadas por empresas de generación eléctrica situadas en el área de estudio. Dichas estaciones cuentan con registros en periodos variables entre 1965 al 2023.

Tabla 16

Estaciones seleccionadas para esta investigación

Nombre	Tipo de Estación	Institución	Periodo	Ubicación WGS84 – Zona 18S		Altitud m.s.n.m	Cuenca
				Este	Norte		
Carhuacayan	Pluviométrica	ANA	1968 - 2023	359707.4	8761324.22	4150	Mantaro
Junín	Pluviométrica	SENAMHI	1970 – 2023	392626.66	8767256.72	4101	Mantaro
Hueghue	Pluviométrica	SENAMHI	1965 - 2004	360179.09	8757486	4175	Mantaro
Tambo de sol	Pluviométrica	SENAMHI	1965 - 2004	377770.07	8797739.62	4100	Mantaro
Cerro de Pasco	Pluviométrica	SENAMHI	2000 – 2023	363265.56	8817620.93	4260	Mantaro
Hacienda Huanca	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	381519.75	8819287.31	4150	Mantaro
Carhuamayo	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	385257.14	8792666.99	4125	Mantaro
Casapato	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	387465.6	8786039.3	4100	Mantaro
Parashga	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2014	363285.39	8820232.27	4310	Mantaro
Shellby	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	366624.04	8805868.41	4120	Mantaro
Upamayo (Statkraft)	Pluviométrica	Electroperú	1965 – 2015	361212.42	8792574.76	4093	Mantaro

Nombre	Tipo de Estación	Institución	Periodo	Ubicación WGS84 – Zona 18S		Altitud m.s.n.m	Cuenca
				Este	Norte		
Atocsaico	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	359707.4	8761324.22	4200	Mantaro

3.6.3.1. Establecimiento de criterios para la selección de estaciones. Para limitar los datos e información presentada en las estaciones fue necesario tomar en consideración los criterios de selección de estaciones meteorológicas establecidos por la Organización Mundial de Meteorología (OMM). Entendiéndose que la precipitación es influenciada significativamente por efecto de la orografía, fisiografía latitud, etc. A continuación, se presentan algunos criterios considerados para la selección de estaciones pluviométricas.

- Criterio 1: Las estaciones deben estar relativamente próximas, considerando la influencia de la precipitación para cada estación, no debe de exceder un radio de 30 km (1).
- Criterio 2: La altitud de las estaciones debe ser similar a la zona de estudio, evitando en lo posible diferencia de 300 m de desnivel (2).
- Criterios 3: El registro mínimo con el que deben contar las estaciones es de 25 años, esto para evitar la influencia que pueda tener una estación con un registro de datos mucho mayor respecto a otra de registro mucho más limitado (3).
- Criterio 4: Finalmente, los valores multianuales de precipitación deben ser similares.

En base a los criterios previamente seleccionado se procede a generar el vector regional, de tal manera, de tal forma que se pueda determinar si existe ciertos valores de semejanza y confiabilidad entre las mismas. Es importante señalar que, con la finalidad de que los datos utilizados tengan representatividad y mayor significancia, será necesario efectuar un análisis

de doble masa de manera que podamos determinar la correspondencia entre la información meteorológica de cada estación.

Tabla 17

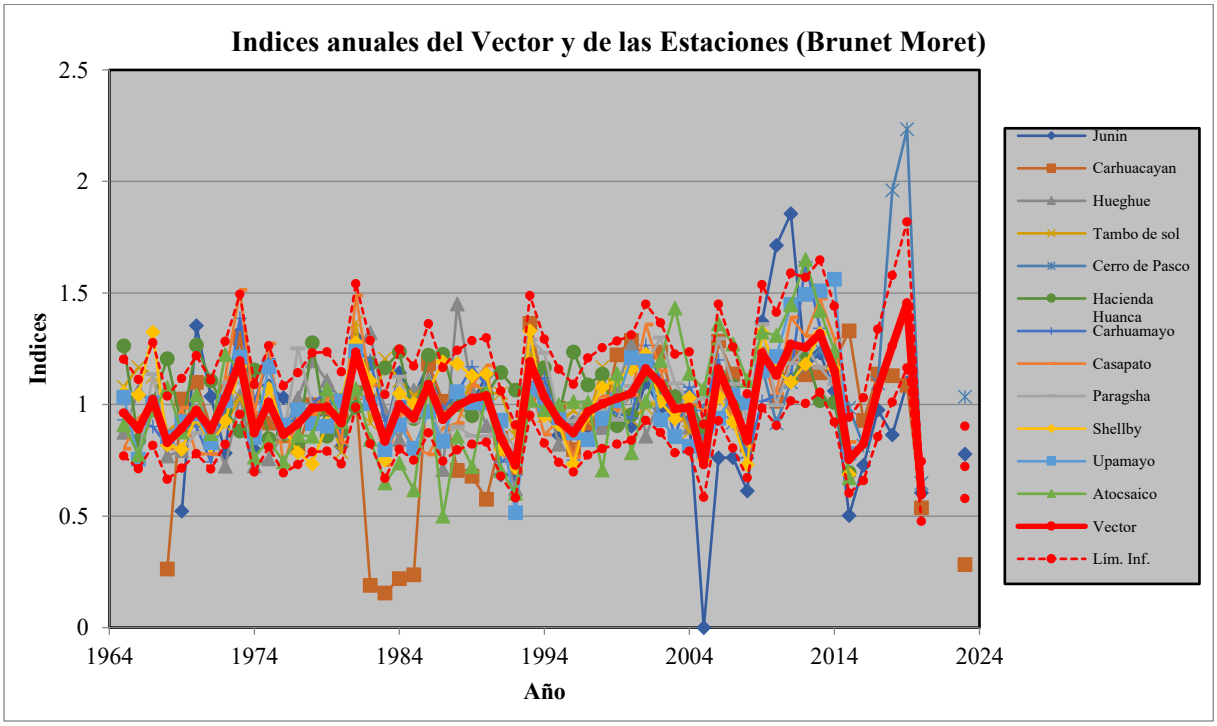
Resultados de los Coeficientes de correlación de las 12 estaciones con el Vector Regional

Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs.	Media Calculada	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
Junin	53	250.6	0.3	836.7	861.1	0.218	0.672
Carhuacayan	54	279.9	0.336	833.1	898.3	0.276	0.513
Hueghue	40	155.4	0.185	842.2	863.2	0.154	0.505
Tambo de sol	40	87.5	0.117	746.4	744	0.116	0.474
Cerro de Pasco	22	320.3	0.316	1015	910.4	0.25	0.717
Hacienda Huanca	51	123.6	0.135	913.5	872.6	0.18	0.212
Carhuamayo	51	129.2	0.174	744.6	733.6	0.11	0.781
Casapato	51	136.9	0.206	663.6	658.6	0.124	0.811
Paragsha	50	134.1	0.147	912.5	896.4	0.114	0.685
Shellby	51	145.4	0.178	815	808.3	0.105	0.808
Upamayo	51	182.7	0.202	905	904.3	0.119	0.815
Atocsaico	51	213.7	0.252	848.9	853.6	0.191	0.645

De la tabla anterior se determina que las estaciones Hacienda Huanca, Atocsaico y Paragsha presentan coeficientes de correlación muy bajos, por lo que no serían representativas por el Vector Regional.

Figura 28

Vector Regional de las 12 estaciones identificadas



Luego de evaluar las estaciones por medio del Vector Regional, se han identificado y seleccionado a las estaciones Junín, Casapato, Shellby, Tambo de Sol, Hueghue y Upamayo, ya que su ubicación se encuentra dentro de la Subcuenca Junín. Ademas, la variación de altitud entre ambas estaciones se ubica entre 4080 y 4175 m.s.n.m. y los registros históricos presentan series de datos regulares de más de 25 años. Finalmente, se identifica que los registros de precipitación observados en todas estas estaciones son similares.

Por otro lado, considerando el criterio de cercanía de las estaciones meteorológicas al área de estudio (o criterio 1), se ha procedido a seleccionar a las estaciones Cerro de Pasco, Carhuamayo y Parashga, ya que se encuentran a una distancia menor de 30 km de la zona. Con altitudes que varían entre 4125 y 4357 m.s.n.m. Asimismo, los registros históricos de precipitación son mayores a 25 años con valores de precipitación multianuales semejantes.

En resumen, para el área de estudio se ha seleccionado una red de estaciones hidrometeorológicas de 10 estaciones, de las cuales siete (07) se encuentran dentro de la Subcuenca Junin (Carhuacayan, Junin, Hueghue, Tambo de Sol, Cerro de Pasco, Carhuamayo, Casapato, Shellby y Upamayo; y las otras tres (03) son Cerro de Pasco, Carhuamayo y Paragsha.

En el **Anexo A-4**: Se presenta el mapa de ubicación de las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas para la investigación.

3.6.4. Procedimientos para determinar las variables hidrometeorológicas

3.6.4.1. Pluviometría. Para calcular el rendimiento hídrico es necesario utilizar una serie temporal lo suficientemente considerable como para poder realizar un análisis consistente. En efecto, para analizar el comportamiento de los caudales en el área de estudio será necesario contar con registros de precipitación de al menos unos 20 años, esto permitirá obtener una evaluación integral de la precipitación en el área de estudio. Considerando que se tendrán que generar series de caudales mensuales, se optará por un método que basado en interpolación permita obtener datos de precipitación basado en los datos observados de las estaciones seleccionadas. En ese sentido, se utilizo el HYDRACCES a fin de mostrar valores de precipitación mediante una malla de puntos distribuida alrededor de toda la subcuenca.

La distribución regional y espacial de estos valores de precipitación se calcularán por medio de la generación de isoyetas o isolíneas de precipitación. Para obtenerlas, se propone generar mallas de puntos que tendrán un valor de precipitación que serán calculados a partir de la generación de una ecuación regional de precipitación que estimará valores de precipitación por medio de los datos observados de las 10 estaciones seleccionadas. Dado que se está usando valores a nivel regional es probable que el valor de la precipitación media se pueda sobredimensionar en proporciones variables

- Estableciendo la relación Precipitación – Altitud - Latitud

La precipitación es la variable hidrológica más importante dentro del ciclo del agua, es gracias a ella con la que podemos establecer una relación directa con el comportamiento del caudal y en se defecto, de todo el proceso del balance hidrológico. La precipitación es todo tipo de agua que cae a la superficie de la tierra para formar parte del ciclo hidrológico, al caer esta fracción de agua puede infiltrarse, evaporarse, escurrir, percolar, etc.

A diferencia de la temperatura, la precipitación es una variable climática que presenta una alta variabilidad espacio temporal, ya que esta puede ser influenciada por variables orográficas, latitud, altitud, el tipo de vegetación en el suelo, viento, entre otros; consecuentemente, esta variabilidad tiene impactos directos y significativos en la hidrología de las cuencas. En ese sentido, cuando se generan registros de precipitación es recomendable tomar la precipitación como un elemento que interactúa o cambia en función de otros elementos en una región.

En las cuencas hidrográficas de los andes, la variabilidad de la topografía combinados con una notoria escases de datos pluviométricos dificulta en gran medida analizar el comportamiento de la precipitación. Es debido a ello, que es fundamental establecer diversas relaciones espacio – temporales que permitan conocer su variabilidad. Para conocer la variabilidad climática, es muy común que se utilicen análisis estadísticos de las series de datos y realizarse ajustes mediante funciones adecuadas (Matovelle et al., 2021). Comúnmente, se suele utilizar el coeficiente de correlación de Pearson para estimar las relaciones existentes entre variables climáticas.

Por lo tanto, se puede representar la precipitación en función de la cota de cada estación pluviométrica. Las precipitaciones tienden a aumentar con la altitud hasta una cierta cota (altura óptima pluvial), a partir de la cual se registran precipitaciones menores (esto solo se aprecia en

cuencas de altitud considerable, por encima de los 2000), como es el caso de la subcuenca de Junín (Sanchez, 2017).

Tabla 18

Valores de altitud, precipitación y latitud de las estaciones analizadas

Estación	Alt	Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	PP media anual
Carhuacayan	4127	-11.2	137.7	150.5	145.9	79.7	35.9	14.7	13.2	15.6	46.4	81.6	84.1	122.4	833.1
Junin	4101	-11.14	140.8	134.5	119.8	65.4	31.1	15.5	13.9	20.1	47.9	78.8	82.5	118.5	834.3
Hueghue	4175	-11.23	99.4	131.6	132.4	69.8	35.7	8.8	15.4	18.7	48.8	84.2	93.8	103.6	842.2
tambo de sol	4100	-10.78	101.3	125.5	110.9	53.0	29.0	11.6	10.1	14.0	45.0	68.6	78.0	99.4	746.4
Cerro de Pasco	4357	-10.69	151.4	158.3	150.5	80.6	42.8	16.9	16.2	18.7	61.1	106.1	110.7	165.9	1019.7
Carhuamayo	4125	-10.92	116.8	120.7	103.5	56.6	27.4	12.6	9.2	16.3	40.9	74.3	70.4	100.7	744.6
Casapato	4100	-10.98	102.8	109.9	96.1	48.9	22.7	10.9	8.6	13.5	37.7	61.3	59.4	95.9	663.6
Shellby	4120	-10.8	119.3	126.2	118.4	68.9	29.4	12.3	8.6	16.2	41.8	78.4	83.1	118.1	815.0
Upamayo	4080	-10.92	128.9	134.8	130.8	72.1	35.2	15.7	11.8	20.6	53.5	90.0	92.8	124.9	836.9
Paragsha	4310	-10.67	126.8	136.9	133.1	75.1	34.1	16.0	14.4	18.8	46.1	84.4	101.6	125.2	912.5

Nota. De la tabla anterior se puede apreciar el valor de la precipitación total mensual para cada estación. En base a estos datos buscaremos establecer una ecuación estadística para poder relacionar las variables de latitud, altitud y precipitación. Por lo general, la precipitación se comportará como una variable dependiente la cual estará condicionada a los valores independientes de altitud y latitud, este fenómeno es muy común en las cuencas del atlántico donde la orografía de la cuenca tiene un rol fundamental.

En principio sabemos que en las zonas altas la precipitación tiende a aumentar; sin embargo, puede darse el caso de que se tenga una estación que se encuentre entre dos cordilleras donde el análisis regional debería tomar más consideraciones. Por ejemplo, si nosotros solo consideráramos el valor de la altitud de dicha estación al momento de establecer una ecuación de regresión posiblemente obtendríamos buenos resultados con una función

lineal, exponencial, logarítmica, etc.; sin embargo, se estaría dejando de lado la influencia a la que estaría sometida esta estación por las precipitaciones en la parte alta de la subcuenca dándose el caso de que pese a que esta estación se encuentre en una zona de menor altitud podría presentar valores de precipitación más altos de lo esperado principalmente debido a la presencia de dos cordilleras.

Generalmente, las latitudes más bajas van acompañadas de altas temperaturas, por ende, mayor evaporación, lo que podría generar al menos mayores ratios de precipitación; mientras que a altas latitudes hay este fenómeno se ve más limitado. La principal fuente de humedad para la precipitación la constituye la evaporación desde la superficie de los océanos. Sin embargo, la cercanía a los océanos no conlleva una precipitación proporcional, como lo de muestran 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 (Morán, 1989).

Para el caso de la subcuenca Junín, procederemos a calcular una ecuación de regresión múltiple (ósea con dos variables independientes). Esta ecuación tendrá la siguiente estructura:

$$PP_g = (V_1 * H) + (V_2 * L) + C$$

Donde:

PP_g= precipitación generada;

V_1= Variable 1;

H = Altitud;

V_2=Variable 2;

L = Latitud;

C = Intercepción

Si reemplazamos valores de altitud y latitud en la ecuación multivariable obtendremos un valor conservador de precipitación, es decir, un valor muy similar o aproximado al valor real. Sin embargo, debemos considerar que al ser un valor conservador el valor generado muy probablemente guarde cierto porcentaje de error, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$E = \left(\frac{PP_{gen} - PP_{real}}{PP\ real}\right) x\ 100$$

Donde:

PP_{gen} : Precipitación generada

PP_{real} : Precipitación real

E : Error

En hidrología cuando se analiza regionalmente alguna variable climática, debe considerarse que el porcentaje de error debe ser menor al del 30% para considerar que los resultados sean aceptables. (Gallo, 2018)

- Regionalización para datos de precipitación

El proceso de regionalización consta de búsqueda de relaciones entre el comportamiento de la precipitación respecto a la influencia de otras variables geográficas, orográficas, meteorológicas, etc. Este proceso permite agrupar estaciones que tengan un comportamiento hidrológico estadísticamente similar, con la finalidad de elaborar grandes registros de precipitación para las zonas de estudio (Vázquez, Carrizosa, & Dominguez, 2018).

La regionalización resulta ser un análisis de mucha relevancia cuando se está trabajando información hidrológica en zonas de adolecen de información hidrométrica, lo que se busca con este análisis es plantear una ecuación que permita saber el valor de la precipitación respecto a la altitud, latitud u otra variable.

En base al registro es posible elaborar una función o modelos de regresión lineal, potencial, multivariables, etc. que sean representativos al comportamiento de los datos de

precipitación utilizados. En otras palabras, será posible estimar la precipitación en función de una o más variables climáticas en zonas donde el acceso a la información sea limitado o, en su defecto, muy escasa.

- Precipitación Media de la Subcuenca

Existen diversas formas para calcular la precipitación media o lámina de agua de una subcuenca cada uno de estos métodos presentan cierto grado de complejidad y su aplicación dependerá de la cantidad y calidad de información con la que se cuente. Entre ellos tenemos a los siguientes: Polígonos de Thiessen, métodos aritméticos, isoyetas, curvas de nivel, método angular, método isoporcentual, entre otros.

Para efectos de esta investigación compararemos la precipitación media de la subcuenca Junín en base los resultados del cálculo de la lámina de agua a través del método de las isoyetas, curvas de nivel y el método aritmético.

La Precipitación media por el método de las Isoyetas es la principal metodología para estimar la precipitación media en una subcuenca, ya que su determinación hace uso directamente de la información consignada en estaciones de las cuencas. Este método se caracteriza por ubicar puntos que contengan un mismo valor de precipitación o lluvia alrededor de la subcuenca que son unidos mediante una isolínea. Es importante considerar que mientras mayor sea la cantidad de estaciones con las que se cuente en la subcuenca, el resultado será significativamente más representativo.

Las Isoyetas dependen de un criterio hidrológico, puesto que, a diferencia de otros métodos mucho más mecánicos, el cálculo de la precipitación media va ligado a una evaluación donde si se consideran los aspectos orográficos, topográficos, vientos, etc. El método de las isoyetas consiste básicamente en trazar líneas de igual precipitación mediante la interpolación entre los valores puntuales en cada estación. Después de escribir los totales de lluvia en cada estación, se unen estas con líneas rectas sobre las cuales se interpolan linealmente, los valores

de lluvia para los cuales se pretenden trazar las isoyetas. Con esos puntos se procede al trazado de las isolíneas, como si fuesen curvas de nivel. (Mejía, 2006)

Este método es uno de los más precisos que existen y su aplicación combinar los criterios físicos con los métodos estadísticos y adecuarlos a la experiencia de la persona que ejecuta el trabajo para que la distribución espacial de la lluvia no solo tenga una orientación con la orografía y latitud de la cuenca, sino también su ponderación en relación con las cuencas vecinas y a la densidad de las estaciones existentes. (Gallo & Gomez, 2022). Su estimación se basa en el siguiente principio.

$$P = \frac{\sum_{j=1}^{m}\left[\frac{P_j + P_{j+1}}{2}\right]}{\sum_{j=1}^{m} A_j}$$

Donde:

Pj: Valor de precipitación de la isoyeta

Aj: Área incluida entre dos isoyetas consecutivas (j y j+1)

m: Número total de isoyetas

Para efectos de esta investigación, determinaremos la precipitación media en base a los siguientes pasos:

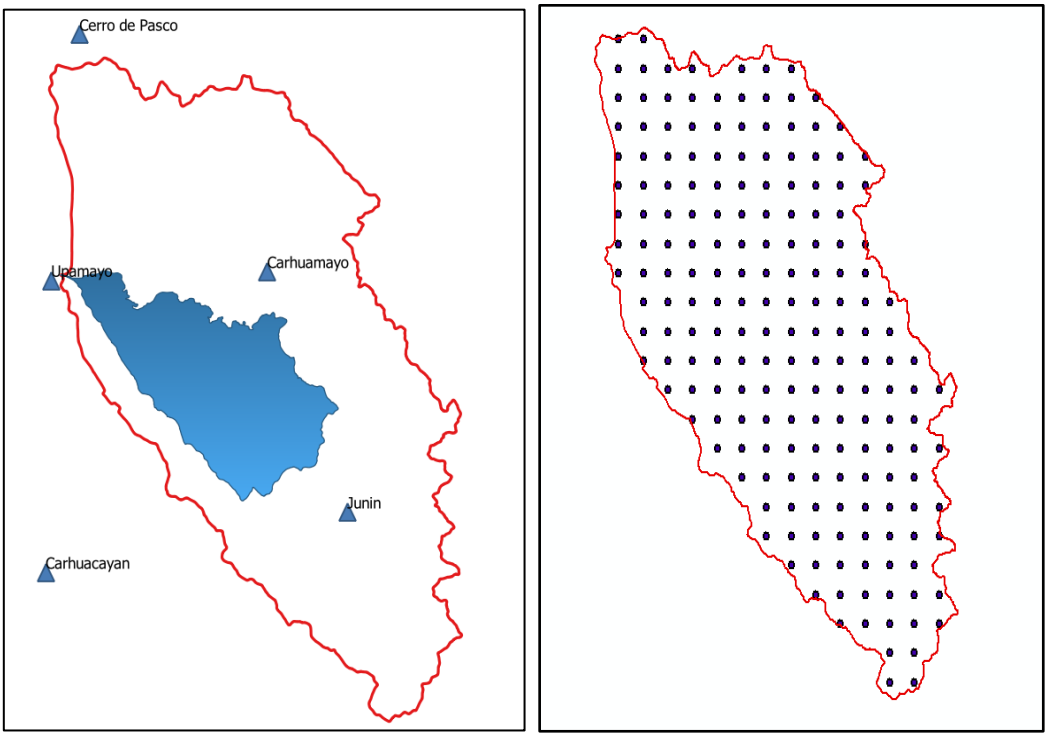
- Es importante que previo a la determinación de la precipitación media ya se tenga la información homogenizada, completada y consistente. Esto permitirá que el análisis sea adecuado, ya que se interpolarán los datos de precipitación de todas las estaciones en periodos homogéneos haciendo la evaluación más integral.
- Como se mencionó previamente, es importante tener la mayor cantidad de estaciones con información revisada y analizada; sin embargo, tambien debe considerarse que es sumamente recomendable crear estaciones ficticias que obedezcan a las relaciones existentes entre altitud y latitud de la subcuenca, de tal forma que cada estación sea real

o ficticia cuente con su propia altitud y latitud; y por tanto sea posible el determinar su valor de precipitación en función al modelo de la ecuación regional de precipitación multivariable que fue determinada líneas arriba.

- La malla de puntos creadas fue con un total de 193 estaciones ficticias, separadas cada una un espacio de 3 km entre sí. Realizar este tipo de separación permite que se pueda calcular la precipitación en cada uno de dichos puntos o estaciones ficticias. Es importante precisar que, estas estaciones ficticias arrojaran un dato de precipitación que será obtenido a partir del modelo regional multivariable.

Figura 29

Estaciones pluviométricas y Estaciones ficticias



- La malla de puntos fue colocada de manera que todos los puntos creados como estaciones ficticias estén ubicados dentro del modelos de elevación digitad DEM, de

esta manera aseguramos de que cada punto cuente con un valor altitud y latitud, y, por ende, de precipitación.

- Para verificar que las isoyetas guardan es correcta y guarda relación con lo establecido en el proceso de regionalización, se realizó una evaluación del valor de precipitación resultante en el punto de intersección entre la isoyeta y una curva de nivel. Recordemos que con la ecuación regional de precipitación es posible obtener valores conservadores de precipitación en cualquier punto en donde sea conocida la altitud como la latitud.

3.6.4.2. Temperatura. Es una de las variables más importantes del ciclo hidrológico, ya que 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 (Morán, 1989, p. 4). Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado.

A diferencia de la precipitación, la temperatura presenta menor grado de variabilidad puesto que las condiciones que la rigen se ven condicionados significativamente por la altitud, de tal forma que va disminuyendo conforme se uno se acerque hacia la troposfera, a este efecto de variabilidad se le conoce como gradiente vertical de temperatura (Morán, 1989).

Para el cálculo de la temperatura media multianual se siguieron los mismos procedimientos considerados para la determinación de la precipitación media. En ese sentido, considerando que el coeficiente de variabilidad de este parámetro es bajo; así también, se evaluó la consistencia tomando en cuenta las ecuaciones estadísticas que representan el comportamiento de la temperatura y su relación con la altitud; son suficientes para los fines de este estudio.

- Relación Temperatura – Altitud

A fin de representar cómo se comporta la temperatura media de las estaciones consideradas dentro de este estudio con relación a la altitud, se presentaron los valores de temperatura media calculados a partir de los valores de temperatura media de cada mes dentro del año hidrológico considerado.

Tabla 19

Valores reales de temperatura media

Estación	Alt (msnm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	T med
Cerro de Pasco	4093	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	4.8	4.3	4.7	5.1	5.7	6.1	5.8	5.5
Marcapomacocha	4100	5.6	5.6	5.8	5.7	5.1	4.1	3.5	4.0	4.8	5.4	5.7	5.5	5.1
Junín	4120	7.4	7.5	8.5	7.0	6.4	5.4	4.4	5.0	5.9	6.7	7.3	7.5	6.6
La Oroya	4150	7.4	7.8	7.8	7.1	5.8	7.1	6.4	7.2	6.4	6.9	7.4	7.5	7.1
Promedio		6.6	6.7	7.0	6.4	5.8	5.4	4.6	5.2	5.6	6.2	6.6	6.6	6.0

Nota. Se debe considerar que, para la presente investigación se están reemplazando algunas estaciones señaladas en el literal *"A. Pluviometría"* del ítem 3.5.2.4 "Procedimientos para determinar las variables hidrometeorológicas" por las estaciones Marcapomacocha y La Oroya respectivamente, debido a que tanto las estaciones como Carhuacayan y Carhuamayo son estaciones Pluviométricas, las mismas que carecen de datos de temperatura. Sin embargo, los criterios de selección de estaciones fueron los mismos utilizados para la selección de estaciones para el cálculo de la precipitación media de la subcuenca Junín; además, se consideró la baja variabilidad de la temperatura como variable meteorológica.

- Regionalización para datos de temperatura

Al igual que con la precipitación, será necesario establecer un modelo estadístico que refleje el comportamiento de la temperatura respecto a la altitud. Considerando que este parámetro meteorológico no es tan variable como la precipitación el modelo regional planteado consistirá en una ecuación de carácter lineal, en donde se refleja la relación inversamente proporcional entre la temperatura y la altitud. Esta ecuación tendrá la siguiente estructura:

$$T°C = -0.004(H) + 22.766$$

Donde:

H: Altitud (m)

T°C: Temperatura °C

- Temperatura media la Subcuenca Junín

Al igual que con la precipitación, para el cálculo de la temperatura media de la subcuenca Juni se será obtenido a partir de diferentes técnicas, entre ellas: El cálculo de Isolíneas de temperatura o Isotermas y la determinación de la temperatura media a partir de los rangos de altitud y los promedios aritméticos de los valores de temperatura multianual observados en las estaciones observadas.

- Temperatura media por el método de las Isotermas

Para generar las isotermas, se estableció una malla de 644 puntos separados cada 3 km, de tal forma que estos puedan servir como estaciones ficticias. Sobre ellas y con la ayuda de un Modelo de Elevación Digital (DEM), se reemplazó el valor de altitud (otorgado por el DEM) en la ecuación regional de temperatura para así obtener un valor de temperatura media de la Subcuenca Junín, con lo cual se procederá a generar isolíneas de temperatura mediante el empleo de herramientas GIS.

- Temperatura media por medio del método aritmético

Este método se calculará el valor de la temperatura media a partir de los datos registrados u observados en las estaciones meteorológicas. El valor de la temperatura media, será el valor resultande de la media de todos los valores de temperatura media multianual.

$$Tm = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{n}$$

Donde: Tm es el valor de temperatura media

Ti es la temperatura puntual en la estación i y n el número de estaciones consideradas en el análisis.

- Temperatura media por rangos de altitud

La temperatura media por rangos de altitud será calculada en base a la evaluación de la topografía en el área de estudio. Es decir que considerando la variabilidad altitudinal y relieve local se establecerán los rangos de altitud; para fines prácticos se utilizarán los mismos rangos establecidos en el cálculo de precipitación (ítem 3.5.2.3.1.3.3). De manera análoga los rangos de altitud se calcularán de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{T_{xx} = \frac{\left(\frac{T_1 + T_2}{2}\right) * A_1 + \left(\frac{T_3 + T_4}{2}\right) * A_2 + \cdots + \left(\frac{T_{n-1} + T_n}{2}\right) * A_n}{A_t}}$$

Donde:

$\boldsymbol{P_{xx}}$: Precipitación media entre el rango de altitud seleccionado.

$\boldsymbol{I_{1,2,3\ldots,n}}$: Isoyeta dentro del rango de altitud.

$\boldsymbol{A_{1,2,3\ldots,n}}$: Área parcial.

$\boldsymbol{A_t}$: Área total.

Finalmente, para obtener un valor de temperatura media se compararán los resultados y porcentaje de error generado por cada método, a fin de evaluar la representatividad de la

ecuación regional de temperatura media. Esto se realiza para poder determinar la temperatura media a nivel de la subcuenca, ya que lo que se busca es generar un registro de temperatura que involucre a todas las unidades hidrográficas que componen a la subcuenca Junín.

3.6.4.3. Evapotranspiración. La evaporación resulta ser un factor adicional que interviene en el balance energético, su intensidad está condicionada a la radiación solar y la temperatura. La exactitud en la estimación depende de la precisión inherente al equipo de medida y de lo completo que sea el registro. Sin embargo, existen los métodos indirectos que permiten obtener valores bastante acertados de la magnitud de evaporación; estos métodos se basan en ecuaciones de balance energético, de transferencia de masa, de balance hídrico y fórmulas empíricas. (Gallo y Gomez, 2022, p. 218).

Para efectos de este trabajo de investigación, se determinaron los valores de evapotranspiración considerando la ecuación propuesta por (Scholz, 1980), que se basa en una modificación de la ecuación de Hargreaves, adaptada a la zona andina del Perú. Este método se basa en ecuaciones que toman como base los datos de precipitación y temperatura propios del área de estudio, otorgando resultados cercanos que se podrían asemejarse a valores observados; por tal motivo, su aplicación debe ser utilizada únicamente en estudios de balance hidrológico o aplicaciones teóricas como lo es este trabajo de investigación (Gallo, 2018).

Es importante precisar que, las fórmulas para la estimación de la evapotranspiración se van ajustando por medio de la estimación de otras variables propias del área de estudio tales como: radiación solar, altitud, tipos de suelo, humedad del aire, viento, entre otros (Mejía, 2006); esto permite reducir la incertidumbre de los datos obtenidos, acercándolos a valores que representen de forma adecuada el comportamiento de la evapotranspiración en el área de estudio.

Finalmente, se debe considerar que existen diferentes métodos y ecuaciones para su estimación, por lo que la selección de los métodos dependerá de las condiciones del terreno y/o área de estudio, el relieve, orografía, coberturas vegetales, entre otros.

- Hargreaves

Este método se ajusta tanto a zonas para zonas andinas, su aplicación depende de las siguientes variables (Gallo y Gomez, 2022, p. 224):

- Datos de resistencia aerodinámica (temperatura promedio, máxima y mínima, humedad relativa, horas de luz solar, viento, altitud y latitud).
- La resistencia superficial del cultivo (evaporación directa y el flujo de agua por difusión).
- Albedo, considerando, como cultivo de referencia al pasto a una altura de 0.12 m, bien regado cubriendo totalmente el suelo de referencia y la radiación solar reflejada o albedo de 0,23

Para la primera parte para la determinación de la energía solar disponible para la evaporización y el calentamiento del aire, utilizaremos la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{EVTP = 0.0075 * RSM * TF * FA}$$

$$\boldsymbol{RSM = 0.075 * RA * (n/N)^{0.5}}$$

$$\boldsymbol{FA = 1 + 0.06 * AL}$$

Donde:

EP: Evapotranspiración potencial anual (mm/año)

TF: Componente de la temperatura (°F)

FA: coeficiente de corrección por elevación

TF: Temperatura media anual (T°F)

RA: Radiación extraterrestre (mm H20 /año)

n/N: Relación entre insolación actual y posible (z); se estima en 50% sobre la base de registros e investigaciones (Scholz, 1980)

AL: Altitud en m.snm

3.6.5. Modelamiento Hidrológico

3.6.5.1. Lutz – Scholz. Este modelo puede ser aplicado para determinar los caudales medios en cuencas andinas. Se basa en el uso de ecuaciones empíricas que pueden dar datos aproximados de la subcuenca. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas (para el balance hídrico) (Adrianzén y Romero, 2021).

- **Coeficiente de escurrimiento:** Coeficiente de escorrentía o coeficiente de escurrimiento, depende de la precipitación P promedio anual en mm/año y del déficit de escurrimiento D en mm/año, que a su vez depende de una función de la temperatura L, siendo la temperatura media anual T en °C, es decir:

$$C = \frac{P - D}{P}; D = \frac{P}{\left[0.9 * \left(\frac{P}{L}\right)^2\right]^{0.5}}; L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

Donde:

P: Precipitación total anual (mm/año); D: Déficit de escurrimiento (mm/año)

L: Coeficiente de temperatura

T: Temperatura media anual (°C)

- **Retención de la cuenca:** Está definida como la lámina de lluvia retenida por la cuenca y que contribuye al abastecimiento de agua en época de estiaje. Este parámetro se puede calcular a partir de las lagunas, glaciares, etc.

$$RET = \frac{\mathrm{Af}(-7.5\mathrm{I} + 315) + 5(\mathrm{Lag} + \mathrm{Nev})}{Ac}$$

Donde:

RET: Retención de la cuenca (mm)

Af: Área de los acuíferos (km^2)

I: Pendiente del acuífero (%)

Ac: Área de la cuenca (km^2)

Lag: Área de lagunas (km^2)

Nev: Área de nevados (km^2)

Tabla 20

Parametrización para el cálculo de la retención

Tipo	**Lámina acumulada (mm/año)**		
	Pendiente de la cuenca		
Napa freáctica	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas - Pantanos	500		
Nevados	500		

Este modelo utiliza cuatro (4) fórmulas empíricas para estimar el agotamiento de la subcuenca. El agotamiento de la subcuenca corresponde al agua que las la misma subcuenca libera en épocas donde el régimen de precipitación es muy escaso (estiaje). El coeficiente de agotamiento es la representación del decrecimiento exponencial de los flujos de agua liberados en épocas de estiaje.

Tabla 21

Coeficiente de agotamiento Modelo Lutz - Scholz

Retención	Coef. de Agotamiento	Descripción
Retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana (80 mm/año)	$a = -0.00250 \text{ Ln Ac} + 0.034$	Agotamiento muy rápido
(50 mm/año) hasta retención mediana (80 mm/año)	$a = -0.00252 \text{ Ln Ac} + 0.030$	Agotamiento rápido.
retención mediana (alrededor de 80 mm/año)	$a = -0.00252 \text{ Ln Ac} + 0.026$	Agotamiento mediano.
Alta retención (más de 100 mm/año)	$a = -0.00252 \text{ Ln Ac} + 0.023$	Agotamiento reducido.

Nota. "a", representa el coeficiente de agotamiento y "Ac" es el área de la cuenca/subcuenca. Modificado de "Análisis comparativo de los modelos lluviaescorrentía: GR2M, Temez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas", Adrianzén y Romero, 2021.

El parámetro "a" (coeficiente de agotamiento), va vinculado al comportamiento de las descargas del mes actual con el mes anterior. Esto quedará representado con la siguiente ecuación

$$b_0 = e^{-at}$$

Donde:

bo = relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior

a = coeficiente de agotamiento

t = tiempo (30 días).

Se puede se puede entender que durante el paso del tiempo la lámina que escurre por toda la subcuenca va agotándose mes a mes. Este fenómeno se representa mediante la siguiente relación de caudales respecto a cada mes.

$$b_{o_i} = \frac{CM_i}{CM_0}$$

Donde:

CM_i y CM_0 son los caudales del mes actual y el mes anterior respectivamente

- **Aporte y abastecimiento de retención:** Como en épocas de estiaje existirá aportes de flujo hídrico, estos deben ser estimados. Asimismo, cuando no es época de estiaje la cuenca seguirá aportando recursos hídricos. Por lo tanto, será necesario estimar estos aportes para ambas épocas

Tabla 22

Aporte y abastecimiento de retención

Época Seca	Época Húmeda
$\boldsymbol{G_i = RET\frac{b_{o_i}}{\sum b_{o_i}}}$	$A_i = \frac{a_i x RET}{100}$

- **Generación de caudales:** Finalmente, luego de estimar los parámetros y relaciones se puede plantear la aplicación de la ecuación de estimación de caudales medios según Lutz Scholz de la siguiente manera:

$$Q_i = b_1 + b_2 * Q_{t-1} + b_3 * \text{PE} + \text{S}(1 - R^2)^{\frac{1}{2}} * Z_{t1}$$

Donde:

Q_i y Q_{t-1}: Son los caudales generados en el año "t" y "t-1"

PE: Precipitación efectiva del año "t"

S: Error estándar

R: Coeficiente de correlación

Z: Número aleatorio normal (0,1) del año "t"

b1, b2, b3: son los coeficientes de la regresión múltiple.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Análisis de Datos Pluviométricos

Con la finalidad de determinar que los datos de precipitación de cada estación guarden cierta relación entre sí, se ha ejecutado el análisis de doble masa, evaluación de saltos y las pruebas de consistencia. Esto servirá para determinar la significancia y correspondencia de los datos utilizados en esta investigación.

3.6.1.1. Homogeneidad de datos pluviométricos. En efecto, debemos procurar que los datos de precipitación a utilizar guarden cierta relación entre ellos, por tanto, es necesario que la serie temporal de datos a utilizar presente un periodo homogéneo para cada estación de manera que el análisis a efectuar se realice en una cantidad de datos bastante similares. Sin embargo, se debe considerar que los datos pluviométricos son de naturaleza heterogénea, ya que esta esta influenciada por factores orográficos, altitudinales y de latitud, lo cual nos obliga a efectuar un análisis de homogeneidad bajo la finalidad de poder demostrar su consistencia para lo cual debemos establecer los siguientes criterios:

- El análisis de las series temporales a analizar debe ser la misma para cada tipo de estación, esto se puede lograr tomando como base el análisis de los coeficientes de dispersión para datos de precipitación (análisis de varianza y dispersión). Se debe considerar para obtener mayor confianza en los datos utilizados, se debe tener en cuenta que el coeficiente de variación estándar debe ser menor a un 30%.
- Diseñar el completado de los datos de meses faltantes para los registros de precipitación que lo requieran, siempre y cuando estos tengan como base el análisis de los valores de dispersión.
- Uno de los métodos de completación de datos de dispersión faltantes es mediante la aplicación del software HEC-4, el cual utilizará la base de datos de los registros de precipitación de estaciones vecinas para la generación de datos de precipitación.

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

Donde:

S^2: varianza;

X_i: datos agrupados de precipitación;

$\bar{X}$: promedio de datos de precipitación;

n: tamaño de la muestra.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Donde:

σ: Desviación estándar;

X_i: datos agrupados de precipitación;

$\bar{X}$: promedio de datos de precipitación;

n: tamaño de la muestra.

$$CV = \frac{\sigma}{|\bar{X}|}$$

Donde:

CV: Coeficiente de desviación;

σ: Desviación estándar o típica;

$\bar{X}$: promedio de datos de precipitación

a. Análisis de doble masa o acumulación. Antes de iniciar con cualquier tipo de análisis de las estaciones seleccionadas, es necesario realizar ciertas verificaciones del estado, calidad y confiabilidad de los datos disponibles. Por lo general, los datos hidrometereológicos están constituidos por largas series temporales de recopilación de datos de las fases del ciclo hidrológico y de una localidad en particular. No obstante, se debe tener en cuenta que mientras más largo sea el registro de una serie temporal, mayor será la posibilidad de que la información contenga errores o sea inconsistente (Parizaca, 2012).

Para este estudio se ha considerado un total de 5 estaciones pluviométricas con registros de información relevantes; debido a que se tendrá que completar series temporales de la variable a analizar (precipitación), se debe efectuar el análisis de consistencia de los datos obtenidos. Este análisis se explica tomando como base el comportamiento natural de la precipitación; para una zona local, un evento de tormenta (lluvia) afecta de la misma manera a una o más estaciones vecinas.

El análisis de doble masa consiste en construir una curva acumulativa de precipitación obteniendo una recta con el coeficiente de correlación cercano a uno (Carrera et al., 2016), esto permitirá verificar la homogeneidad de los datos, evitar las anormalidades durante el periodo de evaluación estudiado y principalmente identificar que los registros analizados mantengan un régimen similar de precipitación.

Una rotura o variación de la pendiente de la curva doble masa significa que ha ocurrido un cambio en la constante de proporcionalidad entre las dos variables de acumulación de precipitación analizadas, o que quizás, la proporcionalidad no sea una constante en todos los puntos de la recta (Gallo y Gomez, 2022). Debemos considerar que la variabilidad es una característica inherente a los datos pluviométricos, por lo que una rotura en pendiente de la curva de doble masa también puede significar una variación generada por eventos microclimáticos reales, esto puede ser discriminado o no, a partir del uso de técnicas estadísticas.

A continuación, se muestra el procedimiento a seguir para efectuar el análisis de doble masa tomando como ejemplo a la estación Carhuacayan.

- Calcular las precipitaciones medias mensuales y anuales

- Para el análisis de doble acumulación debemos procurar tener una serie de datos lo suficientemente representativa en cada estación. Para esta investigación se tomó como referencia una serie temporal de registro pluviométricos de 28 años, comprendida entre los años 1990 y 2017.
- La media mensual es obtenida calculado el promedio aritmético de los valores de precipitación de un solo mes dentro de una serie temporal de datos observados (en este caso 28 años).
- Habiendo obtenido la media mensual de precipitación para cada mes, se obtendrá la media anual de precipitación. Este valor se obtiene realizando la suma del valor de precipitación mensual.

- Determinación de la acumulación de precipitación anual

- Habiéndose obtenido la precipitación total anual de cada año, debemos proceder a calcular el valor acumulado de precipitación, es decir el valor de precipitación que se acumularía por cada año evaluado, esto se puede calcular sumando los valores de

precipitación del año inicial con el valor de precipitación del año siguiente, al resultado de esta suma deberá sumarse el valor de precipitación del tercer año, a este resultado sumaremos el valor del cuarto año y así sucesivamente hasta terminar de completar toda la serie temporal. Este proceso debe repetirse para todas las estaciones analizadas.

- Patrón de precipitación anual (PPA)

- Para determinar el Patrón de Precipitación Anual (PPA) usaremos el promedio de los totales anuales de precipitación de todas las estaciones analizadas y generaremos las acumulaciones en el orden cronológico establecido:

$$PPA = \frac{\sum_{i=1}^{n} Px}{n}$$

Donde:

PAA: Patrón de Precipitación Anual

Px: Precipitación anual de la estación x

n: Número de estaciones a considerar

A continuación, se muestran los cálculos necesarios efectuar el análisis de doble masa, para ello usaremos las 5 estaciones que forman parte de este estudio. Donde: CAR: Carhuacayan; UPA: Upamayo; CAH: Carhuamayo; JUN: Junín; CDP: Cerro de Pasco.

Tabla 23

Valores para el análisis de doble masa – Subcuenca de Junín

AÑO	CAR	JUN	HUE	TDS	CDP	CAR	CSP	SHL	UPA	PAR	Acum. CAR	Acum. JUN	Acum. HUE	Acum. TDS	Acum. CDP	Acum. CAR	Acum. CSP	Acum. SHL	Acum. UPA	Prom PP	PPA
1965	-	-	755.5	802.9	-	682.8	527.9	852.0	934.6	866.1	-	-	755.5	802.9	-	682.8	527.9	852.0	934.6	866.1	774.5
1966	-	-	918.5	868.4	-	674.3	620.4	842.9	682.9	677.3	-	-	1674	1671.3	-	1357.1	1148.3	1694.9	1617.5	1543.4	755.0
1967	-	-	862.2	838.0	-	661.2	653.0	1070.5	911.4	1018.9	-	-	2536.2	2509.3	-	2018.3	1801.3	2765.4	2528.9	2562.3	859.3
1968	236.3	-	663.7	654.1	-	598.9	529.3	661.7	774.1	759.6	236.3		3199.88	3163.37	-	2617.2	2330.6	3427.1	3303	3321.9	609.7
1969	920.8	449.9	685.5	695.6	-	680.1	649.5	646.8	834.4	714.7	1157.1	449.9	3885.38	3859.01	-	3297.3	2980.1	4073.9	4137.4	4036.6	697.5
1970	987.8	1165.8	832.6	678.7	-	662.0	513.7	765.2	865.2	781.2	2144.9	1615.7	4717.98	4537.71	-	3959.3	3493.8	4839.1	5002.6	4817.8	805.8
1971	804.4	892.2	771.6	658.8	-	545.2	512.4	660.7	750.5	809.1	2949.3	2507.9	5489.58	5196.51	-	4504.5	4006.2	5499.8	5753.1	5626.9	711.7
1972	953.6	673.4	624.1	673.4	-	730.9	739.0	747.4	919.0	985.6	3902.9	3181.3	6113.68	5869.91	-	5235.4	4745.2	6247.2	6672.1	6612.5	782.9
1973	1165.4	1140.5	898.5	770.4	-	1016.9	996.8	948.1	1096.7	985.1	5068.3	4321.8	7012.18	6640.31	-	6252.3	5742	7195.3	7768.8	7597.6	1002.0
1974	841.9	686.9	625.9	651.9	-	740.7	634.0	703.4	769.8	798.2	5910.2	5008.7	7638.08	7292.21	-	6993	6376	7898.7	8538.6	8395.8	717.0
1975	823.7	932.8	653.8	749.0	-	883.9	839.3	866.4	1057.2	867.3	6733.9	5941.5	8291.85	8041.21	-	7876.9	7215.3	8765.1	9595.8	9263.1	852.6
1976	772.8	888.0	759.0	636.1	-	660.2	476.1	729.0	822.4	765.5	7506.7	6829.5	9050.85	8677.26	-	8537.1	7691.4	9494.1	10418.2	10028.6	723.2
1977	727	825.0	888.5	717.8	-	692.3	624.8	634.3	884.5	1121.8	8233.7	7654.5	9939.35	9395.06	-	9229.4	8316.2	10128.4	11302.7	11150.4	790.7
1978	897.1	797.1	1032.6	731.2	-	736.8	628.3	593.0	826.8	891.7	9130.8	8451.6	10971.95	10126.26	-	9966.2	8944.5	10721.4	12129.5	12042.1	792.7
1979	883.6	838.9	955.0	737.6	-	777.2	679.1	739.9	816.4	886.5	10014.4	9290.5	11926.95	10863.86	-	10743.4	9623.6	11461.3	12945.9	12928.6	812.7
1980	866.2	700.1	877.7	584.5	-	629.0	545.7	829.2	920.7	870.1	10880.6	9990.6	12804.65	11448.36	-	11372.4	10169.3	12290.5	13866.6	13798.7	758.1
1981	945.7	1119.5	1048.5	1016.9	-	915.0	981.1	1032.9	1121.6	942.1	11826.3	11110.1	13853.15	12465.26	-	12287.4	11150.4	13323.4	14988.2	14740.8	1013.7
1982	171	890.8	1141.0	682.5	-	878.8	715.1	895.1	909.1	897.8	11997.3	12000.9	14994.15	13147.76	-	13166.2	11865.5	14218.5	15897.3	15638.6	797.9
1983	139.3	746.5	836.6	897.2	-	679.0	480.0	607.2	721.8	763.2	12136.6	12747.4	15830.75	14044.96	-	13845.2	12345.5	14825.7	16619.1	16401.8	652.3
1984	197.4	983.7	727.9	823.6	-	745.6	631.0	847.8	821.0	1008.6	12334	13731.1	16558.62	14868.56	-	14590.8	12976.5	15673.5	17440.1	17410.4	754.1
1985	212.8	892.2	919.5	775.2	-	728.2	535.8	811.2	727.1	827.9	12546.8	14623.3	17478.12	15643.76	-	15319	13512.3	16484.7	18167.2	18238.3	714.4
1986	1061.9	1014.9	958.0	787.1	-	782.3	510.9	860.3	876.2	889.0	13608.7	15638.2	18436.12	16430.86	-	16101.3	14023.2	17345	19043.4	19127.3	860.1

AÑO	CAR	JUN	HUE	TDS	CDP	CAR	CSP	SHL	UPA	PAR	Acum. CAR	Acum. JUN	Acum. HUE	Acum. TDS	Acum. CDP	Acum. CAR	Acum. CSP	Acum. SHL	Acum. UPA	Prom PP	PPA
1987	910.7	855.1	611.6	722.3	-	716.7	590.3	962.5	755.7	765.2	14519.4	16493.3	19047.72	17153.2	-	16818	14613.5	18307.5	19799.1	19892.5	765.6
1988	632.4	864.5	1252.3	725.2	-	772.4	603.7	956.2	956.4	808.3	15151.8	17357.8	20300.02	17878.4	-	17590.4	15217.2	19263.7	20755.5	20700.8	841.3
1989	610.1	867.1	914.6	821.6	-	857.8	713.9	913.6	911.6	770.8	15761.9	18224.9	21214.62	18700	-	18448.2	15931.1	20177.3	21667.1	21471.6	820.1
1990	517.5	975.2	782.1	782.1	-	794.2	774.1	919.2	910.9	767.8	16279.4	19200.1	21996.72	19482.1	-	19242.4	16705.2	21096.5	22578	22239.4	802.6
1991	761.6	589.5	717.0	781.7	-	544.1	517.7	646.5	840.8	806.6	17041	19789.6	22713.72	20263.8	-	19786.5	17222.9	21743	23418.8	23046	689.5
1992	645	590.5	536.7	639.3	-	578.7	470.2	579.7	465.5	716.9	17686	20380.1	23250.42	20903.1	-	20365.2	17693.1	22322.7	23884.3	23762.9	580.3
1993	1224.5	1152.5	1062.3	915.3	-	803.6	718.2	1075	965.7	1158.4	18910.5	21532.6	24312.72	21818.4	-	21168.8	18411.3	23397.7	24850	24921.3	1008.4
1994	955.1	849.3	922	705.8	-	821.9	569.9	767.6	902.7	1104.7	19865.6	22381.9	25234.72	22524.2	-	21990.7	18981.2	24165.3	25752.7	26026	844.3
1995	882.9	742.7	709.8	691.5	-	671.9	612.2	735.6	850.3	851.9	20748.5	23124.6	25944.52	23215.7	-	22662.6	19593.4	24900.9	26603	26877.9	749.9
1996	716.7	792	791.5	722.1	-	551.1	504.1	592.2	789.8	829.4	21465.2	23916.6	26736.02	23937.8	-	23213.7	20097.5	25493.1	27392.8	27707.3	698.8
1997	821.6	775.2	846.8	687.07	-	741.9	654.9	776	761.8	906.7	22286.8	24691.8	27582.82	24624.87	-	23955.6	20752.4	26269.1	28154.6	28614	774.7
1998	825.1	806.7	774.1	869.2	-	714.2	683.1	869.6	847.1	871.9	23111.9	25498.5	28356.92	25494.07	-	24669.8	21435.5	27138.7	29001.7	29485.9	806.8
1999	1098.8	796.4	927.1	772.9	-	706.7	639.3	900.1	920.8	835.1	24210.7	26294.9	29284.02	26266.97	-	25376.5	22074.8	28038.8	29922.5	30321	844.1
2000	1156.8	777.2	1094.3	692.6	942.5	688.8	686.8	937.4	1094	970.6	25367.5	27072.1	30378.32	26959.57	942.5	26065.3	22761.6	28976.2	31016.5	31291.6	904.1
2001	1076.7	946.6	740.6	733.8	1032.7	928.4	895.3	990.6	1080.2	1054.8	26444.2	28018.7	31118.92	27693.37	1975.2	26993.7	23656.9	29966.8	32096.7	32346.4	948.0
2002	1110.3	843.6	894.1	759.8	961.4	814.3	758.2	818.7	841.8	1165.5	27554.5	28862.3	32013.02	28453.17	2936.6	27808	24415.1	30785.5	32938.5	33511.9	896.8
2003	891.2	832.9	898.0	750.9	944.9	625.4	611.2	757.0	775.4	981.4	28445.7	29695.2	32911.02	29204.07	3881.5	28433.4	25026.3	31542.5	33713.9	34493.3	806.8
2004	892.2	799.0	775.3	652.3	969.1	790.6	672.3	833.3	734.7	910.1	29337.9	30494.2	-	-	4850.6	29224	25698.6	32375.8	34448.6	35403.4	802.9
2005	745.4	0.0	-	-	774.7	715.3	639.8	613.1	715.3	916.8	30083.3	30494.2	-	-	5625.3	29939.3	26338.4	32988.9	35163.9	36320.2	640.1
2006	1153.8	655.4	-	-	1019.2	880.5	727.0	837.6	849.5	1161.3	31237.1	31149.6	-	-	6644.5	30819.8	27065.4	33826.5	36013.4	37481.5	910.5
2007	1020.8	656.5	-	-	836.9	674.6	618.3	745.7	945.1	979.2	32257.9	31806.1	-	-	7481.4	31494.4	27683.7	34572.2	36958.5	38460.7	809.6
2008	736.2	528.3	-	-	715.1	558.8	534.7	589.9	910.8	839.2	32994.1	32334.4	-	-	8196.5	32053.2	28218.4	35162.1	37869.3	39299.9	676.6
2009	1100.1	1181.7	-	-	1063.6	744.3	783.3	1070.5	1040.4	1219.1	34094.2	33516.1	-	-	9260.1	32797.5	29001.7	36232.6	38909.7	40519	1025.4
2010	911.9	1476.4	-	-	834.3	762.1	692.2	929.9	1098.9	894.6	35006.1	34992.5	-	-	10094.4	33559.6	29693.9	37162.5	40008.6	41413.6	950.0
2011	1089	1598.4	-	-	1001.4	827.9	916.2	889.6	1311.2	1062.2	36095.1	36590.9	-	-	11095.8	34387.5	30610.1	38052.1	41319.8	42475.8	1087.0
2012	1018.5	1000.6	-	-	1067	1202.4	861.2	955	1350.6	1128	37113.6	37591.5	-	-	12162.8	35589.9	31471.3	39007.1	42670.4	43603.8	1072.9

AÑO	CAR	JUN	HUE	TDS	CDP	CAR	CSP	SHL	UPA	PAR	Acum. CAR	Acum. JUN	Acum. HUE	Acum. TDS	Acum. CDP	Acum. CAR	Acum. CSP	Acum. SHL	Acum. UPA	Prom PP	PPA
2013	1025.7	1060.7	-	-	1135.5	984.2	972.3	1065.1	1365.3	1044.2	38139.3	38652.2	-	-	13298.3	36574.1	32443.6	40072.2	44035.7	44648	1081.6
2014	1071.9	913	-	-	1042.4	844.9	852.6	938.5	1412.3	977.7	39211.2	39565.2	-	-	14340.7	37419	33296.2	41010.7	45448	45625.7	1006.7
2015	1194.3	432.4	-	-	897.9	555	547.6	556.4	706.5	-	40405.5	39997.6	-	-	15238.6	-	-	-	-	-	698.6
2016	834.3	626.4	-	-	741.7	-	-	-	-	-	41239.8	40624	-	-	15980.3	-	-	-	-	-	734.1
2017	1020.5	840.6	-	-	999	-	-	-	-	-	42260.3	41464.6	-	-	16979.3	-	-	-	-	-	953.4
2018	1015.2	743.7	-	-	1784.1	-	-	-	-	-	43275.5	42208.3	-	-	18763.4	-	-	-	-	-	1181.0
2019	976.6	944.6	-	-	2034.3	-	-	-	-	-	44252.1	43152.9	-	-	20797.7	-	-	-	-	-	1318.5
2020	482.7	520.4	-	-	588.9	-	-	-	-	-	44734.8	43673.3	-	-	21386.6	-	-	-	-	-	530.7
2021	-	712.2	-	-	359.1	-	-	-	-	-	-	44385.5	-	-	21745.7	-	-	-	-	-	535.7
2022	-	833.5	-	-	1784.1	-	-	-	-	-	-	45219	-	-	23529.8	-	-	-	-	-	1308.8
2023	253.9	669.9	-	-	942.6	-	-	-	-	-	253.9	45888.9	-	-	24472.4	-	-	-	-	-	622.1

Nota. Carhuacayan (CYN); Junin (JUN); Hueghue (HUE); Tambo de Sol (TDS); Cerro de Pasco (CDP); Carhuamayo (CAR); Casapato (CSP); Shellby (SHL); Upamayo -Statkraft (UPA); Paragsha (PAR); Patrón de precipitación anual (PPA). A partir de esta tabla es que derivan la base para efectuar las gráficas de doble masa para cada estación

3.7.2. Análisis de consistencia

Luego de haber realizado el análisis de doble masa, nos percatamos que efectivamente los datos de precipitación son consistentes entre sí. Sin embargo, es importante someter los datos obtenidos a pruebas estadísticas que permitan determinar si será necesaria aplicar parámetros de corrección u otro tipo de análisis.

El análisis de consistencia nos permitirá determinar si los pequeños cambios de pendiente o quiebres en cada una de las curvas de doble masa se deben únicamente a eventos meteorológicos y no causados por error en las mediciones u factores externos al ámbito hidrológico.

Estadísticamente para el análisis de las variaciones presentes en las curvas de doble masa, se debe analizar tanto la media como la desviación estándar para advertir si sus valores se encuentran en el rango permitido para un cierto nivel de significación según la suposición que se plantea (Zárate, 2020). Esto permitirá determinar si efectivamente se necesita utilizar algún factor de corrección mediante el análisis estadístico de las varianzas y del promedio de los datos.

Dado a que evaluaremos los saltos e incongruencias de los periodos muestrales, aplicaremos la evaluación estadística hacia dos parámetros utilizando un valor indicativo del valor de la tendencia central (la media) y otro valor que refleje su dispersión (la varianza), respecto al valor de tendencia central. Para evaluar el comportamiento estadístico de la media, evaluaremos la similitud estadística (homogeneidad) entre la media de dos periodos muestrales correspondiente al registro de datos de precipitación de una estación meteorológica mediante el test estadístico de "T de Student" y el comportamiento de su varianza mediante el uso de la prueba "F de Fischer".

3.6.2.1. T Student – Consistencias en las medias. El test de la T de student es una prueba estadística que reflejara la homogeneidad entre los datos de una medida de tendencia central (media o promedio) de uno o dos periodos muestrales independientes. Este test se basa en la

suposición de dos hipótesis, una nula y la otra verdadera, que mediante valores estandarizados nos permite determinar la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas haciendo uso de una campana de gauss. En líneas generales el test nos indicará si será necesario realizar corregir o no el valor de la precipitación.

A. Cálculo de los parámetros estadísticos de cada periodo. Para evaluar la consistencia en la media de una serie muestral, será necesario agrupar los datos en dos submuestras, de manera tal que en cada una de ellas sea posible evaluar la madia y su desviación estándar.

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n_1}\sum_{i=1}^{n} X_i \quad ; \quad S_1 = \left[\frac{1}{n_1-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}_1)^2\right]^{1/2}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n_2}\sum_{i=1}^{n} X_i \quad ; \quad S_1 = \left[\frac{1}{n_2-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}_2)^2\right]^{1/2}$$

Donde:

X_i	:	Información de análisis
$\bar{X}_1, \bar{X}_2$	:	Medias de los periodos muestrales 1 y 2
S_1, S_2	:	Desviación estándar del periodo 1 y 2 respectivamente
n_1, n_2	:	Tamaño del periodo 1 y 2 respectivamente
n	:	Tamaño de la muestra $n_1 + n_2$

B. Planteamiento de las hipótesis. En términos netamente hidrológicos, las hipótesis planteadas van direccionadas principalmente a determinar si los valores de la media entre los periodos muestrales de nuestra serie temporal de precipitación seleccionada son similares o no, según lo siguiente:

Hipótesis nula: $\boldsymbol{\mu_1 = \mu_2}$; las medias son homogéneas

Hipótesis alterna: $\boldsymbol{\mu_1 \neq \mu_2}$; las medias no son homogéneas

Grado confiabilidad: 0.05

Luego de haber planteado ambas hipótesis se debe tener en cuenta la información relacionada las medias aritméticas de los periodos muestrales seleccionados y tambien las desviaciones estándares de los datos de los promedios.

$$\boldsymbol{S_d = S_P \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\boldsymbol{S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_1 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right]^{1/2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{S_d}$: Desviación estándar de los promedios

$\boldsymbol{S_p}$: Desviación estándar de la ponderada

$\boldsymbol{S_1^2}$: Varianza serie uno

$\boldsymbol{S_2^2}$: Varianza serie dos

C. Cálculo del T estadístico. El valor del t estadístico nos permitirá corroborar estadísticamente si la hipótesis planteada será aceptada o rechazada, su valor deviene del resultado de la relación entre las diferencias de las medias respecto a la desviación estándar de los promedios.

$$\boldsymbol{T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}}$$

Donde:

$(\boldsymbol{\mu_1 - \mu_2})$ = 0 (por hipótesis)

$\boldsymbol{T_c}$ es el "T" calculado.

Este valor del T calculado será el mismo que deberá ser comparado con el T estadístico, el cual es un valor tabular que se obtiene de la intersección entre los grados de libertad y el valor de la confiabilidad o significancia (α) de la prueba estadística. Es importante precisar que, al ser dos series muestrales, el valor del T tabular tendrá que provenir de una tabla de dos colas y considerando las siguientes fórmulas

$$\boldsymbol{\alpha = 0.025 \; ; G.L. = n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

$\boldsymbol{\alpha =}$ significancia

G.L. = Grados de libertad

D. Conclusión. Finalmente, si el T calculado es menor al T tabular debemos entender que las medias son estadísticamente homogéneas, por lo que no sería necesario establecer algún factor de corrección. Sin embargo, si se diera el caso en el que el T calculado es mayor al T tabular, se comprueba que las medias estadísticas son heterogéneas por lo que se tendría que hacer una corrección en los datos de precipitación.

$$\boldsymbol{Si\ |T_c| < T_t\ ;\ \bar{X}_1 = \bar{X}_2\ (estadísticamente)}$$

$$\boldsymbol{Si\ |T_c| > T_t\ ;\ \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2\ (estadísticamente)}$$

3.6.2.2. F de Fisher – Consistencia en la Desviación estándar. La desviación estándar se entiende como todo aquel dato que está cercano y agrupado a la línea de tendencia central (media aritmética). Este utiliza un procedimiento similar al de la F de Fisher solo que en este caso se pone como hipótesis a la desviación estándar.

A. Formulación de las hipótesis. En ambos casos se utilizarán dos estadísticos el primero para determinar la homogeneidad en la desviación estándar

Hipótesis nula: $\boldsymbol{\sigma_1^2 = \sigma_2^2}$; las desviaciones son homogéneas

Hipótesis alterna: $\boldsymbol{\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2}$; las desviaciones no son homogéneas

Grado confiabilidad: 0.05

B. Cálculo del Fc "F Calculado". Para tener el valor del F calculado, se deberá tener en consideración los dos casos, el primero cuando el valor de la varianza de la primera serie muestral es mayor al segundo y viceversa.

$$\boldsymbol{F_c = \frac{S_1^2/\sigma_1^2}{S_2^2/\sigma_2^2} = \frac{S_1^2}{S_2^2}\ ;\ Si\ S_1^2 > S_2^2}$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \; ; Si \; S_2^2 > S_1^2$$

C. Cálculo del Ft "F tabular". Este valor se desprende de la intercepción de los valores de los grados de libertad del denominador y el grado de significancia. Donde:

α: 0.05

G.L.N. : n_1-1

G.L.D. : n_2-1

F_c : Valor del F calculado

F_t : Valor del F Tabular

D. Conclusión. Muy similar a los criterios de la T de student, se determinará que toda vez que el F calculado sea menor al F tabular, las desviaciones estándar serán estadísticamente homogéneas.

$$Si \; |F_c| < F_t \; ; \; S_1 = S_2 \; (estadísticamente)$$

$$Si \; |F_c| > F_t \; ; \; S_1 \neq S_2 \; (estadísticamente)$$

Es importante considerar que, de encontrar que un valor sea estadísticamente no homogéneo tanto en su media como en su desviación, será necesario hacer la corrección de la información. Es recomendable realizar la corrección de los datos del primer periodo o de la primera serie temporal y dejar inalterados los datos más recientes, puesto que es justamente la información más actual aquella que es sometida a inspección, estudio y rigor (Mejía, 2006).

3.7.3. Corrección de la información

Aplicaremos la corrección de la información siempre y cuando un valor de la media o de la desviación estándar rechace alguna de las hipótesis que se plantearon durante el análisis de consistencia. Debe considerarse que la corrección se realizara únicamente hacia el primer es considerado como "dudoso", que por lo general estará representada por la primera serie temporal.

$$X'_t = \left[\frac{(X_t - \bar{\bar{X}}_1)}{S_1}\right] S_2 + \bar{\bar{X}}_2; \textbf{para corregir el primer periodo}$$

Donde:

X'_t= Valor corregido;

X_t= Valor a ser corregido

Retomando el ejemplo de la estación Upamayo, debido a que se rechazó la primera hipótesis en su desviación estándar, se debe realizar el reajuste en el primer periodo considerando la ecuación de corrección de la información obteniendo lo siguiente

3.7.4. Completación de datos con HEC – 4

Bajo finalidad de trabajar la información pluviométrica con series temporales completas, es recomendable que se trabajen periodos homogéneos de datos, esto facilitará el proceso de regionalización en donde estableceremos una función matemática capaz de describir el comportamiento de precipitación en relación con sus altitud y latitud.

Para el completado de las series pluviométricas haremos uso de la herramienta del cuerpo de ingenieros HEC-4, que es una herramienta estadística que proporciona varios métodos de interpolación, como el método de los vecinos más cercanos, el método de la inversa de la distancia

ponderada y el método de la regresión lineal. Para la determinación de datos faltantes ya sea por la falta de estaciones pluviométricas o por presentar periodos carentes de información y se debe considerar lo siguiente:

- Debemos procurar tener al menos 4 estaciones o más para poder hacer uso del software. Es importante considerara que almenos una de las estaciones que se utilizara para el completado de la información debe tener un registro de datos bastante considerable, es decir, que no presente demasiamos datos faltantes.
- Teniendo seleccionada las estaciones a utilizar, debemos dar el formato que el software será capaz de reconocer. El HEC-4 acepta una serie de datos organizados en filas y columnas con una codificación especial que debe incluir los valores mensuales de precipitación registrados.
- El formato de entrada debe ser un documento en formato .txt, en donde deberemos especificar el código asignado a cada estación, la serie temporal con la que se trabajará y, solo si se requiere, la cantidad de años que se podría extender.
- El HEC4 nos proporcionara un archivo de salida con la data de precipitación completada y extendida en formato ".csv". Estos formatos de salida deberán ser revisados, organizados y a manera de verificación, se realizará nuevamente el análisis de doble masa sobre estos datos generados.

Figura 30

Completación de datos Pluviométricos con HEC-4

Archivo Editar Ver

```
   108   .390   .291   .288   .166   .500   .079   .496   .216   .061   .109
   109   .284   .371   .340   .288   .126   .174   .119   .427   .190   .291
   110   .090   .226   .207   .114   .230  -.099   .021   .073   .077   .099
1
 RECORDED AND RECONSTITUTED FLOWS
 PASS  1

  STA  YEAR      0      1      2      3      4      5      6      7      8      9     10     11     TOTAL
  101  1965   6400  11760  11440   5990    790    500    880   2050   6810   7410   4250  10000   68280
  101  1966  11670   7510  10530   2120   8230   223E   595E    510   1630   8830   8130   8270   68248
  101  1967   5550  15460  16190   2120   1740    660   1210   1990    500  10440   2350   7910   66120
  101  1968   6400   7170   8160    970   1040    810   1560   3200   4040  12610   4540   9390   59890
  101  1969   9950  15300   6230   6450    390   2670   1260   2570   3050   3970   6030  10140   68010
  101  1970  13670   8360   6480   7420   2190    760    740    200   3930   6150   5540  10760   66200
  101  1971  11840   4990   4600   1770   2050    320    130    510   2150   9540   4150  12470   54520
  101  1972  12060   9590  14110   6760   3340   1020   1270   2460   4590   4940   4760   8190   73090
  101  1973  15670  14420  15790   5200   2310   2450   3230   5940   4000  10480   9570  12630  101690
  101  1974  21240  16860  10990   3290    130   2930    650   2140   1600   5050   3150   6040   74070
  101  1975  13060  17030  11930   6730   3430    330   1580   2150   6580   6800   7500  11270   88390
  101  1976  12580  11970  10170   4540   1700   2160    680    370   4700   3770   6730   6650   66020
  101  1977   7450  10030   5680   5570   3770   1360   1270   1390   3560   5140  15150   8860   69230
  101  1978  12430  14270   9960   5080   3300    440    470    300   6410   3100  10750   7170   73680
  101  1979   7330  14770  13660   7090   2450   512E   1210   3960   4500   7100   8210   7440   78232
  101  1980   7510  13590   7600   3760   3020    380   1560    720   1300   7870   4580  11010   62900
  101  1981  10870  13540  10400   3060   3420   1710    130   4890   4420  14100  11090  13870   91500
  101  1982  12930  15890   7180   9610   2450    720    810   2210   3680  10920  13490   7990   87880
  101  1983  11820   5350   9780   8930   1850   5690    580    800   4670   5300   3280   9850   67900
  101  1984  11810  18360   5420   7230   1670   1880    430   2340   2230   4400   6930  11860   74560
  101  1985   9030   9420   8080  10170   1270   1040   1200   1020   6480   7800   8330   8980   72820
  101  1986  10220  13680  14170   9670   4530    980    350   1780   3970   7040   6320   5520   78230
  101  1987  20620   6180   6800   3890   4800   1270   1040    830   4660   5230   5030  11320   71670
  101  1988  24380  10990   6570   8280   1330     50     80     80   2700   5320   6410  11050   77240
  101  1989  20960  15210  13350   5130   2210   2100    100   3680   5220   6300   4970   6550   85780
  101  1990  12600   8500   1630   7380   2720   7040    620   1680   6410  14680   9400   6760   79420
  101  1991   8590   6410  10690   4200   2060   1460    190     50   4230   3610   6160   6760   54410
  101  1992   5400   8640   7990   3750    690   2510    610   2640   6070   9890   4520   5160   57870
  101  1993  11300  13050  12370   4790   3620   1140   1750   1320   6440   5180  11430   7970   80360
  101  1994  13910  14590  12030   8620   8620     30     30    500   3580   7350   3070   9860   82190
  101  1995   9590  12360  14350   3810    740    800    280     90   1850   5210   7810  10300   67190
  101  1996   9110   5370   8170   5370   2590      0    130    130   4000   5210   7240   7790   55110
```

IV. RESULTADOS

4.1. Características morfológicas de la cuenca

4.1.1. Características morfométricas y fisiográficas

Todos los eventos hidrológicos tienen un punto o espacio geográfico en donde estos se manifiestan, a este espacio se le denomina cuenca.

Según Morán (1989), una definición acertada del concepto cuenca lo describe como: "El área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua, donde cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido".

En una cuenca en estudio es importante la determinación de sus características físicas (morfometría), para comprender el comportamiento de los parámetros (Precipitación, escorrentía, evaporación etc.), que se involucran en el ciclo hidrológico (Laura, 2021). En efecto, la morfometría de la cuenca determina la forma del terreno y, por lo tanto, como influye en la velocidad y dirección del flujo de agua. Por ejemplo, cuencas con pendientes pronunciadas pueden tener ríos con corrientes más rápidas y erosión más intensa. A continuación, se muestra el análisis geomorfológico de la subcuenca Junín; en base a este análisis se determinaron los parámetros fisiográficos (red de drenaje, pendiente, compacidad, forma de la cuenca, etc.) a partir de datos numéricos.

4.1.1.1. Parámetros fisiográficos. Los parámetros fisiográficos fueron calculados tomando como base la información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100 000. Este análisis nos permite comprender cómo responde la subcuenca a diferentes eventos climáticos y para modelar el ciclo del agua mediante modelos hidrológicos. Además, los parámetros fisiográficos son fundamentales en la planificación y gestión del agua, ya que ayudan a determinar la disponibilidad y distribución del agua en la subcuenca. Los parámetros de forma de la Subcuenca Junín son:

A. Área (A). El área de la cuenca él es parámetro básico sobre el cual se desprenden los subsiguientes parámetros morfométricos. Es importante indicar que su valor no condiciona el comportamiento hidrológico de la cuenca, esto quiere decir que, en caso exista una cuenca con una superficie similar, el comportamiento hidrológico de ambas será completamente distinto (Mejía, 2006).

B. Perímetro (P). Este parámetro se relaciona con el tiempo de concentración en la que un evento de precipitación tardaría en llegar desde el punto más lejano de la superficie hasta la zona de desembocadura de la subcuenca (Gallo, 2018).

C. Coeficiente de Compacidad (Kc). Tambien conocido como Índice de Gravelius (kc). Se define como la relación entre el perímetro de la cuenca (P en km) y la circunferencia de un círculo de la misma área de la cuenca (Mejía, 2006). Este se determina según la siguiente ecuación:

$$K_C = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

Kc: Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (A).

Cuando la cuenca es más alargada, es decir, tiene una forma más estirada o elongada, se espera que el valor de "K" sea mayor que 1. Esto significa que el perímetro de la cuenca es mayor que el perímetro del círculo con la misma área. Dicho de otra manera, la forma alargada de una cuenca hidrográfica tiene implicaciones en cómo responde esta cuenca a las tormentas o eventos de precipitación. Las cuencas alargadas tienen una menor probabilidad de ser completamente cubiertas por una tormenta en comparación con cuencas más compactas.

Esto se debe a que la longitud adicional del perímetro significa que el agua de lluvia tiene que recorrer una distancia mayor para llegar al río principal o a los cuerpos de agua dentro de la cuenca. Como resultado, la respuesta del río a las tormentas en cuencas alargadas puede ser diferente, con tasas de flujo más bajas y períodos de recurrencia de inundaciones diferentes en comparación con cuencas más compactas.

$$K_C = 0.282 * \frac{\text{L km}}{\sqrt{\text{A } km^2}}$$

Tabla 24

Valores de Kc para determinar la forma de la Subcuenca

Kc	Forma de la Cuenca
1.0 a 1.25	Casi redonda a oval redonda (compacta)
1.25 a 1.50	Oval oblonga
1.50 a 1.75	Rectangular oblonga
>1.75	Casi rectangular (alargada)

D. Factor de forma (Fr). Según Mejía (2006), este factor representa la relación existente entre el ancho medio de la cuenca y su longitud axial, la cual se obtendrá sacando la longitud del curso de agua más extenso en el ámbito de estudio. Se calcula de la siguiente manera:

$$F_r = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Fr: Factor de forma

A: área de la cuenca

L: longitud del cauce principal

Como lo indica su nombre, el factor de forma proporciona información sobre como la forma de la cuenca podría influir hacia eventos de precipitación, velocidades de escurrimientos y la distribución de la escorrentía.

Por ejemplo, en cuencas con factores de forma altos pueden experimentar tiempos de concentración más largos y tasas de flujo más bajos debido a su mayor longitud y menos área en comparación con cuencas más compactas.

Tabla 25

Valores de factor de forma

Kc	Forma de la Cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada

Kc	Forma de la Cuenca
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>120	Rodeando el desagüe

E. Rectángulo equivalente. Según Gallo y Gomez (2022), el rectángulo equivalente se entiende como: "Una representación geométrica regular de la forma y área de una cuenca a través de un gráfico, en el cual se puede apreciar la distribución de las áreas en función a la altitud". Esto quiere decir que el rectángulo equivalente permite tener una representación simplificada de la forma de la subcuenca que tiene el mismo ancho y área promedio que la subcuenca. A continuación, se presentan los procedimientos para determinar el lado mayor (L) y el lado menor (l) del rectángulo equivalente:

$$\mathrm{L} = \frac{P}{4} + \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A}$$

$$\boldsymbol{l = \frac{P}{2} - L}$$

Donde:

L es el lado mayor del rectángulo (km)

l es el lado menor del rectángulo (km)

P es el perímetro de la subcuenca (km)

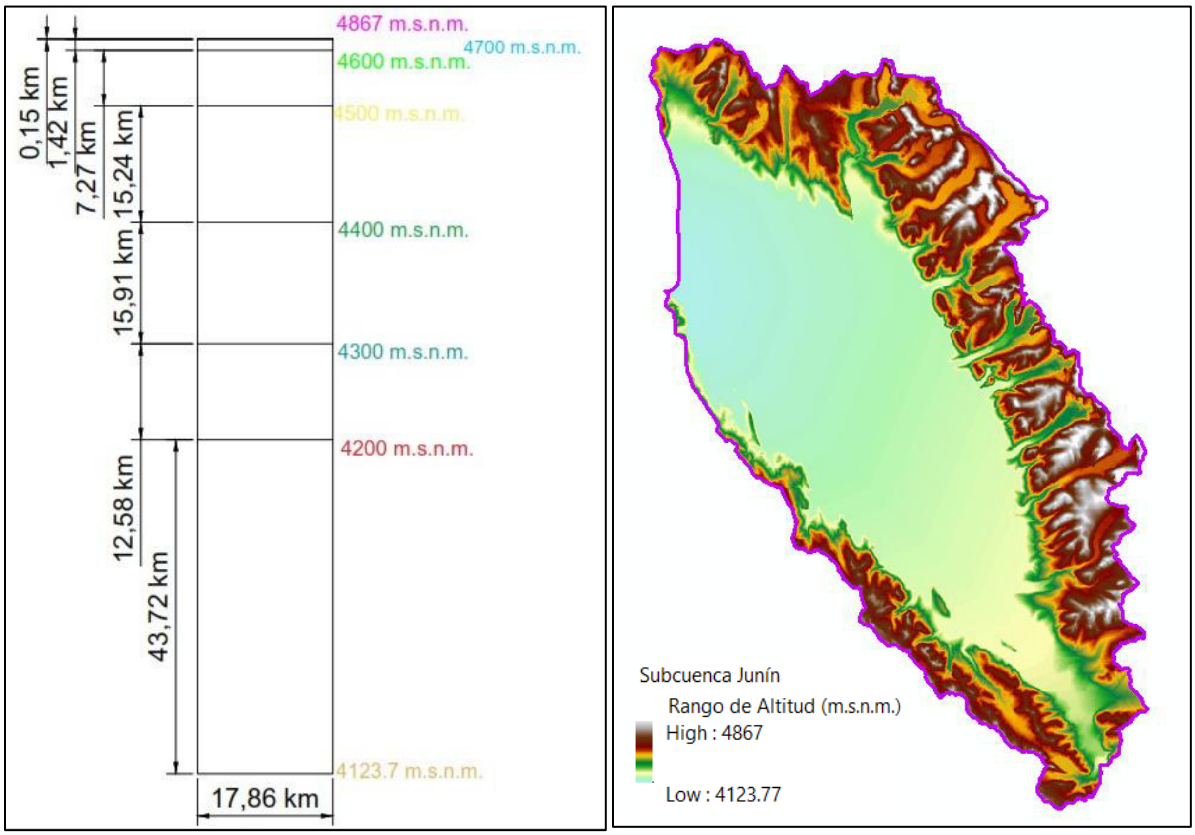
A es el área de la subcuenca (km^2).

Reemplazando la ecuación tenemos lo siguiente:

El procedimiento de obtención del rectángulo equivalente es similar a la determinación de la altitud media, dado que en ambos casos es necesario utilizar los rangos de pendientes previamente establecidos y las áreas parciales delimitadas entre cada rango de altitud.

Figura 31

Rectángulo equivalente de la Subcuenca Junín



Los parámetros de relieve de la Subcuenca Junín:

A. Altitud media (Hm). Se entiende como la altitud promedio de todas las elevaciones dentro de la subcuenca. Se obtiene evaluando la relación entre las cotas o curvas de nivel referentes al ámbito de estudio y las áreas parciales que se delimitan entre ellas. Este se calcula de la siguiente manera:

$$H_M = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} hmi \; x \; ai}{At}$$

Donde:

Hm es la altitud media (m.s.n.m.)

hmi es la altitud media entre 2 curvas de nivel

ai es el área parcial entre 2 curvas de nivel

At es el área total de la cuenca.

B. Curva Hipsométrica y polígono de frecuencia de altitudes. Es una distribución gráfica de la distribución de superficies por encima o por debajo de cada curva de nivel o cota. Representa en cierta forma un medio útil para determinar, entre otros aspectos, el estado y madurez del relieve aproximado de la cuenca en estudio (Gallo y Gomez, 2022). En pocas palabras, la curva hipsométrica es un gráfico que muestra la relación entre la altitud y el área acumulada del terreno.

Para determinar la curva hipsométrica de la Subcuenca de Junín, fue necesario dividir el área de la subcuenca en varios intervalos altitudinales (rangos de pendiente). Luego se calculó el área acumulada para cada intervalo, es decir, el área total por encima de una altitud determinada. A continuación, se muestran los cálculos realizados para la obtención de la curva hipsométrica.

Tabla 26

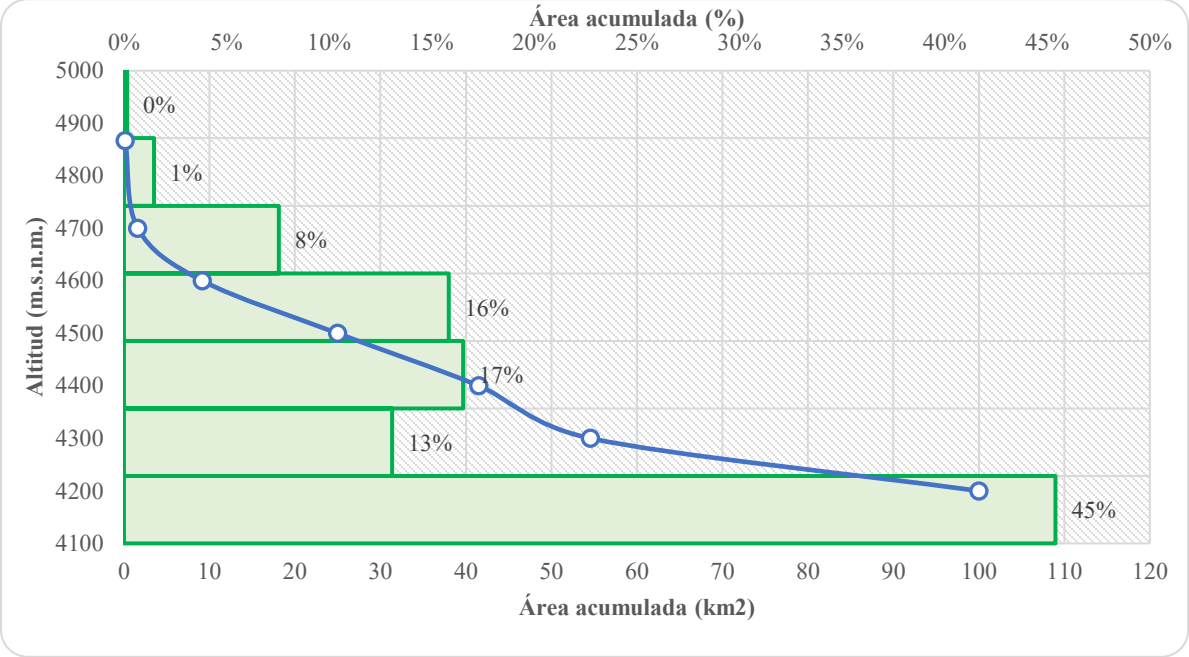
Calculo para el desarrollo de la curva hipsométrica

COTA (msnm)			Área (km2)					
Min	**Máx**	**Promedio "hmi"**	**Área Parcial (km^2) "Ai"**	**Área Acumulada (km^2)**	**Área que queda sobre la superficie (km^2)**	**Porcentaje de área entre C.N.**	**Porcentaje de área sobre C.N.**	**hmi*Ai**
4123.7	4200	4161.9	780.9	780.93	1719.86	45.41%	100.0	3250143.43
4200.0	4300	4250.0	224.7	1005.67	938.93	13.07%	54.6	955120.65
4300.0	4400	4350.0	284.2	1289.89	714.20	16.53%	41.5	1236372.36
4400.0	4500	4450.0	272.2	1562.10	429.97	15.83%	25.0	1211323.91
4500.0	4600	4550.0	129.8	1691.90	157.76	7.55%	9.2	590598.54
4600.0	4700	4650.0	25.3	1717.20	27.96	1.47%	1.6	117646.73
4701	4867	4784.0	2.7	1719.86	2.66	0.15%	0.2	12739.64
Total						100%		**7373945.25**

Nota. Para graficar la curva hipsométrica, basta con plotear en el eje de las abscisas la cota máxima de altitud y en el eje de las ordenadas el área acumulada sobre la cota de altitud.

Figura 32

Curva Hipsométrica y polígono de frecuencias de la Subcuenca Junín



La curva hipsométrica indica el total o porcentaje de área por encima de la cota altitudinal consultada. Para el caso de la subcuenca de Junín vemos que el mayor porcentaje del área se encontraría para zonas que presentan altitudes comprendidas entre los 4100 m.s.n.m. hasta los 4200 m.s.n.m. estas zonas serían representadas principalmente por el área de la laguna Chinchaycocha, dado que, respecto al tamaño de la cuenca, la laguna ocupa más del 50 % de su dimensión, por lo que es entendible que el mayor porcentaje de las altitudes estén dentro de ese rango.

De la figura 32 se puede interpretar que la subcuenca Junín, presenta una curva hipsométrica aplanada, lo cual da a entender que se trata de una subcuenca en fase de vejez. Esta es una característica en cuencas sedimentarias con zonas de paisajes o relieves de poca pendiente que favorecen la deposición de sedimentos. Respecto a los cauces de los ríos que conforman esta

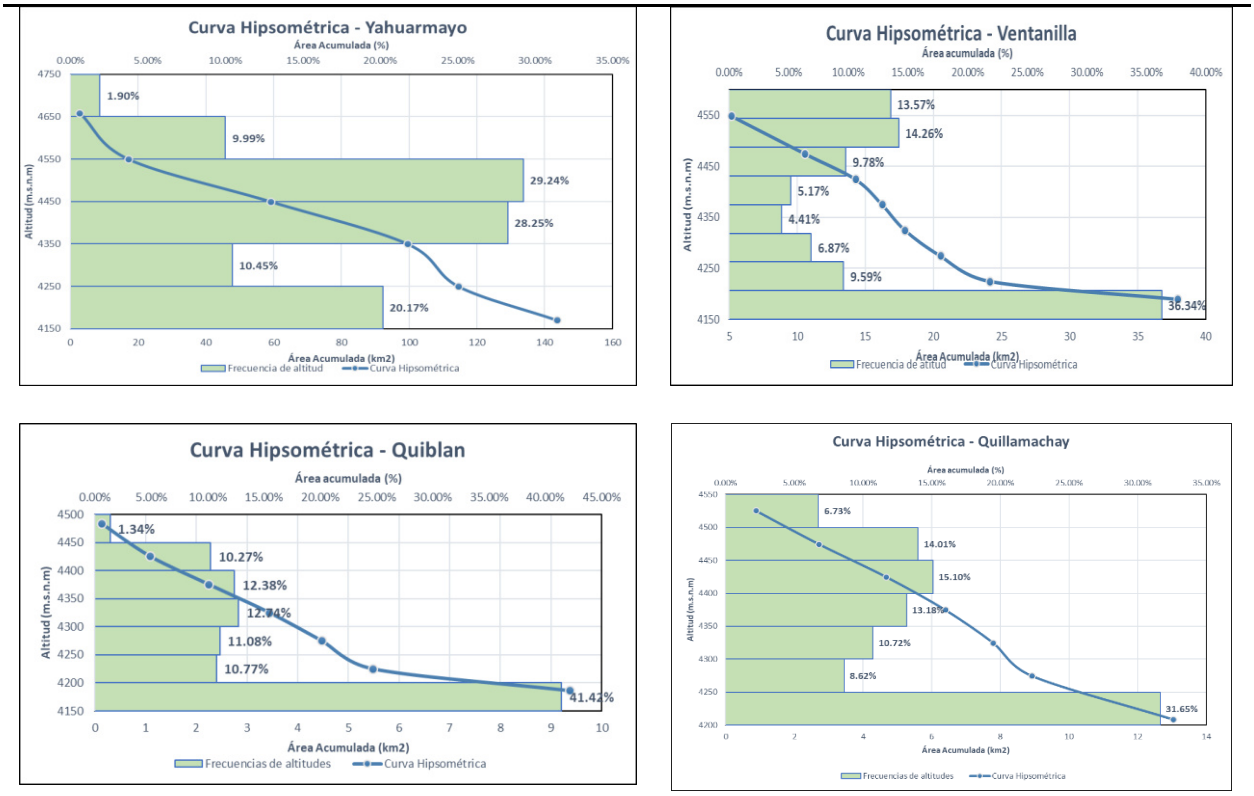
subcuenca, están conformados por cauces maduros, poco sinuosos y con una velocidad de flujo bastante limitada.

Considerando que dentro de la Subcuenca Junín se constituye por un total de 22 subcuencas y 23 intercuencas. A cada una de ellas se les ha determinado el comportamiento de sus curvas hipsométricas.

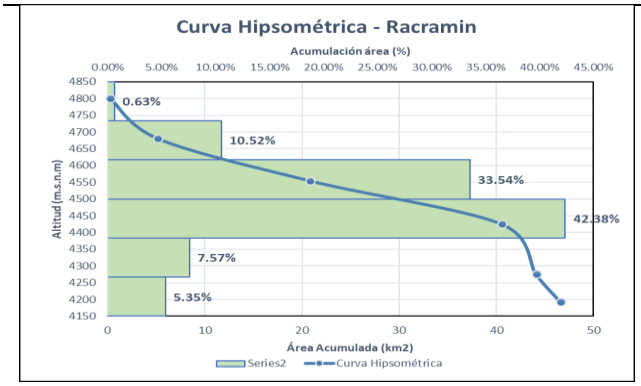
Figura 33

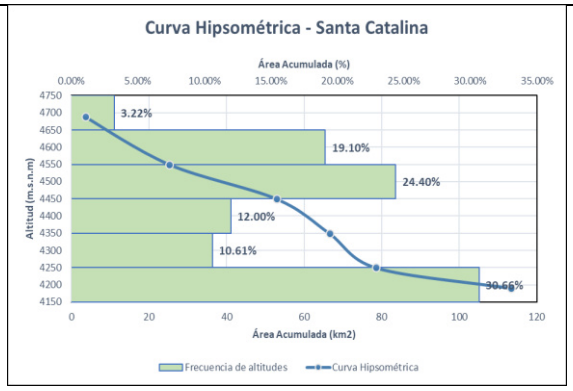
Curvas hipsométricas por microcuencas

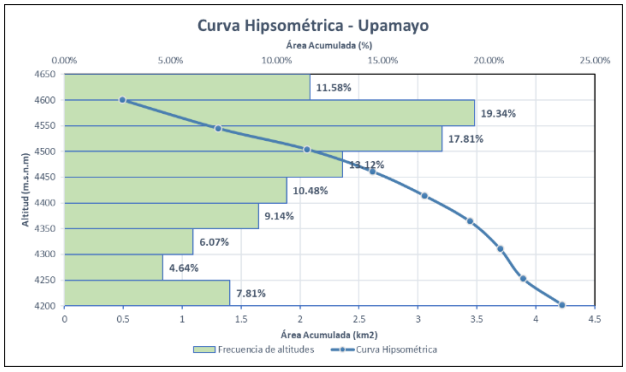
Curvas Hipsométricas por subunidades hidrográficas dentro de la Subcuenca Junin

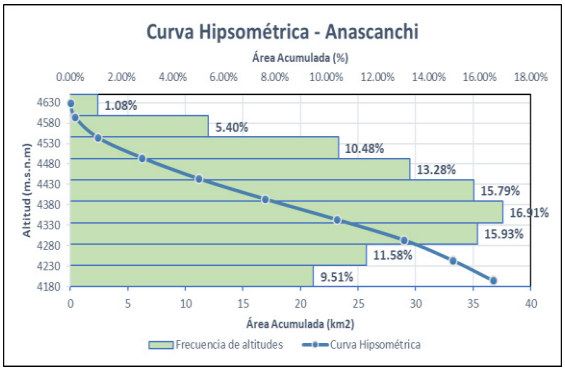


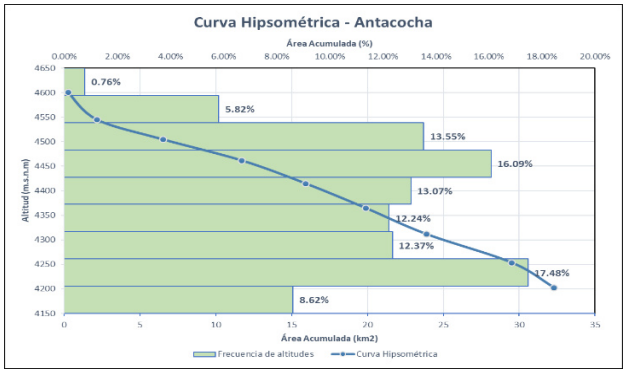
Curvas Hipsométricas por subunidades hidrográficas dentro de la Subcuenca Junin

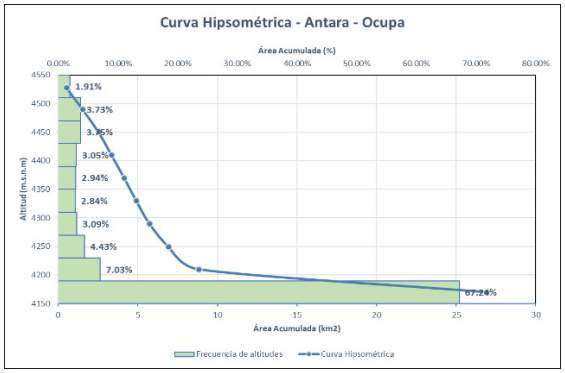


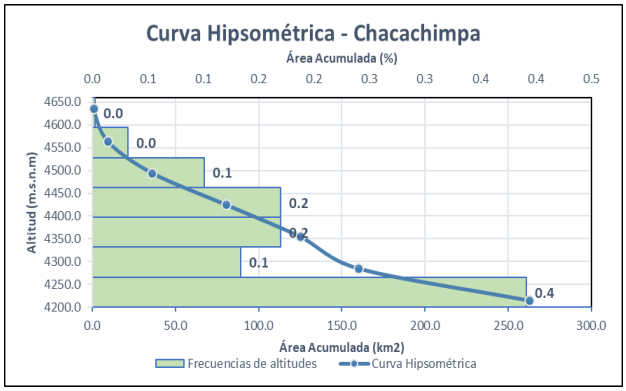


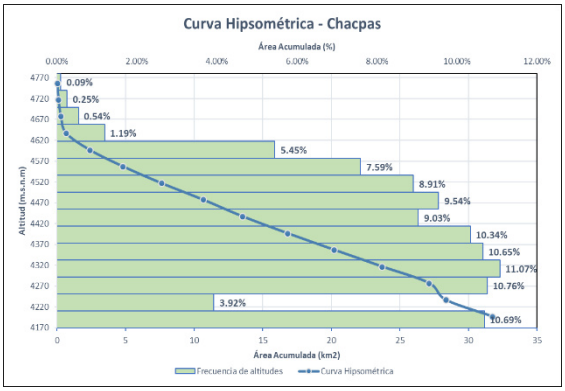




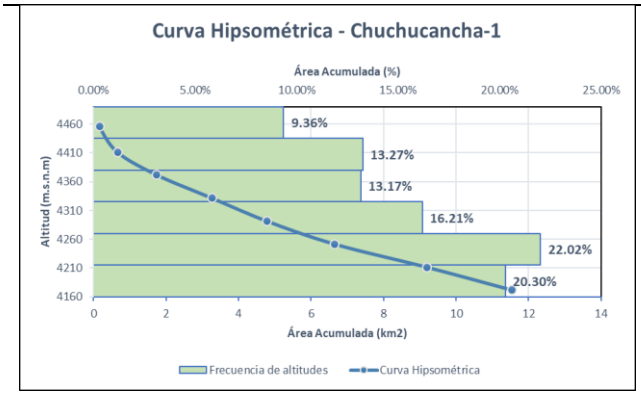


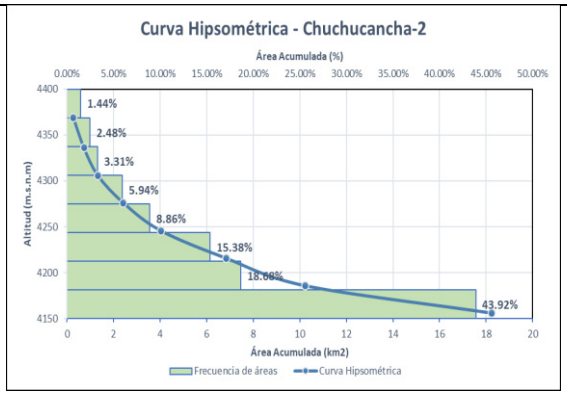


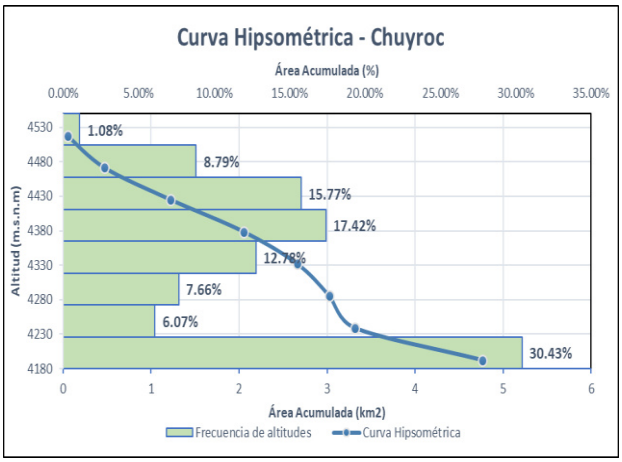


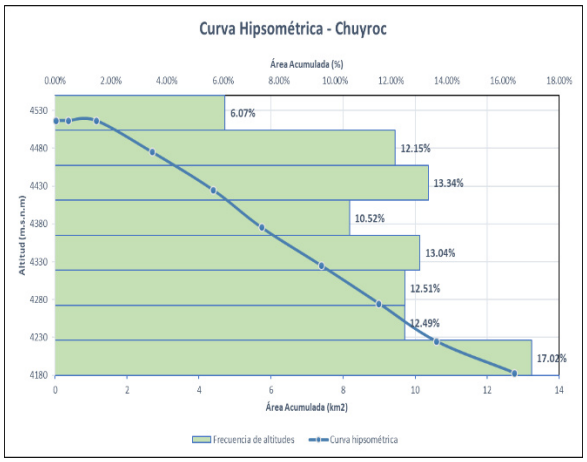


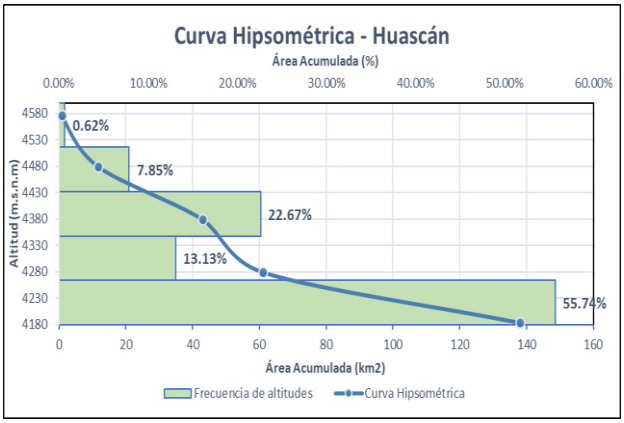
Curvas Hipsométricas por subunidades hidrográficas dentro de la Subcuenca Junin

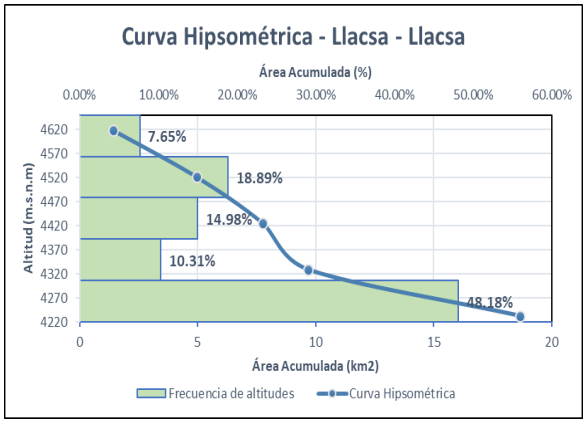




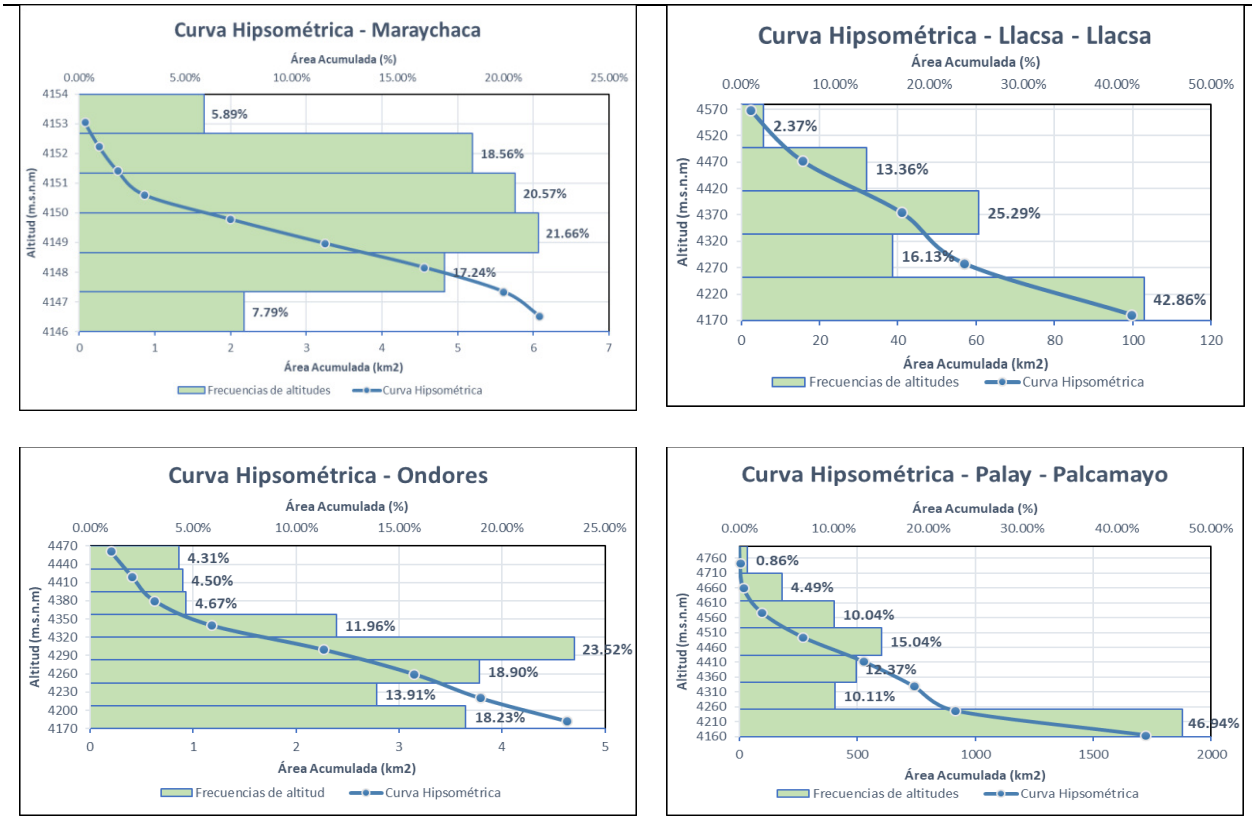








Curvas Hipsométricas por subunidades hidrográficas dentro de la Subcuenca Junin



C. Índice de pendiente. El índice de pendiente es un valor porcentual que indica la relación de la inclinación media de todas las áreas de la cuenca y la inclinación del río Principal. Este se obtiene a partir del rectángulo equivalente y permite establecer el tipo de granulometría del cauce (Villon, 2002, p. 49).

$$\text{Ip} = \sum \sqrt{Bi\ (a_n - a_{n-1})} * \frac{1}{\sqrt{L}}$$

Donde:

Ip: índice de pendiente

Bi: Fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas $a_n - a_{n-1}$; $a_n \ldots . a_{n-1}$: cotas de las curvas de nivel consideradas

L: longitud del lado mayor del rectángulo equivalente.

En la siguiente tabla se muestran los cálculos para determinar el índice de pendiente en la subcuenca Junín.

Tabla 27

Índice de pendiente de la Subcuenca de Junín

Áreas Parciales (Ai)	Bi = ai/At	ci - ci-1	Bi* (ci -ai-1)	Raíz (4)	5 * 1/(L)^0.5
1	2	3	4	5	6
780.930938	0.454066	0.0	0.000000	0.000000	0.000000
224.734219	0.130670	0.1	0.013067	0.114311	0.011643
284.222813	0.165259	0.1	0.016526	0.128553	0.013094
272.207500	0.158273	0.1	0.015827	0.125807	0.012814
129.801563	0.075472	0.1	0.007547	0.086875	0.008849
25.300313	0.014711	0.1	0.001471	0.038355	0.003907
2.662969	0.001548	0.2	0.000259	0.016080	0.001638
1719.86		**Índice de Pendiente (Ip)**			**0.05194**

Nota. Vemos que hay un ligero desface respecto al sumar el total de las áreas parciales esto es atribuible a las resoluciones del Modelo de Elevación Digital (DEM), sin embargo, dicho desface no alteran los resultados de los valores obtenidos.

Se determina que el índice de pendiente correspondiente a la subcuenca Junín tiene un índice de pendiente del 5.19% lo cual indicaría que dicha subcuenca presenta relieves poco accidentados con una inclinación relativamente baja, lo cual ha permitido que se configure una significativa cobertura de bofedales en los alrededores del Lago Chinchaycocha.

D. Pendiente media del cauce principal. Es el cociente entre el desnivel total (Hr) y longitud del cauce principal (km). Para el caso de la Subcuenca Junín, la pendiente media del cauce principal se evaluó tomando como referencia la longitud del cauce de la microcuenca Yahuarmayo, evaluando su punto más alto hasta su desembocadura en el lago Chinchaycocha. La pendiente del cauce es de 0.72% y fue calculado de la siguiente manera:

$$I_C = \frac{H_M - H_m}{1000 * L}$$

Donde:

H_M: Cota mayor

H_m: Cota menor

L: Longitud del cauce más largo

$$I_C = \frac{H_M - H_m}{1000 * L} = \frac{4356.057296\ m - 4142.572875\ m}{1000 * 29.54\ km} = \mathbf{0.72\%}$$

E. Pendiente media de la subcuenca. La pendiente de la cuenca controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial, afectando por lo tanto el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas. La magnitud de los picos de avenida y la mayor o menor oportunidad de infiltración y susceptibilidad de erosión de los suelos dependen de la rapidez con que ocurre la escorrentía sobre los suelos de la cuenca (Mejía, 2006).

$$S = \frac{\mathrm{D} * \mathrm{L}}{\mathrm{A}}$$

Donde:

S: Pendiente media de la cuenca

D: La equidistancia de las curvas de nivel consideradas

L: Longitud total de las curvas de nivel

A: Área de la cuenca

$$S = \frac{(0.1 \text{ km} * 2098.033072 \text{ km})}{1720.645 \text{ km2}} = \mathbf{12.19}\ \%$$

Según Gallo y Gomez (2022), utilizan una clasificación de pendientes, sobre la cual se identifica que el valor de 12.19% representaría se clasificaría como pendiente accidentada.

Los parámetros de drenaje de la Subcuenca son:

A. Densidad de drenaje. Son sistemas naturales de cursos de agua que recogen y desplazan el exceso de agua de la superficie terrestre hacia cuerpos de agua más grandes, para el caso de ámbito de estudio, el Lago Chinchaycocha. Estas redes están formadas por arroyos, riachuelos, ríos y sus afluentes, así como por canales de drenaje naturales y artificiales. Según Gallo (2018). Esta se calcula de la siguiente manera:

$$Dd = \frac{\sum L}{\text{A}}$$

Donde:

Dd: Densidad de drenaje

L: Longitud de todos los cauces de los ríos

A: Área de la Subcuenca de Junín.

$$Dd = \frac{770.06\ km}{1720.645\ km^2} = \mathbf{0.44\ km/km^2}$$

Se determina que la densidad de drenaje para la subcuenca de Junín presenta un valor de 0.44 km/km^2 lo que indica que la subcuenca presenta una baja densidad de drenaje, esta condición

es atribuible a la configuración que presenta la subcuenca en donde una parte significativa de su superficie es ocupada por la Laguna Chinchaycocha.

Tabla 28

Valores de densidad de drenaje

Densidad de drenaje	Valor
Baja	<1
Moderada	1 a 2
Alta	2 a 3
Muy Alta	>3

B. Grado de ramificación. Es una clasificación que se desprende del orden de los ríos de la subcuenca (Mejía, 2006), dicha clasificación tiene por objetivo medir el grado de ramificación o bifurcación de los ríos de una subcuenca basándose en el criterio de ordenamiento de Horton y Strahler, quienes establecieron que el orden de una cuenca quedará determinado por el número del orden del cauce principal.

Para efectos del trabajo de investigación, la determinación del grado de ramificación de la subcuenca fue realizado mediante la completación de la red hídrica en base a procesamientos GIS a partir un modelo de elevación digital (DEM); así como tambien, mediante el uso de imágenes satelitales de acceso libre del sensor Landsat 8 del año 2021, donde se combinaron las bandas 3 y 6 de dicho satélite para finalmente obtener ríos que van desde el primer a cuarto orden de ramificación.

C. Frecuencia de Ríos. Se entiende por frecuencia de ríos a la relación que existe entre la cantidad de ríos que atraviesan una determinada área geográfica en relación con su extensión (Gallo, 2018).

$$\text{Fr} = \frac{Total\ de\ cursos\ de\ agua}{\text{A}}$$

Donde:

Fr: Frecuencia de ríos

A: área de la cuenca

$$\text{Fr} = \frac{306\ cursos\ de\ agua}{1720.645\ km^2} = \mathbf{0.17\ cursos\ de\ agua/km^2}$$

Se determina que para el caso de la cuenca Junín se tiene un valor de $0.17\ cursos\ de\ agua/km^2$

Tabla 29

Parámetros fisiográficos de la Subcuenca Junín

Característica	**Parámetro**	**Unidad**	**Resultado en la Subcuenca de Junín**
Forma	Área	km^2	1720.645
	Perímetro	km	228.488
	Coeficiente de compacidad	Adimensional	1.55
	Factor de forma	Adimensional	1.97
	Rectángulo equivalente (lado mayor)	km	96.39
	Rectángulo equivalente (lado menor)	km	17.86
Relieve	Altitud media	m.s.n.m.	4295.91
	Índice de pendiente	%	5.19
	Pendiente del cauce principal	%	0.72
	Pendiente media de la subcuenca	%	12.19
Drenaje	Densidad de drenaje	km/ km^2	0.44

Característica	Parámetro	Unidad	Resultado en la Subcuenca de Junín
	Grado de ramificación	Adimensional	4
	Frecuencia de ríos	Cursos de agua/ km^2	0.17

Nota. Ver Anexo A-4: "Mapa Fisiográfico de la Subcuenca Junín"

4.1.2. Delimitación de las unidades hidrográficas

Dado que en esta investigación se evaluará la relación del rendimiento hídrico con la variabilidad de coberturas vegetales. Será necesario establecer las magnitudes de caudales que llegan y aportan a la dinámica hidrológica dentro de la subcuenca. Al respecto, dentro del área de estudio se han identificado diferentes cuerpos de agua que funcionan como aportantes al lago Junin, cada uno de estos cuerpos de agua o aportantes refiere a una subunidad hidrográfica que fue delimitada según la distribución de las curvas de nivel del área de estudio y la ubicación del rio principal. De esta manera de identificaron un total de 22 subcuencas y 23 intercuencas.

Tabla 30

Parámetros geomorfológicos de la Cuenca del Lago Chinchaycocha y subcuencas – Parte I

	Parámetros		Und	Ocshapampa	Huascan	Yahuar-mayo	Antaracra ocupa	Marayhaca	Palay-Palca mayo	Anascanchi	Chuyroc	Quiblan	De Chapas	Antaco-cha
PARAMETROS DE FORMA	Área de la subcuenca		Km2	98.48	137.99	143.79	25.83	5.19	164.36	37.1	4.53	9.5	31.45	32.01
	Perímetro		Km	63.52	63.59	82.97	37.02	12.6	72.69	34.3	10.57	16.21	31.23	33.31
	Índice de compacidad			1.81	1.53	1.95	2.05	1.56	1.6	1.59	1.4	1.48	1.57	1.66
	Factor de forma de la cuenca			0.12	0.19	0.1	0.09	0.18	0.17	0.17	0.25	0.21	0.18	0.15
	Rectángulo equivalente	Lado Mayor	Km	28.55	26.91	38.01	17.14	5.39	31.38	14.76	4.26	6.76	13.38	14.58
		Lado Menor	Km	3.45	5.13	3.78	1.51	0.96	5.24	2.51	1.06	1.41	2.35	2.19
PARAMETROS DE RELIEVE	Cotas de la subcuenca	Cota Máxima	m.s.n.m.	4576	4578	4682	4515	4113	4816	4597	4512	4490	4718	4684
		Cota Mínima	m.s.n.m.	4061	4063	4061	4082	4064	4066	4072	4062	4068	4070	4070
	Altura media de la subcuenca		m.s.n.m.	4255	4170	4320	4125	4050	4340	4335	4285	4220	4355	4378
	Altitud media ponderada		m.s.n.m.	4242.45	4205.87	4317.02	4182.84	4083.87	4345.79	4326.86	4265.18	4215.98	4356.92	4377.8
	Altitud media simple		m.s.n.m.	4318.5	4320.5	4371.5	4298.5	4088.5	4441	4334.5	4287	4279	4394	4377

	Parámetros	Und	Ocshapampa	Huascan	Yahuar-mayo	Antaracra ocupa	Marayhaca	Palay-Palca mayo	Anascanchi	Chuyroc	Quiblan	De Chapas	Antaco-cha
	Pendiente de la subcuenca (Met. Rectangulo Equivalente)	%	1.8	1.91	1.63	2.53	0.91	2.39	3.56	10.56	6.24	4.84	4.21
	Pendiente media de la subcuenca	%	15.68	16.54	11.99	15.79	24.45	13.24	20.03	25.28	24.95	19.32	20.32
PARAMETROS DE DRENAJE	Longitud Total de Ríos	Km	50.78	59.25	99.58	19.26	5.57	126.75	21.8	4.66	6.44	29.27	20.23
	Longitud del Cauce Principal	Km	20.85	11.27	11	18.45	5.57	20.34	13.63	4.66	6.44	12.15	9.75
	Número Total de Ríos		14	0	22	2	1	36	5	1	1	14	8
	Densidad de Drenaje	Km/Km^2	0.52	0.43	0.69	0.75	1.07	0.77	0.59	1.03	0.68	0.93	0.63
	Frecuencia de los Ríos	Fr	0.14	0.07	0.15	0.08	0.19	0.22	0.13	0.22	0.11	0.45	0.25
	Extension Media del Escurrimiento Superficial	Km	0.48	0.58	0.36	0.34	0.23	0.32	0.43	0.24	0.37	0.27	0.4
	Tiempo de Concentración	min	246.64	230.31	319.42	146.26	88.88	238.01	114.3	28.88	50.43	94.09	106.1

Tabla 31

Parámetros geomorfológicos de la Cuenca del Lago Chinchaycocha y subcuencas – Parte II

	Parámetros		Und	Upa-mayo	Racra-min	Llacsa llacsa	Santa catalina	Chaca-chimpa	Ventani-lla	Quilla-machay	Huala-mayo	Ondo-res	Chuchu cancha	Cuchu cancha
PARAMETROS DE FORMA	Area de la subcuenca		Km^2	98.48	137.99	143.79	25.83	5.19	164.36	37.1	4.53	9.5	31.45	32.01
	Périmetro		Km	63.52	63.59	82.97	37.02	12.6	72.69	34.3	10.57	16.21	31.23	33.31
	Indice de compacidad			1.81	1.53	1.95	2.05	1.56	1.6	1.59	1.4	1.48	1.57	1.66
	Factor de forma de la cuenca			0.12	0.19	0.1	0.09	0.18	0.17	0.17	0.25	0.21	0.18	0.15
	Rectángulo equivalente	Lado Mayor	Km	28.55	26.91	38.01	17.14	5.39	31.38	14.76	4.26	6.76	13.38	14.58
		Lado Menor	Km	3.45	5.13	3.78	1.51	0.96	5.24	2.51	1.06	1.41	2.35	2.19
PARAMETROS DE RELIEVE	Cotas de la subcuenca	Cota Máxima	m.s.n.m.	4576	4578	4682	4515	4113	4816	4597	4512	4490	4718	4684
		Cota Mínima	m.s.n.m.	4061	4063	4061	4082	4064	4066	4072	4062	4068	4070	4070
	Altura media de la subcuenca		m.s.n.m.	4255	4170	4320	4125	4050	4340	4335	4285	4220	4355	4378
	Altitud media ponderada		m.s.n.m.	4242.45	4205.87	4317.02	4182.84	4083.87	4345.79	4326.86	4265.18	4215.98	4356.92	4377.8
	Altitud media simple		m.s.n.m.	4318.5	4320.5	4371.5	4298.5	4088.5	4441	4334.5	4287	4279	4394	4377

	Parámetros	Und	Upa-mayo	Racra-min	Llacsa llacsa	Santa catalina	Chaca-chimpa	Ventani-lla	Quilla-machay	Huala-mayo	Ondo-res	Chuchu cancha	Cuchu cancha
	Pendiente de la subcuenca (Met. Rectangulo Equivalente)	%	1.8	1.91	1.63	2.53	0.91	2.39	3.56	10.56	6.24	4.84	4.21
	Pendiente media de la subcuenca	%	15.68	16.54	11.99	15.79	24.45	13.24	20.03	25.28	24.95	19.32	20.32
PARAMETROS DE DRENAJE	Longitud Total de Ríos	Km	50.78	59.25	99.58	19.26	5.57	126.75	21.8	4.66	6.44	29.27	20.23
	Longitud del Cauce Principal	Km	20.85	11.27	11	18.45	5.57	20.34	13.63	4.66	6.44	12.15	9.75
	Número Total de Ríos		14	0	22	2	1	36	5	1	1	14	8
	Densidad de Drenaje	Km/Km^2	0.52	0.43	0.69	0.75	1.07	0.77	0.59	1.03	0.68	0.93	0.63
	Frecuencia de los Ríos	Fr	0.14	0.07	0.15	0.08	0.19	0.22	0.13	0.22	0.11	0.45	0.25
	extensión Media del Escurrimiento Superficial	Km	0.48	0.58	0.36	0.34	0.23	0.32	0.43	0.24	0.37	0.27	0.4
	Tiempo de Concentración	min	246.64	230.31	319.42	146.26	88.88	238.01	114.3	28.88	50.43	94.09	106.1

4.2. Cuantificación de las coberturas vegetales de bofedales (1990-2024)

En respuesta al objetivo específico 1, la cuantificación de las coberturas vegetales de bofedales presentó valores fluctuantes o dinámicos respecto al tiempo, pero siempre mostrando una tendencia a la disminución. En 1990, la extensión de bofedales llegaba a 111.65 km^2 (6,5 %), una cantidad que se redujo a 95.31 km^2 (5.5 %) en 1995. En el 2000 se registró una mejora hasta 107.48 km^2 (6.2 %), sin embargo, esta área volvió a disminuir a 91.08 km^2 (5.3 %) en 2005. El máximo nivel de cobertura ocurrió en 2010, con 135.07 km^2 (7,9 %). Luego, el área de bofedales comenzó una disminución constante: 104.05 km^2 (6.0 %) en 2015, 94.52 km^2 (5.5 %) en 2020 y finalmente 83.18 km^2 (4.8 %) en 2024. Como síntesis de los resultados, se obtiene que dentro de la subcuenta Junín existe una disminución neta de 28,47 km^2, lo que equivale al 25.5 % de la cobertura inicial de 1990.

Es importante señalar, que en línea a lo planteado en el objetivo específico 1. La cobertura vegetal de bofedales se obtuvo a partir de las máscaras generadas en el Google Earth Engine (GEE) exportadas para cada año de evaluación, de tal manera que, por medio de un sistema de información geográfica puedan ser procesadas evaluándose los polígonos obtenidos y se eliminándose errores que puedan surgir por la aplicación del algoritmo. Los criterios de corrección tomados en esta investigación están asociados a al grado de pendientes del entorno evaluado. En ese sentido, a fin de reducir los márgenes de error en los valores de área de bofedal, se generó un archivo raster a partir de un modelo de elevación digital (DEM) a fin de determinar las zonas en donde hay mayor incidencia de pendientes, esto se realizó bajo la finalidad de poder eliminar polígonos (bofedales) que se estén superponiendo en zonas con pendientes significativas, considerando que los bofedales son coberturas vegetales que se encuentras dispuestos por lo general en zonas de baja pendiente y cercanos a cuerpos de agua.

Tabla 32

Coberturas vegetales de bofedales analizadas

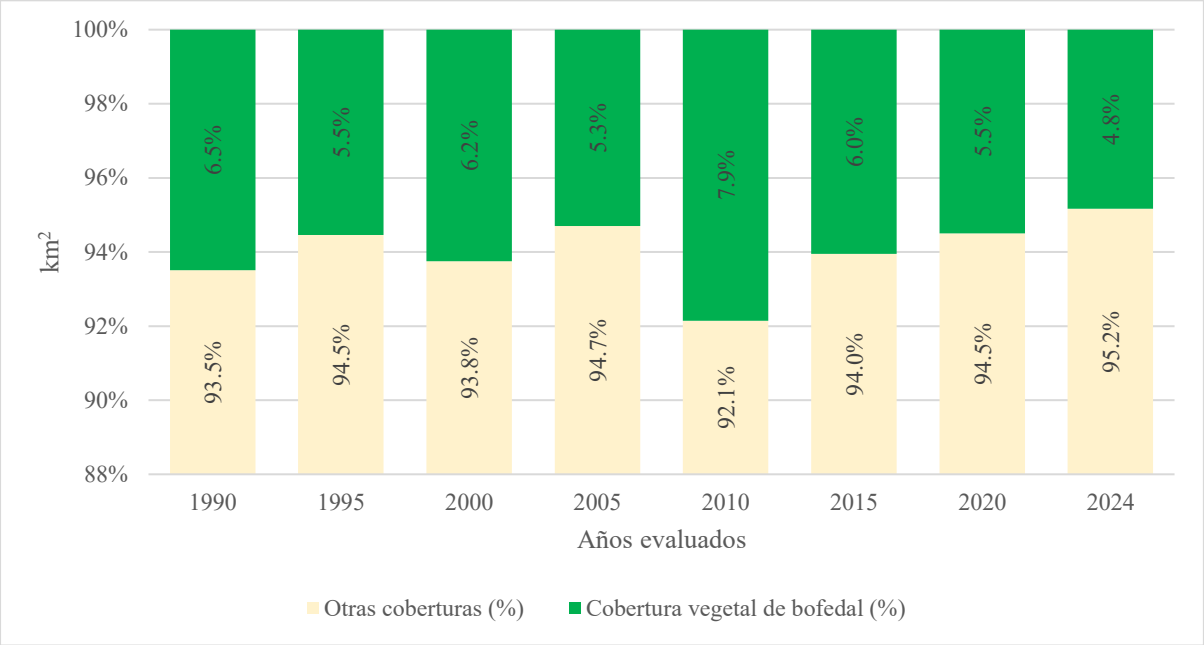
Año	Cobertura vegetal de Bofedales (km^2)	Porcentaje (%)	Otras coberturas (km^2)	Porcentaje (%)
1990	111.65	6.5%	1608.20	93.5%
1995	95.31	5.5%	1624.55	94.5%
2000	107.48	6.2%	1612.37	93.8%
2005	91.08	5.3%	1628.78	94.7%
2010	135.07	7.9%	1584.79	92.1%
2015	104.05	6.0%	1615.81	94.0%
2020	94.52	5.5%	1625.34	94.5%
2024	83.18	4.8%	1636.68	95.2%

Nota. Las áreas de cobertura vegetal de no bofedal corresponden a todas las áreas que no fueron reconocidas como bofedal, esto incluye la superficie que abarca el Lago Junin, la superficie de suelo expuesto, zonas urbanas, totorales, entre otros.

En el siguiente gráfico se muestran la variación temporal de los años analizados considerando las coberturas vegetales de bofedales y los otros tipos de coberturas consideradas como no bofedal.

Figura 34

Evolución de la Cobertura Vegetal de Bofedal (1990-2024)



El análisis de la cobertura vegetal de bofedales en la subcuenca Junín fue realizado mediante el análisis y evaluación de un periodo total de 35 años, de los cuales se seleccionó un total de 8 imágenes satelitales (una cada cinco años) correspondientes a los satélites Landsat 5, 7 y 8. La elección de las imágenes satelitales fue realizada basada en la disponibilidad de datos y el grado de visibilidad de las mismas, de tal forma que durante un año de evaluación se seleccionaron las imágenes con mayor visibilidad, es decir, todas las imágenes que presenten un grado de nubosidad menor al 10%.

De la evaluación de todas las imágenes, se observa una considerable tendencia a la disminución con ciertas fluctuaciones en ciertos años que suponen una recuperación temporal de las coberturas, pero que finalmente terminan con la tendencia a la disminución.

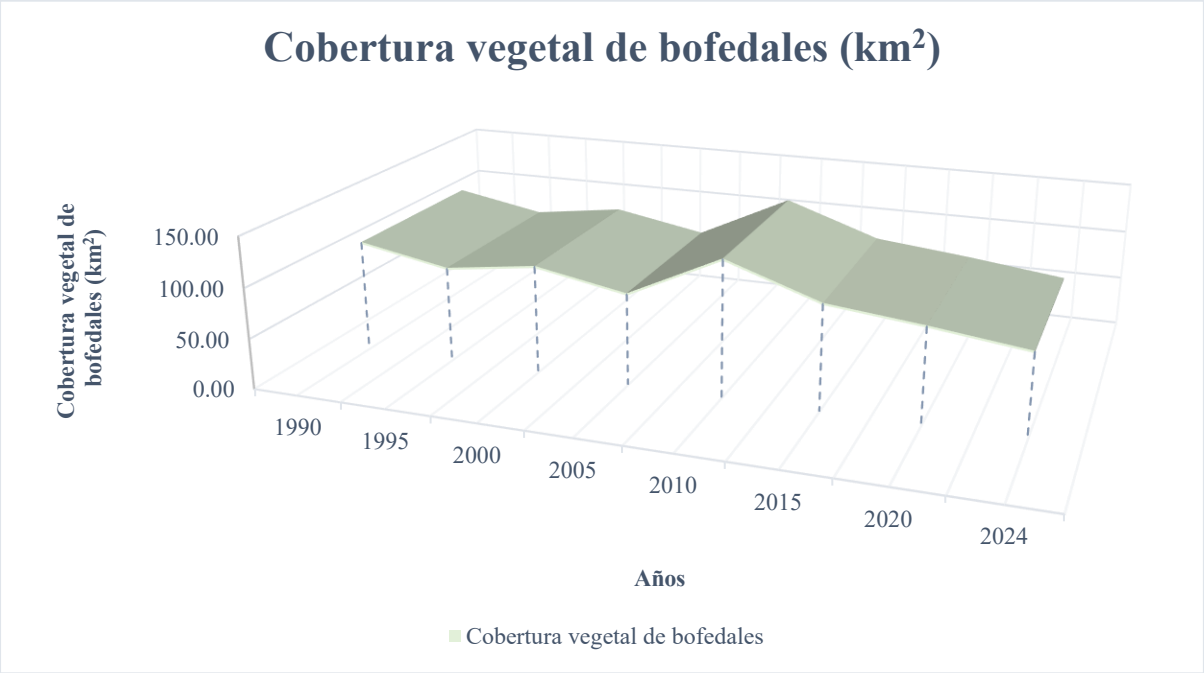
Al analizar las coberturas por periodos se verifica que para el año 1990, la cobertura vegetal de bofedales tuvo un punto de partica con un total de 111.65 km^2, pero en los cinco años siguientes se evidencia la primera reducción significativa de alrededor de 14.7%. Para el periodo 2000 – 2005, se evidencia un periodo de fluctuación, donde en el año 2000 las

coberturas calculadas iniciaron con una ligera recuperación reflejando un valor de 107.48 km^2 hasta terminar en 91.08 km^2, reflejando una reducción del 15.3% respecto al año 2000.

El tercer periodo (2005-2010), destaca por un incremento significativo del 48.3% respecto al periodo anterior alcanzando una superficie de bofedal de 135.07 km^2 que posteriormente se redujo en el cuarto periodo (2010-2015) reflejando una caída del 22.9% llegando a los 104.05 km^2. A partir de este periodo, se marca la tendencia a decreciente llegando a 94.52 km^2 en el año 2020 y finalmente a 83.18 km^2.

Figura 35

Evolución de la cobertura vegetal de bofedales



4.3. Determinación de la tasa de cambio en la cobertura vegetal de bofedales

Como parte del objetivo específico 2, se determinó que la tasa de cambio de cobertura vegetal de bofedales se ha calculada partiendo de los valores estimados de cobertura vegetal de bofedales presentados en la tabla 32. En ese sentido, mediante el uso de la Ecuación explicada, se calcularon los valores que dieron como resultado la tasa de cambio de cobertura

vegetal de bofedales; este valor puede ser negativo como tambien positivo. En los años en donde el valor obtenido es de carácter positivo, se asume que ha habido un aumento en la superficie estimada de cobertura vegetal de bofedales respecto al año anterior; por otro lado, los valores negativos fueron asumidos como una disminución en la superficie de cobertura vegetal de bofedal respecto al año anterior, a fin de evaluar el comportamiento por periodos se seleccionaron los valores obtenidos de coberturas vegetales obtenidos cada 05 años partiendo desde el año 1990.

Los datos de la tasa de cambio en la cobertura vegetal de bofedales en la subcuenca Junín durante el periodo 1990–2024 (Tabla 32) evidencian una variabilidad interanual considerable, con etapas sucesivas de disminución y aumento de superficie. A lo largo del periodo 1990-1995, la cobertura descendió de 111.65 km^2 a 95.31 km^2, lo que es una reducción de 16.34 km^2 y un ritmo de –3.27 km^2/año. Durante el quinquenio de 1995 a 2000, la tendencia experimentó una leve variación, registrando un incremento de 12.17 km^2 (2,43 km^2/año), para volver a experimentar una pérdida significativa de –16,41 km^2 (–3,28 km^2/año) entre 2000 y 2005. En la siguiente tabla se presentan los valores de cambio para este tipo de cobertura.

Tabla 33

Tasa de perdida de cobertura vegetal de bofedales

Año	Bofedales km2	Variación de superficies (km^2)	Tasa de variación (km^2/año)
1990	111.65	---	
1995	95.31	-16.34	-3.27
2000	107.48	12.17	2.43
2005	91.08	-16.41	-3.28
2010	135.07	44.00	8.80
2015	104.05	-31.03	-6.21
2020	94.52	-9.53	-1.91
2024	83.18	-11.34	-2.27

Es importante considerar que, los valores de cobertura son variables según las condiciones únicas del entorno, esto quiere decir que, es posible que existan años en donde la cobertura vegetal aumente en vigor y superficie, así como tambien pueden ser fácilmente degradados. Del análisis de la tabla anterior se verifica que ciertamente la tasa promedio resulta ser negativa con un valor de -0.81%, esto quiere decir que al nivel de la serie temporal analizada la cobertura vegetal bofedal tiende a desaparecer anualmente en razón de 0.81% del total de la cobertura analizada. Sin embargo, estos valores deben ser tomados con cuidado, ya que según los resultados de superficie vegetal bofedal se identifica que estas coberturas tienen a ser muy fluctuantes y que además presentan una dinámica muy variada que puede ser sensible a las condiciones del entorno próximo de la subcuenca donde inclusive las pequeñas variaciones meteorológicas pueden influir mucho en el valor final de la cobertura vegetal. Por ejemplo: La fluctuación más significativa se presenta en el periodo (2005 – 2010), donde la cobertura aumenta abruptamente en 44 km2 (tasa de +8.80 km^2/año), lo que podría deberse a mejoras en las condiciones de recarga de la cuenca. Si se analiza la tabla 63 notaremos que para el año 2010 se presentó el segundo mayor valor de caudales para la Subcuenca Junín, teniendo un valor de 14.96 m^3/s, que se traducen en un rendimiento hídrico del 8.70 l/s/km^2.

Finalmente se precisa que, la fluctuación vista en la cobertura de bofedales muestra períodos de pérdida de hasta un 25.5% respecto la superficie base calculada para el año 1990.

4.3.1. Validación de las áreas de bofedales estimadas

Este proceso se realizó con la finalidad de otorgar un grado de confiabilidad y calidad a la información calculada a través del sensoramiento de coberturas vegetales de bofedales. Tomando como referencia lo realizado por (INAIGEM, 2023), fue necesario realizar un análisis de concordancia entre las coberturas vegetales de bofedales estimadas y las reales. En ese sentido, se determinó el Índice Kappa, utilizando como referencia el Protocolo de la

Evaluación Temática del Mapa de Deforestación propuesto por el Ministerio del Ambiente. En este protocolo se especifica que el índice Kappa debe ser entendido como una medida de la diferencia entre la exactitud lograda en la clasificación o método de análisis con un software; y la exactitud de lograr una clasificación correcta con una clasificación visual (en campo o con imágenes de alta resolución) (MINAM, 2014).

Para determinar el índice Kappa, se utilizó como puntos de evaluación muestral una cantidad aleatoria de 314 puntos alrededor de la cuenca Junin. Esta cantidad fue estimada según las consideraciones basadas en la fórmula de (Cochran, 1977) que es citado también en el Protocolo de la Evaluación Temática del Mapa de Deforestación (MINAM, 2014). Para la evaluación fue necesario establecer dos categorías de clasificación, las cuales fueron definidas para este estudio como "Cobertura vegetal de bofedales" o tipo (2) y "Otras coberturas" tipo (1), de tal manera que a las categorías tipo 2, se les otorgó el valor de 1 si es que el punto aleatorio llegase a estar ubicado en una cobertura vegetal de bofedal, en caso contrario a las categorías tipo 2, se otorgó el valor de 0 si el punto aleatorio se ubicaba en cualquier otro tipo de cobertura, este análisis se realizó para todos los puntos aleatorios, donde, base a las consideraciones detalladas líneas arriba se obtiene la siguiente matriz de confusión.

Tabla 34

Matriz de confusión

Clases	Otras coberturas	Cobertura vegetal de bofedales	Total	Kappa
Otras coberturas	280	7	287	0
Cobertura vegetal de bofedales	4	23	27	0
Total	284	30	314	0
Kappa	0	0	0	0.787812

La validación del mapa resultó en un índice Kappa de 0.78, el cual se encuentra dentro del rango 0.61 – 0.8 lo que indica una fuerza de concordancia considerable según (MINAM, 2014) y un porcentaje de exactitud del 96%. Ver Anexo B: Mapas de variación de cobertura vegetal de bofedales.

4.4. Cálculo del rendimiento hídrico

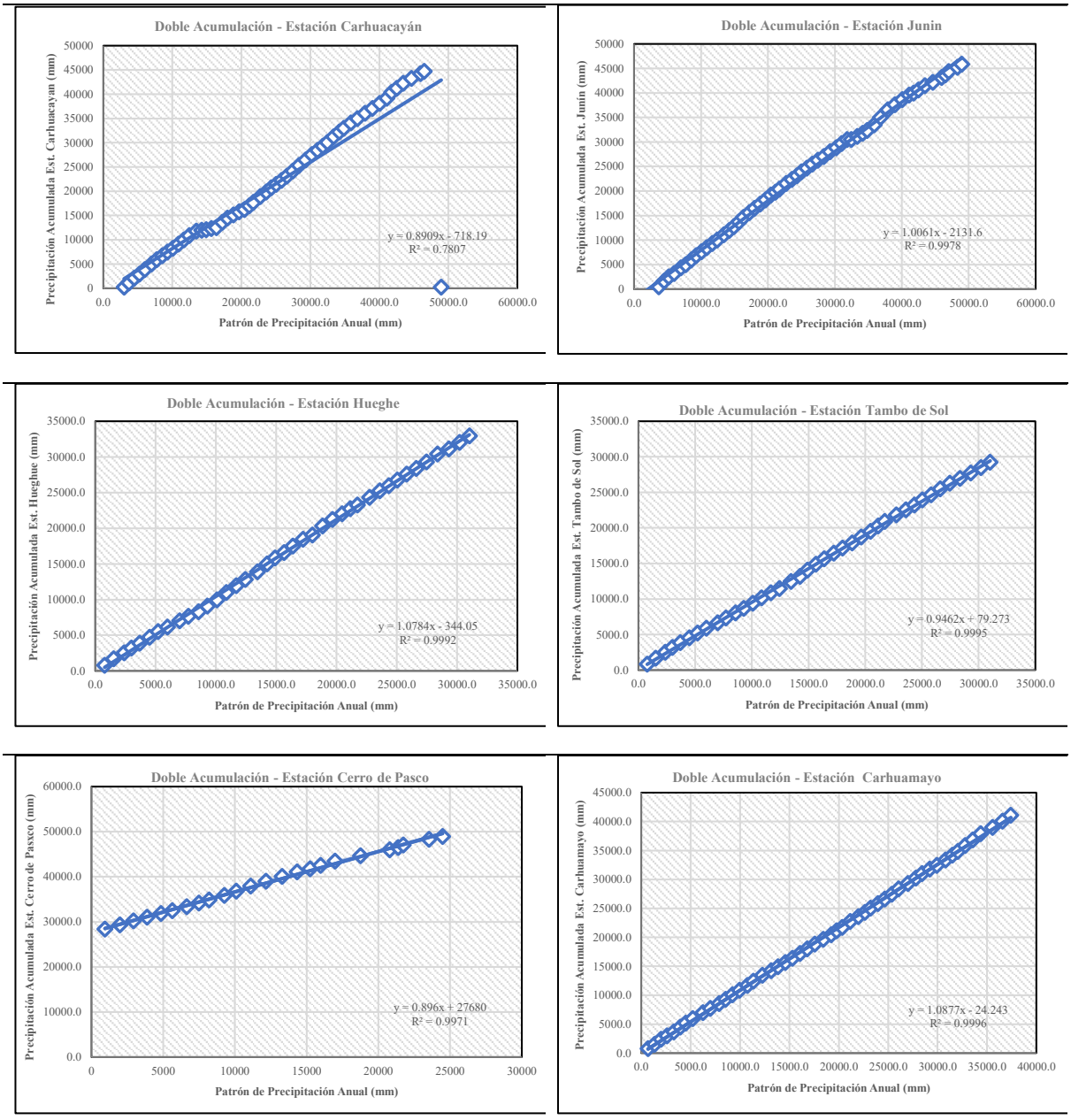
En respuesta al tercer objetivo específico, se obtuvo como resultado un rendimiento hídrico promedio de 6.22 l/s/km^2. Esto fue posible mediante la generación de series históricas de caudales medios (m^3/s) que fueron obtenidos a partir de la aplicación del modelo Lutz Scholz. Para hacer uso de este modelo, fue necesario realizar el procesamiento y calculo de variables meteorológicas representativas del área de estudio para el periodo analizado (1990 – 2024).

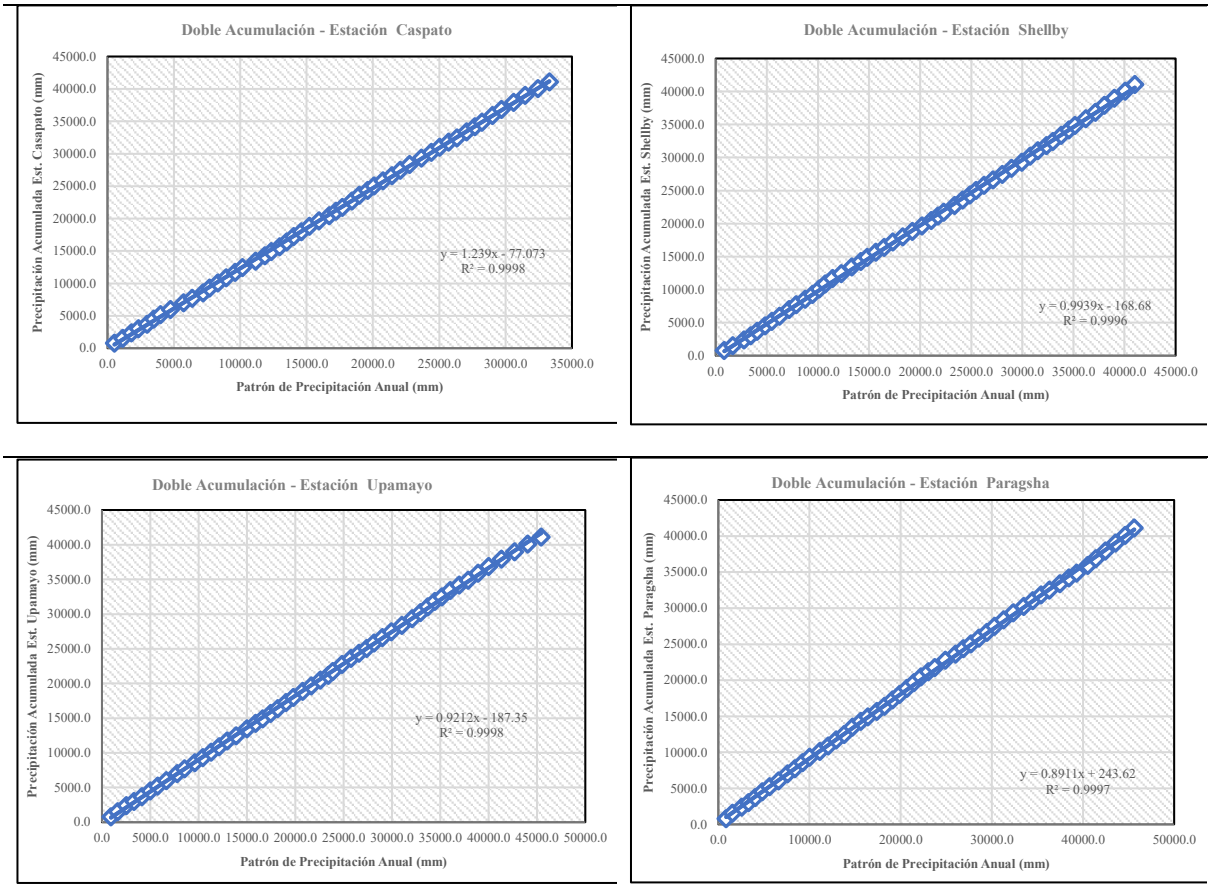
4.4.1. Hidrometeorología de la Subcuenca Junín

4.4.1.1. Evaluación de datos de precipitación. Con el cálculo del patrón de precipitación anual (PPA) para los datos observados de las estaciones analizadas (Ver tabla 20), se colocaron en un gráfico los valores de acumulación del PPA con los valores de acumulación de todas las estaciones consideradas para este estudio, Ubicando el PPA en el eje X y las acumulaciones de las estaciones analizadas en el eje Y.

Figura 36

Doble acumulación estaciones evaluadas





De los gráficos mostrados anteriormente identifican que la mayoría de las estaciones analizadas presentan una tendencia lineal. Sin embargo, tambien se identifican zonas con quiebres y cambios de tendencia, lo cual indicaría que será necesario realizar el análisis de consistencia de datos a fin de eliminar saltos y corregir las series de precipitación basándonos en el comportamiento de la media y de la varianza. A continuación, se presenta el análisis de los gráficos a fin de determinar las series que deberán ser corregidas.

- Estación Carhuacayán: Se presenta un tramo de menor proporcionalidad en el periodo de 1981 al 1985, la mayoría de estos casos se presenta por una incorrecta medición de los datos, que deben ser corregidos para homogenizar la serie. Considerando que despues del año 1985, la serie mantiene una tendencia constante con pocos quiebres, so considerará el periodo confiable del 1985 a 2023; mientras que el periodo dudoso será de 1981 a 1965.

- Estación Junin: Para el caso de esta estación se identifica un quiebre a partir del año 2004 en adelante. Este quiebre pudo ser originado por cambio de pluviómetro que sufrió la estación, ya que inicialmente esta era administrada por la empresa de generación eléctrica Electroperú S.A. hasta el año 2005, donde pasó a ser administrada por el SENAMHI (Laura, 2021). Considerando que el periodo más corto es el comprendido entre el 2005 – 2023, se considera este como el periodo dudoso; mientras que la serie de mayor extensión (1969 – 2003), será considerado como el periodo confiable.
- Estación Hueghue: La estación Hueghue presenta un quiebre entre el periodo de 1965 a 1982, por lo cual se considerará a dicho periodo como el periodo no confiable o dudoso; mientras que periodo de 1983 a 2003, se considera como periodo confiable al presentar una tendencia constante y datos más actualizados.
- Estación Tambo de Sol: Se un tramo desproporcional entre los años 1965 a 1983, por lo mismo que este periodo se considerará como el periodo dudoso o no confiable; mientras que el periodo de 1983 a 2023, se considerará como el periodo confiable. Es probable que este tipo de desproporcionalidades se hayan generado por errores en la toma de medición de la precipitación.

Para el caso de las estaciones Casapato, Shellby, Cerro de Pasco, Carhuamayo, Upamayo y Paragsha, no se identificaron quiebres significativos; pese a ello igual se sometió a un análisis de consistencia apoyado sobre pruebas estadísticas**.** En la siguiente tabla se presenta los resultados del análisis estadístico calculado para todas las series de datos de precipitación consideradas en esta investigación.

Tabla 35

Análisis de consistencia de saltos para las estaciones consideradas

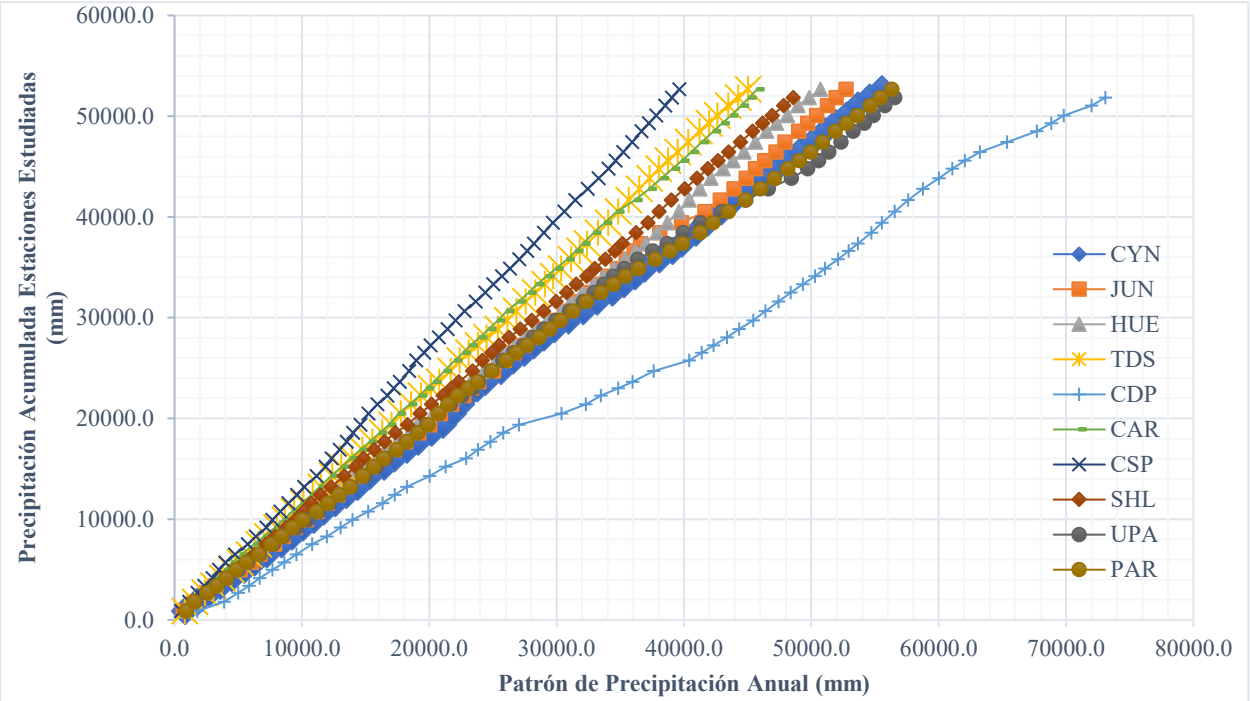
ID	Estación	Periodo de análisis		N° de datos	Prom.	Des. Est	MEDIA			DESVIACIÓN		
		Desde	Hasta				Tc	Tt	Salto	Fc	Ft	Salto
1	Carhuacayán	1968	1985	18	697.04	336.45	3.28	1.67	SI	3.39	1.94	SI
		1986	2019	34	932.50	182.67						
2	Junín	1969	2004	36	808.38	276.23	2.47	1.67	SI	4.16	2.18	SI
		2005	2019	15	994.28	135.30						
3	Hueghue	1965	1982	18	849.64	152.98	0.33	1.68	NO	1.1	2.21	NO
		1983	2004	22	833.01	160.56						
4	Tambo de Sol	1965	1983	19	752.92	106.24	0.49	1.68	NO	2.15	2.41	SI
		1984	2004	21	739.21	68.24						
5	Cerro de Pasco	2000	2012	13	949.88	120.23	1.09	1.71	NO	21.7	2.71	SI
		2014	2023	10	1117.41	560.11						
6	Carhuamayo	1965	2008	44	728.48	108.19	3.26	1.67	SI	2.56	2.43	SI
		2009	2014	6	894.30	173.10						
7	Casapato	1965	1990	25	642.51	137.50	1.26	1.71	NO	1.03	1.97	NO
		1991	2015	25	691.29	135.20						
8	Shellby	1965	1986	22	788.40	131.40	1.41	1.67	NO	2.02	1.25	NO
		1987	2014	28	845.20	147.20						
9	Upamayo	1965	2001	37	863.00	134.94	1.07	1.67	NO	1.54	2.13	SI
		2002	2014	13	809.00	168.22						
10	Paragsha	1965	2004	40	885.10	123.47	3.14	1.67	SI	1	2.81	NO
		2005	2014	10	1022.20	122.97						

Sobre esta tabla se determina que será necesario aplicar factores de corrección basados en los valores de la media y desviación estándar de los datos observados, a fin de hacer consistente los datos de precipitación con los que se trabajaron. La corrección solo se realizó sobre los periodos dudosos o inconsistentes. Con los datos ya corregidos se realizó la completación de los datos por medio del software HEC-4. Estos datos obtenidos por medio de

este software fueron sometidos nuevamente a análisis de doble masa a fin de observar la variabilidad de los datos de precipitación, de tal forma que se obtuvo graficas de acumulación libre de quiebres o tendencias que puedan suponer inconsistencias.

Figura 37

Análisis de doble masa final



4.4.1.2. Precipitación. Los valores de precipitación media obtenido para la Subcuenca Junin, responde al valor obtenido por medio de la integración de los resultados de lluvia obtenidos mediante el modelo de regionalización, el cual fue comparado con los valores de precipitación obtenidos mediante el cálculo de isoyetas, ponderaciones aritméticas de la media de precipitación y, finalmente, el valor medio de la precipitación obtenido mediante los rangos de altitud.

A. Información pluviométrica completada. La generación del registro pluviométrico se obtuvo en base a la información de las 10 estaciones pluviométricas consideradas en el ítem Pluviometría. Luego de haber verificado la consistencia (eliminación de saltos y tendencias) de los datos observados de cada una de las estaciones, se realizó la completación de la

información pluviométrica mediante el software HEC-4, de tal forma que los datos de precipitación presenten una extensión de registro completo y coherente para el periodo 1965 - 2024. Es importante aclarar que, para el registro de precipitación se han utilizado las series temporales más extensas a fin de definir correctamente el comportamiento de la precipitación del área de estudio, de dichas series temporales solo se tomarán en cuenta la serie comprendida en el periodo 1990 – 2024 para la generación de caudales.

B. Cálculo de la precipitación media areal de la Subcuenca Junín. Para el cálculo de la precipitación media areal, se empleó el software de procesamiento estadístico *HYDRACCES*, a partir del cual mediante el uso del interpolador Kriging interpoló una malla de 8892 puntos a fin de generar valores de precipitación media mensual para cada una de las 22 microcuencas que conforman la Subcuenca Junín. De la síntesis de información se obtiene que el valor de la precipitación media para la Subcuenca Junín es de 799.2 mm.

Los valores de precipitación media obtenidos para cada microcuenca se presentan en el Anexo C. El resumen de la precipitación media mensual generada se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 36

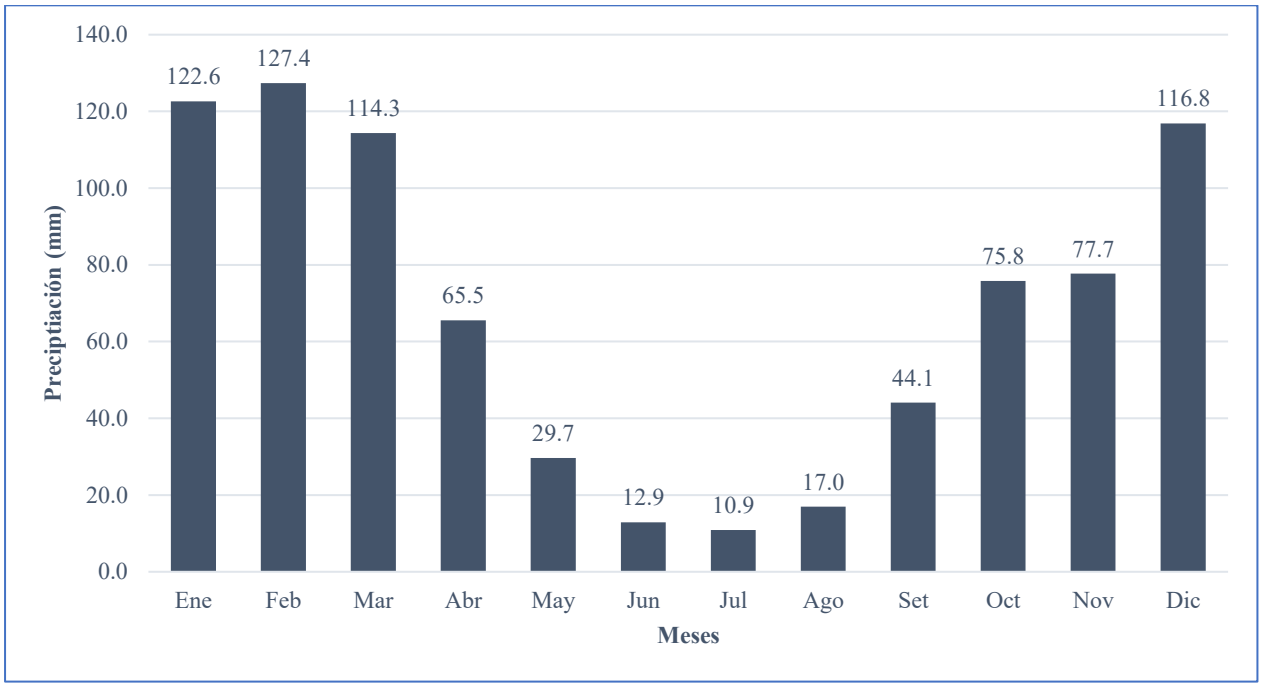
Precipitación media de la Subcuenca Junin

Microcuenca	Altitud	Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Anascanchi	4335	-10.95	108.0	114.0	98.3	51.5	25.4	11.4	9.4	14.3	39.6	64.5	65.0	100.9	702.4
Antacocha	4378	-11.03	114.9	117.3	103.9	53.6	26.5	12.2	11.2	15.9	41.4	68.0	68.8	112.2	745.8
Antara Ocupa	4125	-10.88	113.2	124.4	107.9	59.4	29.2	12.2	9.6	15.6	43.1	72.5	75.7	105.2	767.9
Chacachimpa	4050	-11.23	128.4	130.4	120.5	64.7	31.9	13.4	14.7	19.5	46.5	80.5	81.3	131.1	862.9
Chuchucancha	4355	-11.06	129.5	135.5	124.7	72.8	32.0	13.5	11.6	17.4	45.7	80.6	82.4	121.8	867.4
Cuchucancha	4378	-11.02	131.9	137.5	125.9	76.0	32.8	13.9	11.4	18.1	47.2	83.1	86.0	123.9	887.7
Chuyroc	4285	-10.95	110.2	115.7	98.5	54.1	25.9	11.4	9.1	14.4	39.6	66.0	65.5	100.7	711.1
De Chapas	4355	-10.99	109.6	114.3	100.3	51.5	25.5	11.6	10.2	14.9	40.2	65.1	65.9	105.4	714.4
Huascán	4170	-10.83	118.9	128.1	115.5	67.1	31.0	12.5	9.6	16.5	45.5	76.5	82.3	112.9	816.4
Hualamayo	4285	-11.11	127.5	133.8	124.0	69.9	31.6	13.1	12.2	17.2	45.1	79.1	80.1	121.7	855.3
Llacsa - Llacsa	4320	-11.07	121.5	129.3	117.5	72.2	32.8	13.4	9.5	17.0	43.5	78.2	84.3	116.2	835.6
Maraychaca	4050	-10.93	123.7	129.9	118.5	74.2	33.2	13.4	9.6	17.3	43.8	78.9	85.3	117.9	845.6
Ocshapampa	4255	-10.79	146.4	138.1	128.6	89.4	37.0	14.1	10.9	17.9	57.7	85.7	91.5	130.5	947.9

Microcuenca	Altitud	Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Ondores	4220	-11.08	126.2	132.5	120.8	69.5	31.1	13.1	11.4	17.1	44.8	78.6	80.2	119.4	844.8
Palay - Palcamayo	4340	-10.88	112.4	121.5	103.9	56.4	28.3	12.0	9.8	15.2	42.0	70.1	71.7	103.2	746.4
Quiblan	4220	-10.99	104.5	110.6	97.0	49.5	24.0	11.0	9.2	13.8	38.8	61.6	62.5	99.4	681.9
Quillamachay	4335	-11.12	126.3	132.1	122.1	68.1	31.3	13.0	12.4	17.4	44.9	78.5	79.3	121.8	847.2
Racramin	4170	-11.07	121.2	121.3	108.3	56.6	27.9	12.9	12.4	17.2	43.0	71.8	72.5	120.1	785.1
Santa Catalina	4125	-11.13	129.3	126.9	114.8	61.5	29.9	13.7	13.6	18.7	45.1	77.0	77.4	129.6	837.5
Upamayo	4255	-11.02	111.3	114.7	101.3	52.1	25.5	11.8	10.4	15.1	40.4	65.5	66.3	107.6	721.8
Ventanilla	4340	-11.17	121.2	121.3	108.3	56.6	27.9	12.9	12.4	17.2	43.0	71.8	72.5	120.1	785.1
Yahuarmayo	4320	-10.81	110.5	124.7	111.3	58.1	30.0	12.3	10.3	15.2	45.5	71.7	77.9	104.5	771.9
PROMEDIO			120.3	125.2	112.4	62.9	29.6	12.7	11.0	16.5	43.9	73.9	76.1	114.8	799.2

Figura 38

Precipitación media mensual



C. Constatando la precipitación media en la Subcuenca Junín. A fin de comparar los resultados generados obtenidos por la interpolación de datos en HYDRACCES con los datos observados de las estaciones seleccionadas, se generó una ecuación regional de precipitación. Es decir, se aplicó la ecuación regional de precipitación en todas las subunidades hidrográficas que componen la Subcuenca Junín a fin de determinar mediante un modelo matemático el comportamiento de la precipitación tomando como variables la altitud y la latitud y de este modo, ver el grado de similitud entre los datos interpolados y los regionalizados. Se recalca que la ecuación regional de precipitación ha generado a partir de datos observados de las 10 estaciones consideradas en el estudio.

D. Modelo de regresión multivariable. Considerando los datos de precipitación observados, se planteó un modelo regional de precipitación multivariable, ya que este correlaciona el efecto de la altitud y latitud de cada estación pluviométrica. Del análisis del

modelo se determinó un coeficiente de correlación múltiple de 0.81, lo cual es considerado representativo.

Tabla 37

Coeficientes de regresión múltiple

Estadística de Regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	**0.81**
Intercepción	-3700.223587
Variable X 1	0.898184314
Variable X 2	-72.17255048

Debe tenerse en cuenta que esta ecuación refleja una aproximación del comportamiento real de la precipitación en la Subcuenca Junin, por lo que es posible obtener cierto margen de error respecto a la precipitación observada. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de error calculado entre los valores observados y los generados por la ecuación regional de precipitación.

Tabla 38

Análisis de error entre la precipitación real y la generada

				MULTIVARIABLE	
Estaciones	**Altitud**	**Latitud**	**Precipitación observada**	**PP generada**	**% Error**
Carhuacayan	4127	-11.2	833.1	814.9156435	2.2%
Junin	4101	-11.14	834.3	787.2324983	6.0%
Hueghue	4175	-11.23	842.2	860.1936671	-2.1%
Tambo de sol	4100	-10.78	746.4	760.3521958	-1.8%
Cerro de Pasco	4357	-10.69	1019.7	984.690035	3.6%

Estaciones	Altitud	Latitud	Precipitación observada	MULTIVARIABLE	
				PP generada	% Error
Carhuamayo	4125	-10.92	744.6	792.9109607	-6.1%
Casapato	4100	-10.98	663.6	774.7867059	-14.4%
Shellby	4120	-10.8	815.0	779.7593331	4.5%
Upamayo (ep)	4080	-10.92	836.9	752.4926666	11.2%
Paragsha	4310	-10.67	912.5	941.0319212	-3.0%

Se verifica que en todos los casos el porcentaje de error generado siempre está por debajo del 30 %, lo cual es considerado como aceptable o representativo.

- Distribución mensual de precipitación

Habiendo obtenido la ecuación regional de precipitación se realizó el análisis del comportamiento mensual de la precipitación. Esto se realizó determinando la ecuación de regresión multivariable esta vez relacionando los valores de precipitación total mensual con los valores de altitud y latitud de cada estación considerada.

Tabla 39

Distribución mensual de la precipitación en base a la ecuación multivariable para cada mes

Meses	Coeficiente de correlación múltiple (R^2)	Intercepción	Variable X 1	Variable X 2
Ene	0.445690979	-378.4575196	0.092487086	-10.6357429
Feb	0.673442435	-601.5522369	0.114295861	-23.69301391
Mar	0.703806163	-913.9441978	0.151387681	-37.35373871
Abr	0.655244588	-517.2054633	0.087733476	-20.05695762
May	0.723237722	-278.3879976	0.049242629	-9.685502398
Jun	0.468127996	6.710736746	0.008855675	2.747527751
Jul	0.870864884	-213.9486328	0.030268103	-9.163801411
Ago	0.393373143	-70.73852219	0.011800781	-3.560121385

Meses	Coeficiente de correlación múltiple (R^2)	Intercepción	Variable X 1	Variable X 2
Set	0.57396187	-196.2855297	0.044630154	-5.264099647
Oct	0.699154063	-439.3005448	0.098077613	-10.2557674
Nov	0.767948498	-533.3084349	0.127514503	-8.099223038
Dic	0.717398724	-478.4948637	0.150099024	2.596750486

De la tabla anterior se verifica que en la mayoría de los meses se han obtenido valores de correlación que superan el 0.6, por lo que se podría considerar que el comportamiento de las ecuaciones de regresión mensualizadas es aceptable.

En tal sentido, a fin de verificar si el comportamiento de la ecuación regional de precipitación es correcto y guarda relación con la precipitación media areal generada a través de la interpolación de datos (Kriging) se reemplazó la ecuación regional con el valor de la altitud y latitud media de la subcuenca. Los resultados obtenidos a escala mensual presentan unas diferencias entre 20 – 30 mm.

Estas variaciones se pueden atribuir al diseño y al supuesto al cual se somete e interpreta la ecuación regional, ya que al utilizar datos puntuales de estaciones pluviométricas se acepta incluir eventos extremos no representativos del promedio areal, lo cual puede generar una sobreestimación entre el valor de precipitación media; mientras que los datos interpolados suavizan los valores de entrada, ajustan los datos de precipitación al terreno y elevaciones locales (Yuhan et al., 2017).

Tabla 40

Comparación de precipitación media

Estadística de Regresión		Altitud media de la Subcuenca Junín	Precipitación media por el modelo regional	Precipitación media a partir de la interpolación
Coeficiente de correlación múltiple	**0.81**			
Intercepción	-3700.223587	**4278.9**	**936.9**	**799.2**
Variable X 1	0.898184314			
Variable X 2	-72.17255048			

E. Precipitación media por Isoyetas. El valor de la precipitación media por el método de isoyetas fue complementado por medio de la aplicación de la ecuación regional de precipitación, de tal forma que con el ploteo de 193 estaciones ficticias fue posible calcularles un valor de precipitación. Los valores de precipitación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 41

Valores de precipitación regionalizados

Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada	Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada
E1	4224	-10.943	883.491	E8	4262	-10.753	903.909
E2	4081	-10.916	753.102	E9	4362	-10.726	991.779
E3	4087	-10.889	756.543	E10	4287	-11.025	945.995
E4	4099	-10.862	765.372	E11	4094	-10.998	770.697
E5	4110	-10.835	773.304	E12	4080	-10.971	756.173
E6	4119	-10.808	779.439	E13	4079	-10.943	753.254
E7	4169	-10.781	822.399	E14	4083	-10.916	754.899

Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada	Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada
E15	4083	-10.889	752.95	E42	4090	-10.862	757.289
E16	4091	-10.862	758.187	E43	4146	-10.835	805.638
E17	4098	-10.835	762.525	E44	4300	-10.808	942.01
E18	4126	-10.808	785.726	E45	4291	-10.781	931.978
E19	4244	-10.781	889.763	E46	4333	-10.754	967.753
E20	4451	-10.754	1073.738	E47	4182	-11.107	857.604
E21	4327	-10.726	960.343	E48	4084	-11.079	767.561
E22	4248	-11.052	912.914	E49	4080	-11.052	762.019
E23	4230	-11.025	894.798	E50	4080	-11.025	760.071
E24	4081	-10.998	759.02	E51	4080	-10.998	758.122
E25	4079	-10.971	755.275	E52	4080	-10.971	756.173
E26	4082	-10.944	756.021	E53	4083	-10.944	756.919
E27	4081	-10.916	753.102	E54	4083	-10.917	754.971
E28	4085	-10.889	754.746	E55	4084	-10.89	753.92
E29	4090	-10.862	757.289	E56	4089	-10.862	756.39
E30	4094	-10.835	758.933	E57	4192	-10.835	846.955
E31	4282	-10.808	925.843	E58	4398	-10.808	1030.032
E32	4358	-10.781	992.156	E59	4461	-10.781	1084.669
E33	4375	-10.754	1005.476	E60	4435	-11.134	1086.793
E34	4397	-11.079	1048.693	E61	4089	-11.107	774.073
E35	4153	-11.052	827.587	E62	4082	-11.08	765.837
E36	4080	-11.025	760.071	E63	4080	-11.052	762.019
E37	4080	-10.998	758.122	E64	4080	-11.025	760.071
E38	4083	-10.971	758.868	E65	4080	-10.998	758.122
E39	4085	-10.944	758.716	E66	4081	-10.971	757.072
E40	4084	-10.917	755.869	E67	4083	-10.944	756.919
E41	4086	-10.889	755.644	E68	4086	-10.917	757.665

Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada	Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada
E69	4105	-10.89	772.782	E96	4085	-11.107	770.48
E70	4191	-10.862	848.005	E97	4080	-11.08	764.04
E71	4165	-10.835	822.704	E98	4080	-11.053	762.092
E72	4290	-10.808	933.028	E99	4080	-11.025	760.071
E73	4236	-10.781	882.577	E100	4080	-10.998	758.122
E74	4378	-10.754	1008.171	E101	4080	-10.971	756.173
E75	4434	-11.188	1089.792	E102	4090	-10.944	763.207
E76	4424	-11.161	1078.862	E103	4128	-10.917	795.389
E77	4085	-11.134	772.429	E104	4250	-10.89	903.019
E78	4083	-11.107	768.683	E105	4383	-10.863	1020.529
E79	4080	-11.08	764.04	E106	4548	-10.836	1166.78
E80	4080	-11.052	762.019	E107	4378	-10.808	1012.068
E81	4080	-11.025	760.071	E108	4400	-10.781	1029.88
E82	4080	-10.998	758.122	E109	4330	-10.754	965.058
E83	4081	-10.971	757.072	E110	4554	-11.243	1201.544
E84	4083	-10.944	756.919	E111	4223	-11.215	902.224
E85	4088	-10.917	759.462	E112	4128	-11.188	814.948
E86	4112	-10.89	779.069	E113	4093	-11.161	781.563
E87	4205	-10.863	860.652	E114	4084	-11.134	771.53
E88	4398	-10.835	1031.981	E115	4084	-11.107	769.582
E89	4338	-10.808	976.141	E116	4082	-11.08	765.837
E90	4424	-10.781	1051.436	E117	4082	-11.053	763.888
E91	4322	-10.754	957.873	E118	4082	-11.026	761.939
E92	4393	-11.215	1054.915	E119	4081	-10.998	759.02
E93	4402	-11.188	1061.05	E120	4136	-10.971	806.472
E94	4135	-11.161	819.286	E121	4428	-10.944	1066.793
E95	4084	-11.134	771.53	E122	4273	-10.917	925.626

Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada	Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada
E123	4447	-10.89	1079.961	E150	4144	-11.161	827.37
E124	4419	-10.863	1052.863	E151	4145	-11.134	826.32
E125	4321	-10.836	962.893	E152	4157	-11.107	835.149
E126	4477	-10.809	1101.061	E153	4155	-11.08	831.404
E127	4403	-10.781	1032.574	E154	4247	-11.053	912.088
E128	4537	-11.27	1188.223	E155	4475	-11.026	1114.926
E129	4323	-11.243	994.063	E156	4461	-10.999	1100.403
E130	4322	-11.216	991.216	E157	4508	-10.971	1140.596
E131	4106	-11.188	795.188	E158	4329	-10.944	977.873
E132	4097	-11.161	785.155	E159	4563	-10.917	1186.099
E133	4092	-11.134	778.716	E160	4479	-10.863	1106.754
E134	4084	-11.107	769.582	E161	4629	-10.836	1239.533
E135	4084	-11.08	767.633	E162	4430	-11.324	1096.015
E136	4082	-11.053	763.888	E163	4323	-11.297	997.961
E137	4093	-11.026	771.819	E164	4407	-11.27	1071.459
E138	4155	-10.999	825.558	E165	4177	-11.243	862.928
E139	4226	-10.971	887.308	E166	4183	-11.216	866.369
E140	4387	-10.944	1029.967	E167	4248	-11.189	922.802
E141	4329	-10.917	975.924	E168	4240	-11.161	913.596
E142	4429	-10.89	1063.794	E169	4386	-11.134	1042.782
E143	4403	-10.863	1038.492	E170	4530	-11.107	1170.172
E144	4606	-10.836	1218.875	E171	4299	-11.08	960.743
E145	4456	-10.809	1082.199	E172	4512	-11.053	1150.107
E146	4323	-11.27	996.012	E173	4271	-11.026	931.696
E147	4367	-11.243	1033.583	E174	4538	-10.999	1169.563
E148	4126	-11.216	815.172	E175	4305	-10.972	958.337
E149	4118	-11.189	806.038	E176	4456	-11.324	1119.368

Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada	Estación	Altitud raster (msnm)	Latitud	Precipitación Calculada
E177	4228	-11.297	912.633	E186	4401	-11.053	1050.409
E178	4193	-11.27	879.248	E187	4376	-11.026	1026.006
E179	4200	-11.243	883.587	E188	4421	-11.27	1084.034
E180	4286	-11.216	958.882	E189	4273	-11.243	949.154
E181	4500	-11.189	1149.144	E190	4457	-11.189	1110.523
E182	4386	-11.162	1044.803	E191	4462	-11.162	1113.065
E183	4499	-11.134	1144.277	E192	4465	-11.107	1111.79
E184	4576	-11.107	1211.488	E193	4346	-11.053	1001.009
E185	4544	-11.08	1180.798				

Se generó un raster que muestra los datos interpolados de precipitación en cada estación ficticia. Inmediatamente después, se reclasificó el raster de manera que se puedan visualizar isolíneas de precipitación distribuidas cada 100 mm. Es importante tener en cuenta que el valor de la precipitación media se ha obtenido de la sumatoria del producto entre la media de los intervalos de precipitación y el área parcial comprendida entre cada isoyeta, la suma de todos estos productos dará un valor en mm. el cual fue dividido entre el área total de la subcuenca dando como resultado el valor de la precipitación media.

Tabla 42

Valores de Precipitación media por el método de Isoyetas

Cálculo de Precipitación Media por Isoyetas					
ZONA	**Precipitación**		**Precipitacion media**	**Área Parcial (km2)**	**Ai*pp**
1	-	800	750	632	474000
2	800	900	850	272.6	231710
3	900	1000	950	301.4	286330

4	1000	1100	1050	250.58	263109
5	1100	-	1150	263.28	302772
			TOTAL		1706977

Nota. Ai: Área Parcial; Pp: Precipitación

$$Precipitación\ media = \frac{1706977\ km^2 * mm}{1719.858\ km^2} = 905.8\ mm$$

Se obtiene que la precipitación media anual para la subcuenca Junín es de alrededor de 905.8 mm. (Ver Anexo A-6: Mapa de Isoyetas).

Tabla 43

Valores de precipitación por cada método considerado

Ecuación multivariable en la subcuenca Junin	**PP por Isoyetas (mm)**	**Serie de precipitación interpoladas (Kriging)**
936.9	905.8	**799.2**

De los resultados obtenidos, se puede verificar que el valor de precipitación media en la subcuenca Junín es similar para los métodos en los que se ha utilizado la ecuación regional de precipitación como modelo. Sin embargo, se debe considerar que estos valores de moldean a la región considerando la distribución de las estaciones y todos los valores puntuales que se hayan registrado en cada una de ellas. Por otro lado, la serie de precipitación basado en la interpolación de datos por Kriging moldea los valores al área específica de estudio por lo cual se espera que el valor de precipitación media sea inferior al modelo regional. En ambos casos, tanto como las isoyetas como Kriging, los valores obtenidos toman en cuenta el efecto orográfico es relevante en el análisis de la distribución de la precipitación (Mejía, 2006). Es importante señalar que, la precipitación es uno de los inputs principales para la generación sintética de caudales mensuales que otorgarán el valor del rendimiento hídrico (objeto de esta

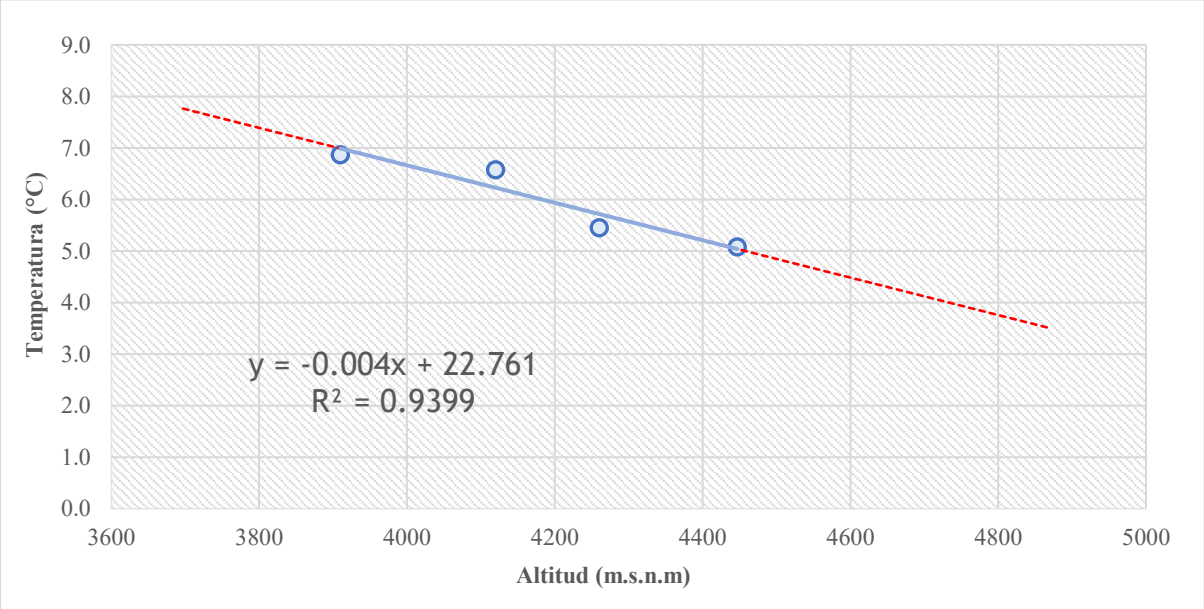
investigación), por tal motivo será necesario contar con los valores de precipitación a nivel mensual para toda la serie temporal a analizar (1990-2024). En ese sentido, se dará prioridad a la serie mensualizada de precipitación media generada a partir de datos interpolados.

4.4.1.3. Temperatura. El valor de temperatura media fue obtenido generando una ecuación regional para temperatura media. Esta ecuación permite establecer valores de temperatura media a partir de datos de altitud. Al igual que con la precipitación, la temperatura media se evaluó el grado de correlación y variabilidad existente entre la altitud de las estaciones consideradas y la temperatura.

A. Resultados del modelo de regional de temperatura. En base a la ecuación regional planteada en el ítem "Temperatura"; se realizaron los cálculos correspondientes a fin de determinar los valores de temperatura que se obtendrían al reemplazar los valores de altitud de las estaciones consideradas.

Figura 39

Ecuación Altitud vs. Temperatura - Subcuenca Junín



Los resultados muestran una tendencia negativa, lo cual refleja el comportamiento natural de la temperatura, dicho de otra manera, se corrobora que conforme se aumente el valor de la altitud (m.s.n.m) el valor de la temperatura disminuirá. La ecuación que se presenta figura 35 representa un modelo o ecuación regional de temperatura, el cual muestra un coeficiente de correlación de 0.93, el cual se considera de alta representatividad. Además, se calculó el porcentaje de error generado por el modelo de regional de temperatura en comparación al modelo regional planteado, encontrando que el porcentaje de error en todas las estaciones fue menor del 30%, por lo que se considera como aceptable.

Tabla 44

Porcentaje de error de la ecuación regional

Estaciones	Periodo	Altitud	T°C Med Real	**T°C – LINEAL** **y = -0.004x + 22.761**	**% Error**
Cerro de Pasco	1998-2017	4260	5.5	5.7	**5%**
Marcapomacocha	1990-2017	4447	5.1	5.0	**-2%**
Junin	2012-2017	4120	6.6	6.3	**-4%**
La Oroya	2005-2017	3910	7.1	7.1	**1%**

En todos los casos analizados el porcentaje de error es menor al 30%, por lo que los datos obtenidos se consideran válidos.

B. Temperatura media en la subcuenca de Junín.

- Isotermas

Al igual que con la precipitación. La temperatura media se calculó a partir de la generación de isolíneas que conecten puntos con iguales valores de temperatura media dentro de la subcuenca, a esta isolínea la llamaremos “Isoterma”.

Tabla 45

Isolíneas de temperatura

Isoterma		Tmed (°C)	Área Parcial (Ha)	A. parcial km2	Ai*pp
	4.8	4.8	1949.34	19.4934	93.56832
4.8	5.1	4.95	9945.67	99.4567	492.310665
5.1	5.4	5.25	48011.29	480.1129	2520.59273
5.4	5.7	5.55	31842.98	318.4298	1767.28539
5.7	6	5.85	29139.31	291.3931	1704.64964
6		6	50847.24	508.4724	3050.8344
		Área total		1717.35	9629.241135

Del cuadro anterior se obtuvo un área parcial comprendida entre dos isotermas. La temperatura media de la subcuenca Junín se obtiene de la relación entre el producto de la media entre las isolíneas y su área parcial respecto al área total.

$$Tm = \frac{A_i \; x \; i}{A_t}$$

Donde:

Tm: Temperatura media (T°C)

Ai: Área parcial

I: Promedio entre isotermas

At: Área total de la subcuenca.

$$Tm = \frac{9629.241135}{1717.35} = 5.6\,°C$$

De esta forma se determinó que la temperatura media de la subcuenca Junín tiene un valor de **5.6 °C** mediante la técnica de Isotermas. Sin embargo, a fin de obtener un valor de temperatura más acertado se comprobó el valor de la temperatura media por rangos de altitud.

- Método aritmético

Este método consta de realizar el cálculo para la determinación de la temperatura media considerando todas las estaciones evaluadas. A diferencia de las isotermas o los rangos de altitud, este método no considera los factores orográficos; sin embargo, los resultados muestran valores semejantes entre un método y otro demostrando así la baja variabilidad que presenta este factor.

$$\boldsymbol{T°C = \frac{5.5 + 5.1 + 6.6 + 7.1}{10}}$$

$$\boldsymbol{T°C = 6.0\ °C}$$

- Rangos de altitud

Para ello, se utilizaron los rangos de altitud establecidos en el ítem 4.2.2.2. obteniendo la siguiente distribución de áreas parciales:

Tabla 46

Temperatura media por rangos de altitud

COTA (msnm)		**Promedio**	**Área Parcial**	**Temperatura generada (modelo regional)**	**°C*km²**
Min	**Máx**	**"hmi"**	**(km²)**		
4123.7	4200	4161.9	780.9	6.1	4763.49
4200.0	4300	4250.0	224.7	5.8	1303.26
4300.0	4400	4350.0	284.2	5.4	1534.68
4400.0	4500	4450.0	272.2	5.0	1361
4500.0	4600	4550.0	129.8	4.6	597.08
4600.0	4700	4650.0	25.3	4.2	106.26
4701	4867	4784.0	2.7	3.6	9.72
	Total		1719.8		**152923.6**

Nota. El valor de área efectiva de la cuenca se presentó variaciones, generadas principalmente por la resolución del Modelo de Elevación Digital (DEM) utilizado. Pese a ello, las variaciones son mínimas por lo que no afecta el cálculo de los resultados obtenidos.

El valor de la temperatura media generada por este método se obtuvo dividiendo el valor del producto de las áreas parciales y el valor de la temperatura de la subcuenca generada a partir del modelo regional de temperatura previamente establecido. Este resultado se dividió por el valor total de la suma de área parciales (área de la subcuenca) para así obtener un valor de 5.62 °C como temperatura media, calculada a partir de los rangos de altitud.

Finalmente, de los resultados de temperatura media obtenido, se realizó la comparación de los resultados de temperatura media obtenidos por cada método a fin de validar y soportar la ecuación del modelo regional de temperatura. En la siguiente tabla se muestran dichos resultados.

Tabla 47

Valor de la Temperatura media en la Subcuenca Junín

Isotermas (°C)	**T media por media aritmética (°C)**	**T media por rangos de altitud (°C)**	**T med media por modelo regional** (T=-0.004 (H) + 22.766)
5.59	6.0	5.62	6.0

De la tabla anterior se verifica que los resultados de temperatura media en todos los casos son bastante similares encontrándose en un rango de 5.59 °C a 6.0 °C.

C. Distribución de la temperatura media de la subcuenca. Al igual que los procedimientos realizados para el cálculo de la precipitación. Se realizó una ecuación regional

de temperatura para cada mes del año hidrológico. Estas ecuaciones toman como base la relación existente entre la temperatura media de cada mes y la altitud.

Tabla 48

Distribución mensual de la temperatura media

Meses	Ecuación regional	Coeficiente de regresión
Ene	y = -0.0038x + 22.258	R^2 = 0.7965
Feb	y = -0.0047x + 26.239	R^2 = 0.867
Mar	y = -0.0047x + 26.591	R^2 = 0.598
Abr	y = -0.003x + 19.096	R^2 = 0.8055
May	y = -0.0015x + 12.198	R^2 = 0.4194
Jun	y = -0.0055x + 28.48	R^2 = 0.9543
Jul	y = -0.0051x + 25.794	R^2 = 0.8839
Ago	y = -0.0056x + 28.803	R^2 = 0.8849
Set	y = -0.0032x + 18.822	R^2 = 0.966
Oct	y = -0.003x + 18.901	R^2 = 0.9032
Nov	y = -0.0036x + 21.527	R^2 = 0.8804
Dic	y = -0.0043x + 24.488	R^2 = 0.8117

D. Generación del registro de temperatura media. Al igual que para la precipitación para generar el registro de temperatura media correspondiente a la Subcuenca Junín, se utilizó el fundamento de la ecuación regional de temperatura media, de tal manera que, al reemplazar el valor de altitud de cada microcuenca, se pueda obtener un valor de temperatura media para cada microcuenca.

Tabla 49

Registros de temperatura media en la Subcuenca Junín

Microcuenca	**Altitud**	Ene	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
Anascanchi	4335	6.9	7.2	7.6	6.9	6.1	6.2	5.1	6.1	5.9	6.8	6.9	7.1	6.6
Antacocha	4378	5.8	5.8	6.2	6.1	5.7	4.6	3.7	4.5	4.9	5.9	5.9	5.8	5.4
Antara Ocupa	4125	6.6	6.9	7.2	6.7	6.0	5.8	4.8	5.7	5.6	6.5	6.7	6.8	6.3
Chacachimpa	4050	6.4	6.6	7.0	6.6	5.9	5.5	4.5	5.5	5.5	6.4	6.5	6.6	6.1
Chuchucancha	4355	5.8	5.9	6.2	6.1	5.7	4.6	3.7	4.5	5.0	5.9	5.9	5.8	5.4
Cuchucancha	4378	6.2	6.4	6.8	6.4	5.9	5.3	4.3	5.2	5.3	6.2	6.3	6.3	5.9
Chuyroc	4285	5.8	5.8	6.2	6.1	5.7	4.6	3.7	4.5	4.9	5.9	5.9	5.8	5.4
De Chapas	4355	6.2	6.4	6.8	6.4	5.9	5.3	4.3	5.2	5.3	6.2	6.3	6.3	5.9
Huascán	4170	6.1	6.2	6.6	6.3	5.8	5.1	4.1	5.0	5.2	6.1	6.2	6.2	5.7
Hualamayo	4285	5.8	5.9	6.3	6.1	5.7	4.7	3.8	4.6	5.0	5.9	6.0	5.9	5.5
Llacsa - Llacsa	4320	6.4	6.6	7.0	6.6	5.9	5.5	4.5	5.5	5.5	6.4	6.5	6.6	6.1
Maraychaca	4050	6.0	6.1	6.5	6.2	5.8	4.9	3.9	4.8	5.1	6.0	6.1	6.1	5.6
Ocshapampa	4255	5.7	5.8	6.1	6.0	5.7	4.5	3.6	4.4	4.9	5.8	5.8	5.8	5.3
Ondores	4220	6.1	6.2	6.6	6.3	5.8	5.1	4.1	5.0	5.2	6.1	6.2	6.2	5.7

Microcuenca	**Altitud**	Ene	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Promedio
Play - Palcamayo	4340	6.0	6.1	6.5	6.2	5.8	4.9	3.9	4.8	5.1	6.0	6.1	6.1	5.6
Quiblan	4220	5.6	5.7	6.0	6.0	5.6	4.4	3.5	4.3	4.8	5.8	5.8	5.7	5.3
Quillamachay	4335	5.7	5.8	6.1	6.0	5.7	4.5	3.6	4.4	4.9	5.8	5.8	5.8	5.3
Racramin	4170	6.9	7.2	7.6	6.9	6.1	6.2	5.1	6.1	5.9	6.8	6.9	7.1	6.6
Santa Catalina	4125	6.6	6.9	7.2	6.7	6.0	5.8	4.8	5.7	5.6	6.5	6.7	6.8	6.3
Upamayo	4255	5.6	5.7	6.0	6.0	5.6	4.4	3.5	4.3	4.8	5.8	5.8	5.7	5.3
Ventanilla	4340	5.8	5.9	6.2	6.1	5.7	4.6	3.7	4.5	5.0	5.9	5.9	5.8	5.4
Yahuarmayo	4320	5.8	5.9	6.3	6.1	5.7	4.7	3.8	4.6	5.0	5.9	6.0	5.9	5.5
PROMEDIO		6.1	6.2	6.6	6.3	5.8	5.1	4.1	5.0	5.2	6.1	6.2	6.2	**5.7**

4.4.1.4. Evapotranspiración. Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó el modelo propuesto por (Scholz, 1980), como parte del Proyecto de la Cooperación técnica de la Republica de Alemania para el Proyecto de mejoramiento de riego en la sierra y selva del Perú.

Dentro de dicho informe se hace referencia al cálculo de la evapotranspiración potencial a través de la modificación del método de cálculo propuesto por Hargreaves, adecuando los valores de radiación promedio a las características del Peru. En ese sentido, se estimó un valor de evapotranspiración para cada microcuenca del área de estudio, por medio de las Ecuaciones 13, 14 y 15.

Esto se logró utilizando el valor de la temperatura media hallado a través de las ecuaciones regionales de temperatura; al reemplazar el valor de la temperatura media en la ecuación de Hargreaves modificada y los datos de radiación ajustados a la altitud media y latitud de cada microcuenca es posible determinar el valor de evapotranspiración potencial. A manera de ejemplo se presenta el cálculo de la evapotranspiración potencial para la microcuenca Chacachimpa:

Tabla 50

Características generales de la microcuenca Chacachimpa

Área de la microcuenca: A	263.6
Radiación extraterrestre (mm agua/año)	**5768.85**
Altitud media de la microcuenca (msnm)	4278
Pendiente media de la microcuenca	1.45
Precipitación media de la microcuenca: P	865.356749
EVTP total anual: EVTP	1268.728845
Temperatura media anual: T	6.6

Se inicia calculando el coeficiente de corrección por elevación

$$FA = 1 + 0.06 * AL$$

$$FA = 1 + 0.06 * \left(\frac{4278}{1000}\right) = 1.25668$$

Para el cálculo de la radiación solar media fue necesario realizar la extrapolación de los datos de radiación solar comprendidos en el rango de latitudes de la microcuenca de análisis:

Tabla 51

Valores de radiación solar extraterrestre para la subcuenca Chacachimpa

Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Rad Anual (mm H2O/año)
12	16.55	16.32	15.41	13.98	12.45	11.62	11.98	13.17	14.65	15.83	16.35	16.49	
11.2	14.53	15.79	16.47	16.74	16.17	15.97	16.12	16.46	16.56	16.04	14.65	14.15	5768.85
10	16.36	16.27	15.51	14.24	12.8	12.03	12.37	13.48	14.83	15.85	16.19	16.27	

Nota. Los valores obtenidos para las latitudes de 12 y 10 grados corresponden a valores estandarizados para el hemisferio sur. Tomado de "Guía de Hidrología", Gallo y Gomez, 2022.

Con el valor de la radiación anual podemos aplicar la ecuación modificada de Hargreaves, simplificándola de esta manera:

$$RA = 0.075 * 5768.85 * (50)^{0.5} = 3059.39\ mm\ H2O$$

Finalmente se integraron todas las ecuaciones se calcula la evapotranspiración potencial para la microcuenca Chacachimpa.

$$ETP = 0.0075 * 3059.39 * (1.8 * 6.6 + 32) * 1.25668 = \mathbf{1268.7\ mm}$$

Se verifica que el valor de la evapotranspiración para la subcuenca Chacachimpa se traduce en 1268.7 mm.

Tabla 52

Evapotranspiración potencial por microcuenca

Microcuenca	Temperatura media (°C)	Radiación solar media (anual)	Coeficiente de corrección por elevación (m)	Evapotranspiración potencial (mm)
Anascanchi	6.6	5762.89	1.2601	1205.0
Antacocha	5.4	5764.597083	1.26268	1200.2
Antara Ocupa	6.3	5761.40333	1.2475	1251.5
Chacachimpa	6.1	5768.8	1.243	1268.7
Chuchucancha	5.4	5765.235833	1.2613	1200.3
Cuchucancha	5.9	5764.384167	1.26268	1200.1
Chuyroc	5.4	5762.89375	1.2571	1215.4
De Chapas	5.9	5763.745417	1.2613	1200.0
Huascán	5.7	5760.33875	1.2502	1240.2
Hualamayo	5.5	5766.300417	1.2571	1217.5
Llacsa - Llacsa	6.1	5765.44875	1.2592	1210.1
Maraychaca	5.6	5762.467917	1.243	1265.6
Ocshapampa	5.3	5759.487083	1.2553	1222.3
Ondores	5.7	5765.661667	1.2532	1230.9
Play - Palcamayo	5.6	5761.403333	1.2604	1205.1
Quiblan	5.3	5763.745417	1.2532	1230.5
Quillamachay	5.3	5766.513333	1.2601	1207.2
Racramin	6.6	5765.44875	1.2502	1241.3
Santa Catalina	6.3	5766.72625	1.2475	1250.9
Upamayo	5.3	5764.384167	1.2553	1223.4
Ventanilla	5.4	5767.577917	1.2604	1206.3
Yahuarmayo	6.6	5759.912917	1.2592	1208.9

A. Regionalización de datos de evapotranspiración. Al igual que para el análisis de precipitación y temperatura, fue necesario establecer un modelo estadístico que permita describir el comportamiento de la evapotranspiración en cualquier punto dentro del área de estudio. Dicho de otra manera, se generó una ecuación regional para evapotranspiración a fin de obtener un modelo matemático que, de manera conservadora, pueda otorgar un valor de evapotranspiración según el cambio de altitud. Para tal efecto, se utilizaron los datos de precipitación y temperatura media determinados para cada estación consideradas para este estudio.

Es necesario considerar que la estimación de la evapotranspiración media fue realizada para cada una de las estaciones y métodos de estimación considerados en esta investigación, del desarrollo de cada ecuación se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 53

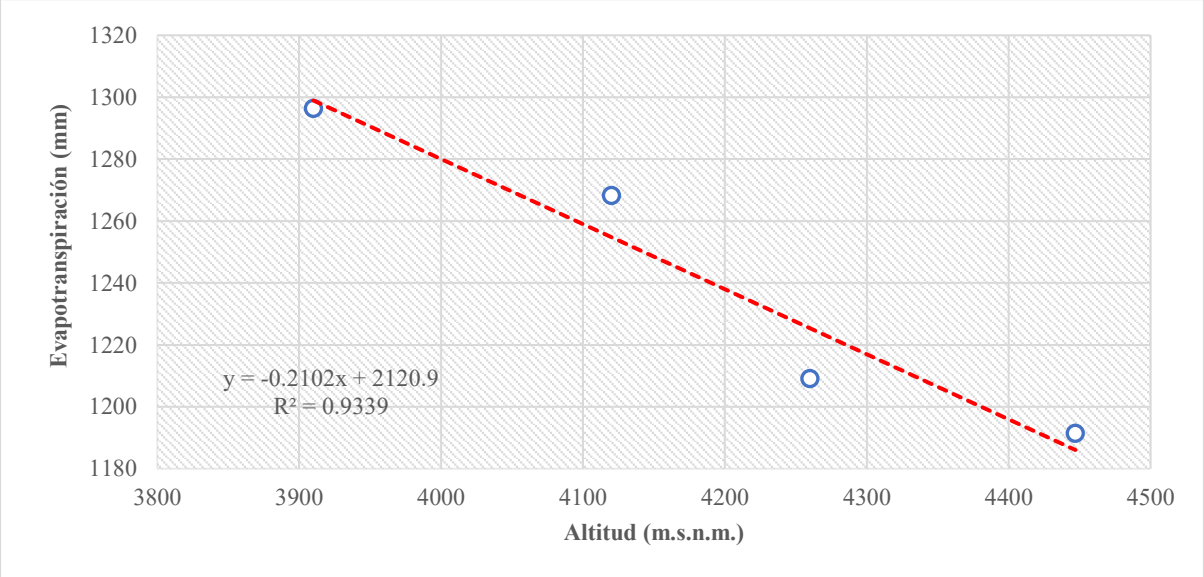
Valores promedio de evapotranspiración por estación

Estaciones	Altitud (msnm.)	Latitud	Tmed (°C)	EVTP (mm)
Cerro de Pasco	4260	-10.69	5.5	1209.1
Marcapomacocha	4447	-11.40	5.1	1191.4
Junín	4120	-11.14	6.6	1268.3
La Oroya	3910	-11.57	7.1	1296.4

De esta manera se procedió a calcular los valores promedios de evapotranspiración para cada estación y se relacionó con el valor de altitud correspondiente a sus respectivas estaciones meteorológicas; del resultado de la gráfica se obtienen un comportamiento “normal” de la evapotranspiración, ya que se muestra que este valor disminuye conforme aumenta la altitud. Estas variaciones de evapotranspiración responden a una ecuación regional de carácter lineal con un coeficiente de correlación de (R) igual a 0.93.

Gráfico 1

Relación altitud - evapotranspiración



A fin de verificar la funcionalidad de la ecuación regional de evapotranspiración se calculó el margen de error con la cual este modelo estadístico generará datos de evapotranspiración para cualquier punto altitudinal. Es importante señalar que los valores calculados a lo largo de la descripción de procedimientos son de carácter conservador, es decir, presentan cierto margen de error, el cual en ningún caso ha superado el 30% por lo que brinda mayor confiabilidad sobre la información generada, procesada y bajo el análisis de consistencia.

Tabla 54

Cálculo de error generado para valores de evapotranspiración

Estaciones	Altitud	EVTP. Prom	EVTP Gen.	Error
Cerro de Pasco	4260	1209.1	1225.4	-1%
Marcapomacocha	4447	1191.4	1186.1	0%
Junín	4120	1268.3	1254.9	1%

Estaciones	Altitud	EVTP. Prom	EVTP Gen.	Error
La Oroya	3910	1296.4	1299.0	0%

- Isolíneas de evapotranspiración

Se dibujaron isolíneas de evapotranspiración a fin de obtener una representación espacial de los puntos que presenten los mismos valores de evapotranspiración dentro de la subcuenca Junín. La gráfica de estas isolíneas se basó en la ecuación regional de evapotranspiración

$$\mathrm{EVTP} = -0.2102(\mathrm{H}) + 2120.9$$

Donde:

H: altitud

EVTP: Evapotranspiración potencial

4.4.2. Cálculo de caudales medios en la Subcuenca Junín

Para determinar las descargas medias mensuales de las unidades hidrográficas, se utilizará el modelo de generación de caudales, propuesto por la Misión Técnica Alemana en 1980 para el Ex-Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones (Ministerio de Agricultura).

Este modelo combina el balance hidrológico con un proceso markoviano de primer orden, generando a partir del mes de enero, y en forma continua con los siguientes meses del primer año, hasta llegar al último año de generación de acuerdo al número de años con registros de precipitación total mensual.

Los principales elementos que intervienen en el modelo son los siguientes:

- Área de la unidad hidrográfica en km2

- Precipitación total mensual
- Coeficiente de escurrimiento medio
- Retención de la unidad hidrográfica (R)

Dado que se han identificado que dentro del área de estudio se comporta como una subcuenca endorreica, se asume que todas las 22 microcuencas delimitadas son tributarios al la Chinchaycocha, por tal motivo. Para determinar el aporte o caudal medio del área de estudio, fue necesario determinar la serie sintética mensualizada de caudales para cada uno de ella, de tal forma que la suma de todos los caudales de un mismo mes de todas las microcuencas será el aporte neto de caudal de toda la subcuenca.

Dado que el modelo utiliza una serie de cálculos y formulas extensas, se presenta los resultados obtenidos para la subcuenca Chacachimpa, los valores modelados para cada microcuenca se presentan en el anexo D.

4.4.2.1. Coeficiente de escurrimiento. El coeficiente de escurrimiento es la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente, (ambas expresadas en mm). Para el caso de estudio se utilizará la siguiente ecuación propuesta por (Scholz, 1980), que ha sido ajustada para la región de Junin, considerando sus características hidro climáticas.

$$\mathrm{C} = 783 * \mathrm{P}^{0.345} * EP^{-1.438}$$

Los datos de precipitación se obtuvieron de la interpolación de datos por el método Kriging ajustados al área de cada microcuenca, por tal motivo se tienen los valores de precipitación mensualizada para cada microcuenca.

Para el caso de la microcuenca Chacachimpa, el valor de la precipitación media fue estimado en 862.9 mm y la evapotranspiración anual en 1268.7 mm. Por lo tanto, el coeficiente de escurrimiento obtenido queda parametrizado de la siguiente manera:

$$\mathrm{C} = 783 * 862.9^{0.345} * 1268.7^{-1.438} = 0.28185607$$

Tabla 55

Valores del coeficiente de escurrimiento para las 22 microcuencas de estudio

Microcuenca	Temperatura media (°C)	Altitud (msnm)	PP (mm/año)	Radiación solar media (anual)	EVTP (mm)	Coeficiente de Escurrimiento (C)
Anascanchi	6.6	4335	702.4	5762.89	1205.0	0.264582518
Antacocha	5.4	4378	745.8	5764.597083	1200.2	0.271114695
Antara Ocupa	6.3	4125	767.9	5761.40333	1251.5	0.25878555
Chacachimpa	6.1	4050	862.9	5768.8	1268.7	0.262267421
Chuchucancha	5.4	4355	867.4	5765.235833	1200.3	0.2879994
Cuchucancha	5.9	4378	887.7	5764.384167	1200.1	0.291184024
Chuyroc	5.4	4285	711.1	5762.89375	1215.4	0.262768437
De Chapas	5.9	4355	714.4	5763.745417	1200.0	0.267464405
Huascán	5.7	4170	816.4	5760.33875	1240.2	0.26751376
Hualamayo	5.5	4285	855.3	5766.300417	1217.5	0.279732713
Llacsa - Llacsa	6.1	4320	835.6	5765.44875	1210.1	0.27973373
Maraychaca	5.6	4050	845.6	5762.467917	1265.6	0.263151666
Ocshapampa	5.3	4255	947.9	5759.487083	1222.3	0.286215716
Ondores	5.7	4220	844.8	5765.661667	1230.9	0.274842339
Palay - Palcamayo	5.6	4340	746.4	5761.403333	1205.1	0.270122881
Quiblan	5.3	4220	681.9	5763.745417	1230.5	0.254378228
Quillamachay	5.3	4335	847.2	5766.513333	1207.2	0.28185607
Racramin	6.6	4170	785.1	5765.44875	1241.3	0.262596249
Santa Catalina	6.3	4125	837.5	5766.72625	1250.9	0.265345159
Upamayo	5.3	4255	721.8	5764.384167	1223.4	0.261121947
Ventanilla	5.4	4340	785.1	5767.577917	1206.3	0.612497688
Yahuarmayo	6.6	4320	771.9	5759.912917	1208.9	0.272766447

4.4.2.2. Cálculo de la precipitación efectiva. La precipitación efectiva se entiendo como la fracción de agua capaz de generar escorrentía. Este parámetro está condicionado a ciertos umbrales de precipitación que se plotean para ajustar los valores de precipitación media generados anteriormente. Para el caso de la microcuenca Chacachimpa se están seleccionando las combinaciones de curvas II y III, que son las que se ajustan mejor a las condiciones de precipitación de dicha microcuenca.

Tabla 56

Precipitación efectiva microcuenca Chacachimpa

Mes	N° días	Precipitación mensual			
		PP total			
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes
Enero	30	117.9	36.12	57.71	**35.2152719**
Febrero	28	129.1	44.94	69.41	**43.9186378**
Marzo	31	118.1	36.28	57.94	**35.3727702**
Abril	30	62.7	8.72	15.29	**8.44015295**
Mayo	31	34.0	3.53	6.87	**3.38572126**
Junio	30	13.6	1.50	3.10	**1.43635361**
Julio	31	15.7	1.70	3.50	**1.62749829**
Agosto	31	17.5	1.87	3.84	**1.79050722**
Septiembre	30	46.6	5.28	9.78	**5.09203861**
Octubre	31	78.4	13.83	23.49	**13.4259563**
Noviembre	30	82.2	15.38	25.97	**14.9396529**
Diciembre	31	149.7	63.39	89.95	**62.277789**
Valores anuales		**865.2**	**232.5**	**366.8**	**226.9**
Coef. Escurrimiento (C)		0.262267421	1.04187387	-0.04187387	1

4.4.2.3. Retención de la cuenca. La retención fue estimada mediante el cálculo de áreas de posibles acuiferos y zonas ocupadas por lagunas o espejos de agua. Se ha descartado la influencia de nevados, ya que en el área de estudio no se identificaron zonas glaciares. La retención de la cuenca se ha expresado como el volumen total de agua acumulada entre el área total de la microcuenca.

$$ET = \frac{0 * (-7.5 * 1.45 + 315) + 500 * (0.735571 + 0)}{263.6} = 1.40\ mm/año$$

Al no identificarse acuiferos el primer factor se traduce en cero (0), mientras que el segundo factor se multiplica por 500 el área de las lagunas correspondientes a esta microcuenca.

Tabla 57

Valores de retención para las 22 microcuencas del área de estudio

Microcuenca	Área de la cuenca (km)	Área del acuífero (km)	Pendiente media de la cuenca (m/m)	Área del espejo de agua (km)	Retención (mm/año)
Anascanchi	37.1	2.17	3.56	1.33	34.79
Antacocha	32.01	0.60	4.21	1.77	32.96
Antara Ocupa	25.83	4.96	2.53	0.00	56.84
Chacachimpa	263.6	0.00	1.45	0.73	1.40
Chuchucancha	31.23	0.14	5.75	0.00	3.32
Cuchucancha	33.31	0.00	3.82	0.00	0.00
Chuyroc	4.53	0.05	10.56	0.00	2.60
De Chapas	31.45	2.20	4.84	0.66	30.08
Huascán	137.99	0.00	1.91	1.11	14.94
Hualamayo	4.53	5.00	4.95	0.00	0.00
Llacsa - Llacsa	143.79	0.00	5.70	0.00	0.00
Maraychaca	5.19	1.00	0.91	0.00	59.38
Ocshapampa	98.48	3.00	1.80	1.3	15.87

Microcuenca	Área de la cuenca (km)	Área del acuífero (km)	Pendiente media de la cuenca (m/m)	Área del espejo de agua (km)	Retención (mm/año)
Ondores	9.5	0.20	7.82	0.00	9.66
Palay - Palcamayo	164.36	1.00	2.39	4.50	15.63
Quiblan	9.5	0.00	6.24	0.00	0.00
Quillamachay	37.1	0.00	4.58	0.00	0.00
Racramin	137.99	0.00	3.78	2.84	30.19
Santa Catalina	25.83	2.00	2.93	0.97	9.40
Upamayo	98.48	0.70	9.08	0.00	37.41
Ventanilla	164.36	2.00	3.58	0.00	15.31
Yahuarmayo	143.79	2.00	1.63	3.04	14.79

Nota. Los valores de área del acuífero se tomaron de "Evaluación de los recursos hídricos superficiales de la cuenca hidrográfica del lago Chinchaycocha, aplicando el modelo determinístico – estocástico Lutz Scholtz", por Laura, 2021.

4.4.2.4. Coeficiente de agotamiento. Se obtiene a partir de las ecuaciones obtenidas en el modelo, en función del área y características de la zona. Según lo señalado por Scholz (1980), para cuencas altoandinas el agotamiento dependerá de las temperaturas medias. Para el caso de estudio, corresponde un agotamiento entre muy rápido y rápido, por lo que el cálculo para la microcuenca Chacachimpa se obtiene de la siguiente manera:

$$a = -0.00252 \text{ Ln } (263.6) + 0.030 = 0.019952429$$

Tabla 58

Cálculo del agotamiento en base a la retención de cada microcuenca analizada

Microcuenca	Retención (mm/año)	Coeficiente de agotamiento (a)	Descripción
Anascanchi	34.79	0.020893685	Agotamiento muy rápido
Antacocha	32.96	0.021265558	Agotamiento muy rápido
Antara Ocupa	56.84	0.021806128	Agotamiento rápido
Chacachimpa	1.40	0.019952429	Agotamiento muy rápido
Chuchucancha	3.32	0.023851868	Agotamiento muy rápido
Cuchucancha	0.00	0.022671857	Agotamiento muy rápido
Chuyroc	2.60	0.026192981	Agotamiento muy rápido
De Chapas	30.08	0.021310035	Agotamiento muy rápido
Huascán	14.94	0.017583503	Agotamiento muy rápido
Hualamayo	0.00	0.023645264	Agotamiento muy rápido
Llacsa - Llacsa	0.00	0.022618773	Agotamiento muy rápido
Maraychaca	59.38	0.025850231	Agotamiento rápido
Ocshapampa	15.87	0.018433569	Agotamiento muy rápido
Ondores	9.66	0.025792629	Agotamiento muy rápido
Palay - Palcamayo	15.63	0.017142811	Agotamiento muy rápido
Quiblan	0.00	0.024326745	Agotamiento muy rápido
Quillamachay	0.00	0.024225359	Agotamiento muy rápido
Racramin	30.19	0.020291737	Agotamiento muy rápido
Santa Catalina	9.40	0.018066549	Agotamiento muy rápido
Upamayo	37.41	0.026143405	Agotamiento muy rápido
Ventanilla	15.31	0.020856601	Agotamiento muy rápido
Yahuarmayo	14.79	0.017479748	Agotamiento muy rápido

4.4.2.5. Abastecimiento de la retención. El abastecimiento dependerá del comportamiento del año hidrológico. Para efectos de esta investigación se está considerando los valores propuestos por (Scholz, 1980), para la región de Junin, estos valores reflejan valores de porcentaje de recarga en los meses en donde inicia la temporada de lluvias en las regiones altoandinas del Perú.

Tabla 59

Porcentaje de recarga mensual para la región Junin

Región	Meses						
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Junín	10	0	25	30	30	5	100

4.4.2.6. Serie sintetizada de caudales medios. La obtención de la serie sintética de caudales se obtiene a partir de un proceso estocástico que otorga un amplio espectro de posibles series de caudales hidrológicos, los cuales tienen una probabilidad de ocurrencia en el futuro. En el caso de estudio, la serie sintética se obtuvo a partir de del calculo de la precipitación efectiva la cual por medio de la variabilidad entre el gasto y abastecimiento del agua dio como resultado una serie de caudales mensualizados para una región en donde la información hidrométrica es ciertamente escasa.

En la siguiente tabla se muestra el valor de los caudales mensuales generados para la microcuenca Chacachimpa.

Tabla 60

Serie de caudales generados para la microcuenca Chacachimpa

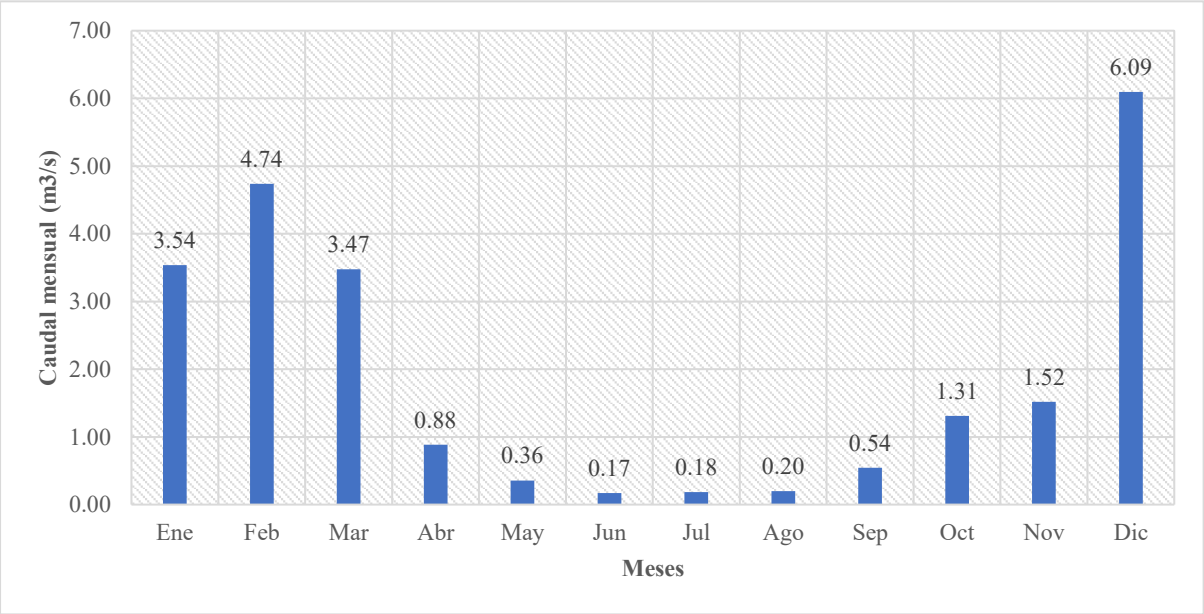
Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados	
		PP total	PE II	PEIII	PE	Gasto		Abastecimiento		Cmi	Qi
	mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai mm/mes	mm/mes	m3/mes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ene	30	117.9	36.12	57.71	35.2		0	0.3	0.4	34.8	**3.54**
Feb	28	129.1	44.94	69.41	43.9		0	0.3	0.4	43.5	**4.74**
Mar	31	118.1	36.28	57.94	35.3		0	0.05	0.1	35.3	**3.47**
Abr	30	62.7	8.72	15.29	8.4	0.55	0.23		0.0	8.7	**0.88**
May	31	34.0	3.53	6.87	3.3	0.54	0.23		0.0	3.6	**0.36**
Jun	30	13.6	1.50	3.10	1.4	0.55	0.23		0.0	1.7	**0.17**
Jul	31	15.7	1.70	3.50	1.6	0.54	0.23		0.0	1.9	**0.18**
Ago	31	17.5	1.87	3.84	1.7	0.54	0.23		0.0	2.0	**0.20**
Sep	30	46.6	5.28	9.78	5.0	0.55	0.23		0.0	5.3	**0.54**
Oct	31	78.4	13.83	23.49	13.4		0	0.1	0.1	13.3	**1.31**
Nov	30	82.2	15.38	25.97	14.9		0	0	0.0	14.9	**1.52**
Dic	31	149.7	63.39	89.95	62.2		0	0.25	0.3	61.9	**6.09**

Se verifica que para el caso de la subcuenca Chacachimpa se obtiene un caudal medio anual promedio anual de 1.92 m^3/s, es decir que la dotación promedio hacia la Laguna Chinchaycocha se dará a razón del valor mencionado líneas arriba.

Las series mensualizadas generadas para cada microcuenca se presenta en el Anexo D.

Figura 40

Serie sintética mensualizada de caudales para la microcuenca Chacachimpa



4.4.2.7. Generación de números aleatorios para el modelo estocástico. El modelo estocástico requiere variables de los coeficientes de regresión múltiple que se obtienen al relacionar los datos generados de caudal con los de la precipitación efectiva. Para el caso de la microcuenca Chacachimpa, los coeficientes para el modelo estocastico se obtienen de la siguiente manera:

Tabla 61

Inputs para generar los coeficientes para el modelo estocastico

Caudal generado (Qt)	Caudal del mes anterior (Qt-1)	Precipitación efectiva (PE)
34.8	61.9	35.2152719
43.5	14.9	43.9186378
35.3	13.3	35.3727702
8.7	5.3	8.44015295
3.6	2.0	3.38572126
1.7	1.9	1.43635361

Caudal generado (Qt)	Caudal del mes anterior (Qt-1)	Precipitación efectiva (PE)
1.9	1.7	1.62749829
2.0	3.6	1.79050722
5.3	8.7	5.09203861
13.3	35.3	13.4259563
14.9	43.5	14.9396529
61.9	34.8	62.277789

Al aplicar la regresión multivariable se obtiene lo siguiente:

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.99998941
Coeficiente de determinación R^2	0.99997883
R^2 ajustado	0.99997412
Error típico	0.10196849
Observaciones	12

Análisis de varianza

	Grados de libertad	*Suma de cuadrados*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Valor crítico de F*
Regresión	2	4420.0838	2210.041899	212553.639	9.2429E-22
Residuos	9	0.09357815	0.010397573		
Total	11	4420.17738			

Coeficientes de regresión

	Coeficientes	*Error típico*	*Estadístico t*	*Prob*	*Inferior 95%*	*Superior 95%*	*Inferior 95.0%*	*Superior 95.0%*
Intercepción	**0.270786**	0.044115	6.1380710	0.000171	0.170989	0.3705835	0.1709893	0.370583
Variable X 1	**-0.005076**	0.001821	-2.786611	0.021170	-0.00919	-0.000955	-0.009198	-0.000955
Variable X 2	**0.990757**	0.00180015	550.3750444	1.0987E-21	0.9866850	0.99482951	0.98668507	0.9948295 1

Con los datos de los coeficientes de regresión calculados, se utilizarán los valores de la intercepción y las variables X1, X2, el coeficiente de correlación múltiple y el error típico. Todos estos valores de reemplazarán en la siguiente ecuación:

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

Donde:

B1 = 0.27078644

B2 = -0.00507689

B3 = 0.99075729

R^2 ajustado = 0.99997412

S = 0.10196849

Al reemplazar estos coeficientes generados a través de la regresión múltiple en la ecuación del modelo estocástico Markoviano, se obtiene una expresión que queda configurada de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Q_t = 0.27078644 - 0.00507689(Q_{t-1}) + 0.99075729 * PE_t + z * (0.10196849)\sqrt{1 - 0.99997412^2}}$$

La ecuación señalada líneas arriba será la ecuación con la que se podrán realizar los cálculos de la serie sintética de caudales para el periodo de análisis (1990 – 2024). Es importante señalar que el parámetro "z", fue generado a partir de números aleatorios que se generaron en Excel asumiendo una media igual a cero (0) y una desviación estándar igual a la unidad. Los números aleatorios generados, se muestran a continuación:

Tabla 62

Números aleatorios para la microcuenca Chacachimpa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1990	-1.26	-0.20	-3.28	0.80	0.83	0.90	-0.99	-0.54	-1.41	-0.28	0.46	-0.68
1991	-0.42	-0.18	2.22	2.02	0.08	1.16	-0.34	-1.66	-0.62	-0.85	-1.40	0.36
1992	0.42	1.02	-1.50	0.38	0.22	-0.74	0.08	-1.34	0.81	-0.47	-0.83	0.25
1993	0.00	1.15	-1.13	0.37	-0.43	-0.58	0.54	-0.02	-0.79	0.49	-2.04	0.26
1994	-0.54	-0.03	0.47	-0.97	-1.15	0.31	-0.77	0.25	-0.25	0.22	-0.14	-0.40
1995	0.22	-1.33	-0.20	0.37	-0.07	-0.70	0.33	1.78	-0.45	-0.07	-0.18	0.11

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1996	1.32	0.18	0.79	-1.44	0.74	-0.04	-0.92	1.15	-0.29	2.36	0.10	-0.16
1997	-0.60	0.86	1.09	-0.98	-0.66	0.17	-1.37	-0.25	0.26	-2.19	0.28	-0.03
1998	0.40	-1.07	-0.30	0.10	1.58	0.39	-1.03	-0.71	-0.65	0.34	-2.89	0.64
1999	-0.45	-0.03	-0.21	0.34	-0.31	-0.73	-1.26	1.41	-1.01	-0.55	0.56	0.98
2000	-0.24	-0.47	-0.28	0.24	-1.28	1.21	-0.66	0.09	0.16	-0.36	-0.50	1.38
2001	0.82	-0.44	0.73	0.28	-1.51	-0.99	-0.18	0.31	0.11	0.84	0.08	-1.30
2002	0.53	-0.91	-0.49	0.53	0.92	0.13	-0.52	-1.64	-0.16	-1.36	-0.54	-0.29
2003	-0.47	-1.03	-0.06	0.71	0.49	-1.05	-1.93	0.36	-1.01	0.06	-1.08	-0.51
2004	0.71	0.16	1.05	-0.32	0.97	1.57	0.80	-0.16	0.32	0.33	0.57	-1.75
2005	-1.71	1.40	-0.34	1.03	-0.60	-1.92	0.38	1.38	-1.35	0.31	0.44	0.15
2006	-2.47	0.08	-0.23	1.69	-0.30	-1.86	0.50	0.28	-1.01	0.95	-0.45	-1.60
2007	-0.80	0.57	1.26	0.09	1.86	1.05	-1.25	0.76	-0.38	-1.40	-2.35	0.72
2008	0.22	1.01	0.31	0.02	-0.49	0.49	0.06	1.47	0.15	0.52	-1.41	0.57
2009	-0.62	0.50	-0.57	-0.31	0.30	-0.77	0.06	0.40	-0.93	-1.86	-0.13	-0.95
2010	-0.08	1.54	-0.85	0.18	-0.65	-0.71	-1.77	1.40	-0.47	-1.63	-2.19	0.20
2011	-1.06	0.04	-0.94	-0.64	-0.72	0.64	1.48	1.70	-0.61	-1.46	-0.42	-1.92
2012	-0.70	0.24	1.17	0.40	0.91	-0.79	1.20	0.71	-0.31	-1.56	0.17	0.68
2013	-0.82	0.53	1.27	-1.10	-1.61	1.94	1.59	0.29	-1.60	-0.52	-0.84	-0.71
2014	-0.36	-0.46	1.38	-0.10	-0.01	-0.19	-0.35	2.31	0.47	0.25	-0.61	1.04
2015	1.56	2.48	1.79	0.79	-2.24	0.75	1.25	1.27	1.23	0.31	-0.81	1.50
2016	-1.11	0.18	-0.56	-0.92	-0.87	2.39	0.35	-0.47	0.69	0.89	0.62	0.06
2017	1.59	0.15	-1.90	-0.07	-1.48	1.60	0.24	-0.56	-0.03	-0.43	-0.84	-0.12
2018	0.22	-0.89	1.08	-0.43	0.36	2.46	-2.00	0.65	-0.03	-1.62	-0.18	1.02
2019	0.50	-1.22	-0.06	-0.69	0.61	0.75	0.09	1.29	2.35	-0.87	0.82	-0.23
2020	-0.31	0.22	-0.75	-0.81	-1.52	-1.58	1.25	-0.17	0.70	0.29	1.77	0.39
2021	0.65	-1.13	-0.46	1.40	0.53	-2.51	-0.32	-1.74	1.15	0.21	0.86	-1.58
2022	-0.01	-1.06	1.00	-0.95	1.17	-0.20	-0.04	-0.40	0.11	-0.55	-0.59	0.43
2023	1.52	0.45	-0.22	0.36	-0.79	-1.10	-0.37	-0.47	1.03	0.12	1.05	0.32
2024	0.14	-2.28	0.36	0.71	0.70	-1.19	-0.41	-0.57	-0.52	0.50	-0.27	1.71

Los números aleatorios generados fueron multiplicados por el valor de la relación resultante entre la precipitación media y la precipitación efectiva de la microcuenca analizada.

Por ejemplo: Para la microceucna Chacachimpa el valor de dicha relación se obtiene al dividir el valore de Precipitación efectiva = 35.21 mm/mes entre Precipitación total = 117.9 mm/mes, obteniendo como resultado un valor de 0.30, el cual fue multiplicado con el valor del número aleatoria a fin de generar un valor aleatorio representativo basado en las relaciones de precipitación generadas para la microcuenca de análisis, dicho valor será el parámetro "z" que terminará de componer la ecuación del modelo markoviano.

Al reemplazar la ecuación del modelo markoviano, se obtuvo finalmente la serie de caudales sintética para la mircocuenca Chacachimpa.

Tabla 63

Serie sintética de caudales de la microcuenca Chacachimpa

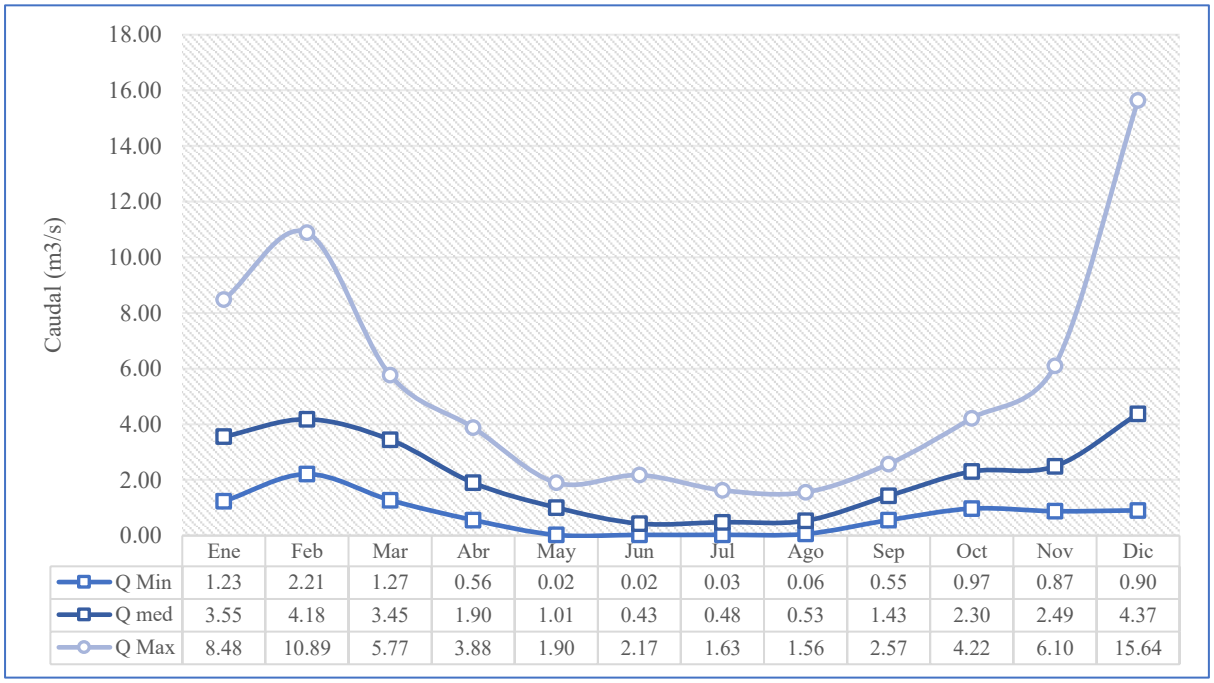
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1990	5.04	3.43	1.80	1.55	1.60	2.17	0.07	0.31	2.35	4.22	2.28	3.45	2.36
1991	1.23	2.22	2.95	1.34	1.45	0.55	0.11	0.06	1.73	1.55	2.83	2.07	1.51
1992	1.46	3.42	1.90	1.32	0.02	1.09	0.44	0.74	0.73	2.34	2.02	2.22	1.48
1993	5.64	6.28	3.57	3.13	1.05	0.05	0.98	0.09	2.41	1.79	6.10	3.17	2.86
1994	5.44	5.10	3.47	2.25	0.85	0.03	0.09	0.11	1.47	2.07	1.46	3.20	2.13
1995	2.60	3.60	5.77	1.27	0.75	0.10	0.38	0.13	0.86	1.65	2.81	2.07	1.83
1996	4.21	2.39	3.06	3.88	1.00	0.02	0.04	0.53	1.18	2.22	2.47	2.79	1.98
1997	2.95	4.41	2.65	1.84	0.48	0.14	0.13	1.56	2.00	2.36	2.79	2.47	1.98
1998	4.37	5.36	3.29	2.03	0.27	0.22	0.03	0.32	1.06	3.72	1.68	1.87	2.02
1999	3.69	4.12	3.20	2.04	0.89	0.68	0.40	0.18	2.57	1.44	2.44	2.86	2.04
2000	3.92	3.76	4.54	1.12	0.86	0.44	0.94	0.82	0.58	2.29	1.93	3.38	2.05
2001	5.42	3.82	3.50	1.21	1.60	0.19	1.10	0.43	1.42	2.34	3.17	2.89	2.26
2002	1.25	5.45	4.28	1.58	0.79	0.17	1.09	0.89	1.35	2.86	2.28	3.68	2.14
2003	2.86	3.79	4.57	2.30	0.89	0.13	0.34	1.35	1.62	0.97	1.98	4.59	2.12
2004	1.51	3.53	1.56	1.43	0.76	1.11	0.93	0.55	2.39	2.77	3.22	4.14	1.99
2005	2.39	3.24	5.07	0.98	1.10	0.05	0.09	0.52	2.07	2.18	2.13	2.79	1.88
2006	2.62	2.83	2.92	0.92	0.58	0.59	0.13	0.40	1.02	3.06	2.43	3.47	1.75
2007	3.11	3.38	2.99	1.90	0.67	0.03	0.40	0.27	1.33	2.09	1.57	1.88	1.64

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2008	2.75	3.51	1.27	0.56	0.66	0.26	0.32	0.29	1.15	2.52	1.47	1.45	1.35
2009	3.56	2.76	3.68	1.70	1.10	1.18	1.30	1.48	0.93	3.70	4.10	15.64	3.43
2010	8.48	7.14	4.39	2.42	1.90	0.09	0.55	0.12	1.98	2.55	3.63	13.42	3.89
2011	6.37	10.89	5.48	2.76	1.23	0.06	0.47	0.65	1.59	3.75	3.47	13.66	4.20
2012	4.00	4.34	2.41	3.62	0.78	0.98	0.27	0.13	1.06	1.83	3.04	10.28	2.73
2013	3.85	5.02	4.34	2.33	1.48	1.00	0.61	0.94	1.30	3.54	2.30	3.76	2.54
2014	4.34	5.28	3.68	1.41	1.77	0.25	0.64	0.56	1.38	1.64	1.80	4.34	2.26
2015	3.62	3.37	2.76	1.32	1.58	0.50	0.21	0.60	0.55	1.92	2.44	3.33	1.85
2016	1.86	4.40	2.61	2.03	0.89	0.11	0.54	0.69	1.14	2.69	1.71	3.37	1.84
2017	3.78	4.10	4.13	2.65	1.32	0.29	0.09	0.23	1.48	1.64	1.98	4.67	2.20
2018	3.44	3.08	3.99	1.78	0.63	0.50	0.66	0.71	1.45	2.63	1.87	0.91	1.80
2019	2.81	4.57	4.48	2.23	0.77	0.69	0.67	0.38	1.13	2.27	3.04	8.16	2.60
2020	2.96	5.12	1.47	1.53	0.93	0.14	1.63	0.30	1.20	1.16	0.87	4.34	1.80
2021	3.64	2.21	2.70	2.49	0.75	0.74	0.20	0.73	1.14	1.51	3.70	1.92	1.81
2022	3.60	3.66	5.35	2.27	1.45	0.19	0.55	0.51	1.25	1.47	1.28	3.73	2.11
2023	2.38	3.03	3.40	0.79	1.39	0.15	0.20	0.47	1.67	1.44	2.72	3.83	1.79
2024	3.22	3.64	3.44	2.36	0.99	0.17	0.23	0.62	1.39	2.40	2.14	3.31	1.99
Media	3.55	4.18	3.45	1.90	1.01	0.43	0.48	0.53	1.43	2.30	2.49	4.37	2.18
Q Min	1.23	2.21	1.27	0.56	0.02	0.02	0.03	0.06	0.55	0.97	0.87	0.91	1.35
Q Max	8.48	10.89	5.77	3.88	1.90	2.17	1.63	1.56	2.57	4.22	6.10	15.64	4.20

En la siguiente figura se presenta la representación gráfica del comportamiento de los caudales generados para la microcuenca Chacachimpa.

Figura 41

Caudales mensuales generados (m³/s) para la microcuenca Chacachimpa.



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q Min	1.23	2.21	1.27	0.56	0.02	0.02	0.03	0.06	0.55	0.97	0.87	0.90
Q med	3.55	4.18	3.45	1.90	1.01	0.43	0.48	0.53	1.43	2.30	2.49	4.37
Q Max	8.48	10.89	5.77	3.88	1.90	2.17	1.63	1.56	2.57	4.22	6.10	15.64

Habiendo generado la serie sintética de caudales por medio del modelo Lutz Scholz y la generación de la ecuación Markoviana, se replicó el mismo procedimiento para las 21 microcuencas restantes, en donde cada una de ellas se les generó una ecuación Markoviana a partir de modelos de regresión lineal y el uso de números aleatorios.

Los coeficientes utilizados para la generación de la serie sintética de caudales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 64

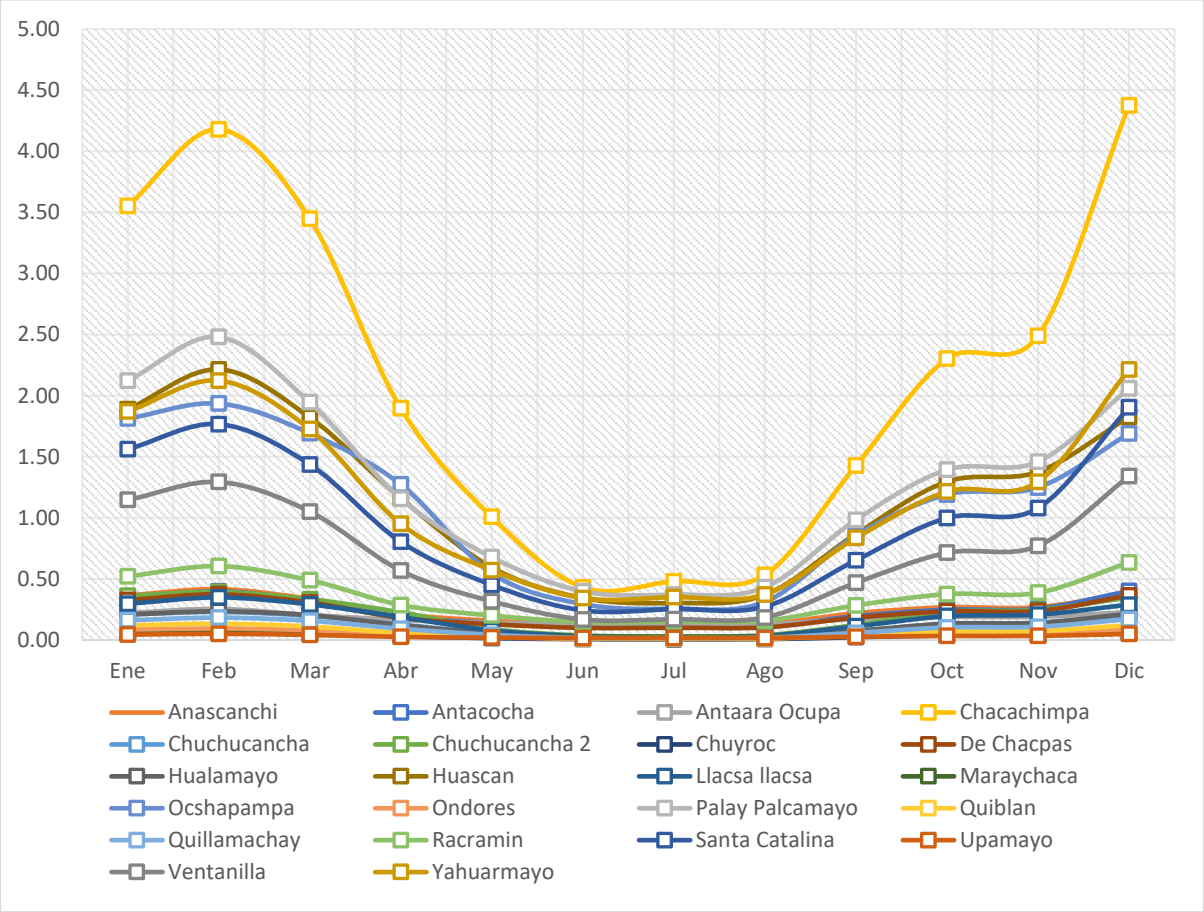
Ecuaciones para serie sintética de caudales

Coeficientes para la ecuación Markoviana						Ecuación para la serie sintética de caudales
Microcuenca	**B1**	**B2**	**B3**	**Coef. Correlación**	**Error típico**	
Anascanchi	9.08153061	-0.208556627	0.633425058	0.961178956	1.814232322	$Q_t = 9.08153061 - 0.208556627(Q_{t-1}) + 0.633425058 * PE_t + z * (1.8142323)\sqrt{1 - 0.961178956^2}$
Antacocha	7.82786421	-0.16977273	0.71136673	0.969018508	2.040333559	$Q_t = 7.82786421 - 0.16977273(Q_{t-1}) + 0.71136673 * PE_t + z * (2.040333559)\sqrt{1 - 0.969018508^2}$
Antara Ocupa	17.0123249	-0.38957819	0.38637563	0.787381848	3.383502656	$Q_t = 17.0123249 - 0.38957819(Q_{t-1}) + 0.38637563 * PE_t + z * (3.383502656)\sqrt{1 - 0.787381848^2}$
Chacachimpa	0.270786441	-0.005076889	0.990757289	0.999974125	0.101968488	$Q_t = 0.27078644 - 0.00507689(Q_{t-1}) + 0.99075729 * PE_t + z * (0.10196849)\sqrt{1 - 0.99997412^2}$
Chuchucancha	0.706733664	-0.009292617	0.97660599	0.99988069	0.22112651	$Q_t = 0.706733664 - 0.009292617(Q_{t-1}) + 0.97660599 * PE_t + z * (0.22112651)\sqrt{1 - 0.99988069^2}$
Cuchucancha	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	$Q_t = 0.000 - 0.000(Q_{t-1}) + 1.000 * PE_t + z * (1.000)\sqrt{1 - 0.000^2}$
Chuyroc	0.564708576	-0.00920493	0.973762118	0.999903214	0.146612559	$Q_t = 0.27078644 - 0.00507689(Q_{t-1}) + 0.99075729 * PE_t + z * (0.10196849)\sqrt{1 - 0.99997412^2}$
De Chapas	7.3598795	-0.162887948	0.708218057	0.973869811	1.72441810	$Q_t = 7.3598795 - 0.162887948(Q_{t-1}) + 0.708218057 * PE_t + z * (1.72441810)\sqrt{1 - 0.973869811^2}$
Huascán	3.44744659	-0.05760051	0.872066671	0.995611043	0.99734325	$Q_t = 3.44744659 - 0.05760051(Q_{t-1}) + 0.872066671 * PE_t + z * (0.99734325)\sqrt{1 - 0.995611043^2}$
Hualamayo	0.000	-1.33409E-16	1.000	1.000	4.32383E-15	$Q_t = 0.000 - 1.33409E-16(Q_{t-1}) + 1.000 * PE_t + z * (4.32383E-15)\sqrt{1 - 1.000^2}$
Llacsa Llacsa	0.000	-1.13243E-16	1.000	1.000	3.07674E-15	$Q_t = 0.000 - 1.13243E-16(Q_{t-1}) + 1.000 * PE_t + z * (3.07674E-15)\sqrt{1 - 1.000^2}$
Maraychaca	17.4099551	-0.360672283	0.44267489	0.79912219	4.001948103	$Q_t = 17.4099551 - 0.360672283(Q_{t-1}) + 0.44267489 * PE_t + z * (0.79912219)\sqrt{1 - 4.001948103^2}$
Ocshapampa	3.661034791	-0.05133812	0.89051046	0.995509476	1.22702170	$Q_t = 3.661034791 - 0.05133812(Q_{t-1}) + 0.89051046 * PE_t + z * (1.22702170)\sqrt{1 - 0.995509476^2}$
Ondores	2.096535378	-0.03089484	0.926126215	0.99878619	0.616802366	$Q_t = 3.661034791 - 0.05133812(Q_{t-1}) + 0.89051046 * PE_t + z * (1.22702170)\sqrt{1 - 0.995509476^2}$

Coeficientes para la ecuación Markoviana						Ecuación para la serie sintética de caudales
Microcuenca	**B1**	**B2**	**B3**	**Coef. Correlación**	**Error típico**	
Palay - Palcamayo	3.626034595	-0.06322548	0.851428681	0.995811059	0.88576685	$Q_t = 3.626034595 - 0.06322548(Q_{t-1}) + 0.85142868 * PE_t + z * (0.88576685)\sqrt{1 - 0.995811059^2}$
Quiblan	7.10543E-15	2.33136E-16	1.000	1.000	4.91498E-15	$Q_t = 7.10543E - 15 - 2.33136E - 16(Q_{t-1}) + 1.000 * PE_t + z * (4.91498E - 15)\sqrt{1 - 1.000^2}$
Quillamachay	3.55271E-15	7.18429E-17	1.000	1.000	3.03052E-15	$Q_t = 3.55271E - 15 - 7.18429E - 17(Q_{t-1}) + 1.000 * PE_t + z * (3.03052E - 15)\sqrt{1 - 1.000^2}$
Racramin	6.725533517	-0.145415204	0.757746967	0.975389424	2.049820	$Q_t = 6.725533517 - 0.145415204(Q_{t-1}) + 0.757746967 * PE_t + z * (2.049820)\sqrt{1 - 0.975389424^2}$
Santa Catalina	1.815385723	-0.034029444	0.936739689	0.998532683	0.712628	$Q_t = 1.815385723 - 0.034029444(Q_{t-1}) + 0.936739689 * PE_t + z * (0.712628)\sqrt{1 - 0.998532683^2}$
Upamayo	9.465715152	-0.22650036	0.633944254	0.947332448	2.1908533	$Q_t = 9.465715152 - 0.22650036(Q_{t-1}) + 0.633944254 * PE_t + z * (2.1908533)\sqrt{1 - 0.947332448^2}$
Ventanilla	3.309453566	-0.02478039	0.942995359	0.999179508	1.0318237	$Q_t = 3.309453566 - 0.02478039(Q_{t-1}) + 0.942995359 * PE_t + z * (1.0318237)\sqrt{1 - 0.999179508^2}$
Yahuarmayo	3.047997803	-0.057268179	0.888128423	0.995920569	1.035014	$Q_t = 3.047997803 - 0.057268179(Q_{t-1}) + 0.888128423 * PE_t + z * (1.035014)\sqrt{1 - 0.995920569^2}$

Figura 42

Series de caudales generados para las 22 microcuencas



4.4.3. Rendimiento hídrico de la Subcuenca Junín

Desde una perspectiva general el rendimiento hídrico debe entenderse como un servicio ecosistémico que tiene por finalidad la provisión de agua para consumo, irrigación, recreación e incluso la producción de energía (Gaspari et al., 2021). Para fines de esta investigación, se calcula el rendimiento hídrico para obtener una magnitud expresada l/s/km^2 que otorgue un valor cuantitativo sobre la cantidad real del recurso hídrico que la cuenca es capaz de portar, es decir, por medio del cálculo del rendimiento hídrico se determina la cantidad de agua total que la cuenca es capaz de proveer.

Es importante considerar que, la dotación de agua o disponibilidad hídrica de la subcuenca se determinó en base a todas las series sintéticas de caudales generadas para cada microcuenca. Dicho de otra forma, considerando que la Subcuenca Junín es una subcuenca endorreica y que todos sus tributarios (conformados por las 22 microcuencas) descargan sus aguas en el lago Chinchaycocha a partir del cual nace el rio Mantaro. En ese sentido, la cantidad de agua disponible en esta microcuenca estaría generada por el valor de la suma del caudal de todos sus tributarios en cada mes durante todo el periodo considerado.

Tabla 65

Serie de caudales (m^3/s) de la Subcuenca Junín

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1990	24.68	14.99	9.27	9.14	6.99	11.07	1.49	2.88	10.90	19.15	11.71	14.33	11.38
1991	10.03	10.73	17.40	7.73	5.99	3.24	1.66	1.66	8.45	9.21	12.67	11.30	8.34
1992	9.41	15.60	11.30	6.98	1.57	5.97	2.37	4.37	6.72	11.68	8.18	10.40	7.88
1993	23.08	26.62	15.77	13.64	6.33	1.98	4.43	2.11	11.78	9.08	24.01	15.28	12.84
1994	23.78	21.65	15.93	16.71	5.82	1.34	1.67	1.65	7.10	10.77	7.22	14.01	10.64
1995	12.93	17.38	25.03	6.57	4.48	1.83	2.79	1.81	5.02	8.49	13.79	12.56	9.39
1996	16.50	11.11	14.87	13.06	4.63	1.68	1.41	2.85	6.71	10.98	10.47	15.49	9.15
1997	15.22	19.26	12.62	8.69	3.75	1.69	1.68	6.19	10.13	12.66	13.40	12.69	9.83
1998	17.70	27.53	14.49	10.17	1.84	2.53	1.30	2.61	5.24	17.87	11.09	11.45	10.32
1999	18.36	20.79	15.98	8.96	4.22	4.62	2.78	1.91	12.93	6.74	10.09	15.50	10.24
2000	18.33	19.52	21.86	5.19	5.77	2.58	3.97	4.32	3.24	10.80	7.58	19.26	10.20
2001	26.76	17.06	16.76	7.09	7.89	2.15	5.53	2.91	7.56	11.82	14.50	19.73	11.65
2002	5.78	25.30	20.33	8.48	4.98	2.01	6.22	4.31	6.57	14.99	11.95	16.38	10.61
2003	13.78	15.84	20.40	10.38	5.08	1.59	2.35	6.34	7.50	4.62	11.99	19.13	9.92
2004	6.63	20.88	7.55	6.69	4.92	5.92	4.20	3.29	11.29	13.33	15.10	20.60	10.03
2005	11.18	16.59	19.97	6.14	5.41	1.43	1.68	3.46	9.73	11.96	9.94	14.07	9.30
2006	16.46	14.22	17.20	8.54	3.62	4.00	1.75	2.96	7.59	14.95	11.98	15.86	9.93
2007	16.11	14.13	15.79	10.60	4.78	1.52	2.82	2.16	6.14	11.29	10.34	12.57	9.02
2008	15.63	17.45	7.38	5.18	3.74	3.16	2.15	2.28	7.11	12.26	7.77	8.65	7.73
2009	18.51	16.57	17.21	8.39	5.70	4.62	5.43	6.69	5.65	13.88	19.76	51.19	14.47

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2010	30.70	28.65	19.74	9.14	6.99	1.66	2.83	1.73	7.04	13.13	15.34	42.54	14.96
2011	26.34	39.91	20.50	14.05	5.43	1.73	3.03	3.39	8.06	15.74	14.13	44.30	16.38
2012	19.21	25.15	12.52	21.81	4.16	4.37	2.54	1.84	6.57	11.49	15.32	40.89	13.82
2013	19.57	26.30	23.34	13.99	6.16	4.60	4.27	5.46	7.94	16.07	10.54	19.30	13.13
2014	22.92	27.48	18.63	9.80	8.64	2.25	4.10	2.89	8.67	8.84	11.17	18.83	12.02
2015	19.71	15.51	16.90	10.52	7.92	2.82	2.23	3.35	5.58	9.50	11.78	17.69	10.29
2016	12.10	19.95	13.05	10.25	5.17	2.36	2.97	4.90	6.38	13.24	7.85	15.27	9.46
2017	18.74	19.90	18.01	10.68	6.97	2.31	1.67	2.18	8.40	8.00	10.44	18.52	10.48
2018	17.68	15.65	17.70	9.67	4.50	3.68	3.78	4.17	9.08	15.35	13.42	8.30	10.25
2019	18.04	22.48	18.60	9.84	5.38	3.47	3.52	2.65	6.53	12.36	15.32	31.65	12.49
2020	16.80	23.03	10.12	9.04	4.14	2.04	6.83	2.03	7.25	6.64	6.38	18.00	9.36
2021	18.00	12.64	12.82	10.19	3.73	4.30	2.05	3.67	6.43	7.11	17.82	10.72	9.12
2022	20.19	21.45	20.69	10.38	8.21	2.23	3.04	4.83	8.94	7.57	8.17	17.14	11.07
2023	10.25	15.46	15.53	5.23	7.17	1.79	1.81	3.04	9.13	7.98	13.74	17.43	9.05
2024	15.40	17.50	15.35	10.33	5.82	2.17	2.18	3.66	7.87	11.73	10.37	14.84	9.77
Media	17.33	19.84	16.30	9.81	5.37	3.05	2.99	3.33	7.75	11.47	12.15	19.02	10.70
Q Min	5.78	10.73	7.38	5.18	1.57	1.34	1.30	1.65	3.24	4.62	6.38	8.30	4.79
Q Max	30.70	39.91	25.03	21.81	8.64	11.07	6.83	6.69	12.93	19.15	24.01	51.19	21.50

De los resultados obtenidos se verifica que el caudal promedio de la subcuenca Junín tiene un valor medio de 10.70 m^3/s.

Finalmente, para obtener los valores de rendimiento hídrico de la cuenca se realizó la conversión de los valores del caudal en m^3/s a l/s y se relacionó según la extensión total de la cuenca. Por ejemplo, se calcula el valor de rendimiento hídrico para el año 1990.

$$\mathrm{Q} = \frac{11.38\ m^3/s}{1719.858\ km^2} x \frac{10^3 l}{1 m^3} = \mathbf{6.62}\frac{l}{s}/km^2$$

Del análisis se obtuvieron los siguientes valores del rendimiento hídrico

Tabla 66

Rendimiento hídrico de la subcuenca Junín

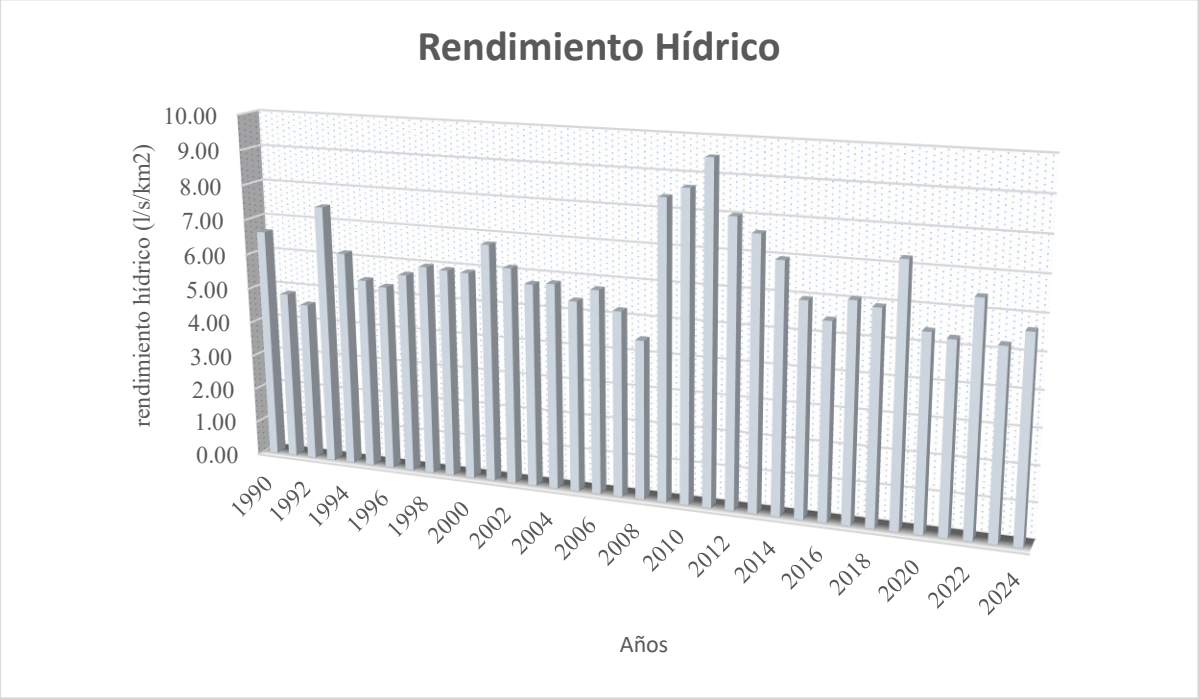
Año	Caudal medio anual (m^3/s)	A l/s	l/s * km2
1990	11.38	11384.84	6.62
1991	8.34	8338.60	4.85
1992	7.88	7879.80	4.58
1993	12.84	12842.67	7.47
1994	10.64	10638.09	6.19
1995	9.39	9391.47	5.46
1996	9.15	9146.66	5.32
1997	9.83	9832.73	5.72
1998	10.32	10317.22	6.00
1999	10.24	10240.23	5.95
2000	10.20	10202.26	5.93
2001	11.65	11647.71	6.77
2002	10.61	10607.39	6.17
2003	9.92	9915.94	5.77
2004	10.03	10032.57	5.83
2005	9.30	9296.79	5.41
2006	9.93	9928.78	5.77
2007	9.02	9020.68	5.25
2008	7.73	7730.73	4.49
2009	14.47	14466.31	8.41
2010	14.96	14957.68	8.70
2011	16.38	16384.87	9.53
2012	13.82	13822.32	8.04
2013	13.13	13127.49	7.63
2014	12.02	12017.94	6.99
2015	10.29	10291.86	5.98
2016	9.46	9456.80	5.50
2017	10.48	10484.62	6.10
2018	10.25	10249.62	5.96
2019	12.49	12486.31	7.26
2020	9.36	9358.28	5.44
2021	9.12	9123.57	5.30

Año	Caudal medio anual (m^3/s)	A l/s	l/s * km2
2022	11.07	11070.23	6.44
2023	9.05	9046.46	5.26
2024	9.77	9768.63	5.68
Promedio	10.70	10700.23	6.22

De la tabla se identifican valores máximos y mínimos respecto al rendimiento hídrico. Siendo el año 2011 el año con el mayor rendimiento hídrico con un valor de 9.53 l/s/km^2 y 2008 el año con un valor menor de 4.49 l/s/km^2.

Figura 43

Rendimiento Hídrico



4.5. Relación cobertura vegetal y rendimiento hídrico

Respondiendo al objetivo principal de la presente investigación, para evaluar el efecto que ejerce la variabilidad en la extensión de la cobertura vegetal de bofedales sobre el rendimiento hídrico en el área de estudio. Se realizó el análisis de correlación entre los valores

del área de cobertura vegetal de bofedales (obtenidos por medio de la aplicación técnicas de sensoramiento remoto y GIS) con los valores de rendimiento hídrico (l/s/km^2) el cual fue calculados a partir de la generación de caudales medios. El análisis revelo una fuerte correspondencia entre ambas variables presentando un valor de correlación R^2=0.8521, lo que sugiere que el 85.2% de la variabilidad en el rendimiento hídrico puede explicarse por los cambios en las coberturas vegetales de bofedales. En la siguiente tabla se presentan los valores de cobertura vegetal y rendimiento hídrico calculados para la Subcuenca Junín.

Tabla 67

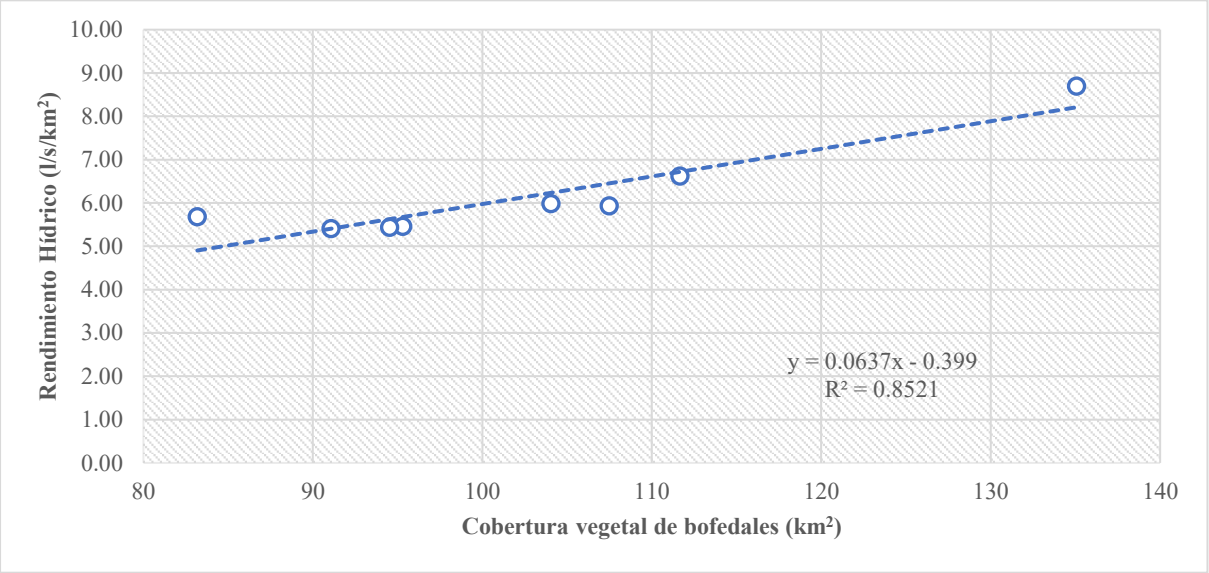
Valores de Rendimiento hídrico y cobertura vegetal de bofedales en la subcuenca Junín

Año	Bofedales (km^2)	Rendimiento Hídrico (l/s/km^2)
1990	6.62	111.65
1995	5.46	95.31
2000	5.93	107.48
2005	5.41	91.08
2010	8.70	135.07
2015	5.98	104.05
2020	5.44	94.52
2024	5.68	83.18

En la siguiente grafica se muestran los puntos y grado de correlación obtenidos para los valores de rendimiento hídrico y cobertura vegetal obtenidos.

Figura **44**

Relación Cobertura vegetal de bofedales - Rendimiento hídrico



La grafica anterior muestra la ecuación de regresión lineal calculada para la correlación entre ambas variables. De ella se tienen un valor de pendiente positivo del 0.0637, que representa el coeficiente de la variable de cobertura vegetal de bofedales (km^2). Este valor indica una relación positiva, donde por cada incremento de 1 km^2 en la superficie de bofedales, el rendimiento hídrico aumentaría en 0.0637 $l/s/km^2$, mantenimiento constante el resto de las variables, de esta manera se demuestra que un aumento en la cobertura vegetal de bofedales puede mejorar el rendimiento hídrico de la subcuenca.

Por otro lado, se tiene el termino independiente o valor de intersección de -0.399, lo que representa que en caso hipotético se tengo un valor de cero en la cobertura vegetal de bofedales, se asumiría que la Subcuenca Junín entraría en un déficit de agua, el cual sería de carácter residual y tendría un valor de -0.399 $l/s/km^2$**,** que podría ser generado por diversos factores más allá de la superficie de bofedales.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La finalidad de esta investigación se basó en la determinación del grado de correlación existente entre los valores de cobertura vegetal de bofedales y el rendimiento hídrico, estimado para una serie temporal de 35 años (1990 – 2024) en la subcuenca de Junin. Los datos de cobertura vegetal fueron estimado a través del análisis y imágenes satelitales de los sensores Landsat; mientras que el rendimiento hídrico fue calculado por medio del uso de datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración de estaciones cercanas y representativas al área de estudio.

A partir de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general donde se establece que existe una relación significativa entre el rendimiento hídrico y la cobertura vegetal de bofedales, presentando un grado de correlación del $R^2 = 0.85$; esto quiere decir que mientras se tenga mayor cobertura vegetal de bofedales en condiciones óptimas se generarían mayores valores de rendimiento hídrico o agua que la cuenca de estudio es capaz de aportar.

Estos resultados guardan relación y son respaldados con los hallazgos encontrados en la investigación de (Jiménez, 2018); quien resalta el impacto de las coberturas vegetales de bofedales sobre la hidrología de las cuencas. En su investigación evaluó el balance hídrico en un bofedal en diferentes estados de conservación en la Quebrada Llaca. Este estudio mostró que una parcela de bofedal en buen estado de conservación con cobertura vegetal de bofedal intacta presenta mejores condiciones para la retención hídrica obteniendo valores de retención de 98.93 mm a 256.18 mm, en comparación con bofedales con zonas degradas en donde los valores de retención disminuyen con valores del 87.46 mm a 244.82 mm. De esta manera define que con coberturas de bofedales en estados óptimos los procesos de retención de agua son mejor y se asegura un rendimiento hídrico constante y sostenido. Es importante precisar que, el alcance de su investigación fue realizado para terrenos limitados en extensión tomando como

objetos de estudio parcelas donde si tuvo que considerarse los efectos de infiltración y retención medidos en campo. Caso contrario a la presente investigación, ya que la metodología propuesta establece la determinación del rendimiento hídrico a partir del análisis de la precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial, adecuándolas a un modelo estocástico (Lutz Scholz) para generar series sintéticas de caudales, en donde los valores de retención e infiltración se estimaron mediante ecuaciones y modelos matemáticos ajustados a las características de cada microcuenca (se consideró la morfometría y presencia de elementos que impliquen retención de agua, tales como acuíferos, glaciares y lagunas o espejos de agua) que conformaría la Subcuenca Junin.

De forma similar, los resultados obtenidos en la investigación de (Wenmin et al., 2021), reflejan como a partir del análisis temporal, comparativo y estadístico de las superficies de cobertura vegetal en humedales de los lagos Donting y Poyang en China se logró establecer que en los años donde se estimó mayor cobertura vegetal de humedales se correspondían con altos niveles de almacenamiento de agua estableciendo de esta manera se refuerza la idea de que los humedales bien conservados proporcionan un servicio de regulación hídrica crucial, obteniendo valores de producción de agua estimados en 2003.2 m^3 y 1825 m^3.

Estableciendo asi que el incremento en la cobertura vegetal mejora la capacidad de almacenamiento y retención de agua en el ecosistema, en consonancia con los resultados de esta tesis, en donde se determinó que el año 2011 es el que presenta el mayor valor de rendimiento hídrico 9.53 l/s/km^2, expresado por una dotación de caudal de 16.38 m^3/s, con un total de 147.60 km^2 de cobertura vegetal de bofedal, mientras que en el año 2008 se considera como el año con menores valores de rendimiento hídrico con 4.49 l/s/km^2, expresado por una dotación de caudal de 7.73 m^3/s, con una cobertura de 68.85 km^2 de cobertura vegetal de bofedal. En ambas investigaciones se rescata que el comportamiento del humedal es similar al del bofedal, ambos son considerados sitios RAMSAR y otorgan servicios ecosistémicos

similares, las conclusiones encontradas en (Wenmin et al., 2021) soportan lo encontrado en esta investigación reafirmando que los cambios positivos en aumento de sus superficie de estas coberturas vegetales se asocia fuertemente a altos valores de dotación de agua o rendimiento hídrico.

Es importante precisar que, la determinación de la cobertura vegetal de bofedales en la presente investigación se ha basado en el uso de técnicas de desmezclado espectral (LSU), es decir se ponderaron valores de reflectancia de cada pixel a fin de tener un valor representativo de reflectancia solo para coberturas vegetales mediante el establecimiento de un umbral o fracción de pixel puro (endmember) entre 0.6 a 0.8, este valor del umbral indicaría la cantidad de píxeles que tienen una fracción del endmember de bofedales igual o superior a contenida entre 0.6 a 0.8, la variación de este valor depende de la interpretación de la imagen satelital y del grado de heterogeneidad de la zona. Investigaciones como la de (Joseph et al., 1995) usan umbrales entre 0.5 y 0.4 para la determinación de minerales como dolimitas en entornos heterogéneos mediante la aplicación de técnicas de desmezclado espectral. Evidentemente, la selección del valor del umbral correcto dependerá mucho de la interpretación que se le dé a la imagen por lo que no existe un valor definido como tal. Mayores valores de umbral pueden generar una sobreestimación de coberturas al asumir más fracción del endmember seleccionado. La selección del umbral correcto fue realizada priorizando que su valor agrupe todas las coberturas partiendo de un pixel o firma espectral representativo.

Los valores de cobertura vegetal fueron procesados y reajustados conforme a las pendientes basadas en un Modelo de Elevación Digital (DEM) y orografía de la zona de estudio, de esta manera se ajustó un valor más representativo del área para cada año logrando establecer un valor promedio de 102.79 km^2 de coberturas vegetales de bofedales que muestran una tasa de cambio promedio de -0.81%, reflejando una tendencia a la disminución en este tipo de coberturas.

Las metodologías de desmezclado espectral tambien fueron utilizadas en la investigación del (INAIGEM, 2023), donde tambien se utilizaron técnicas de desmezclado espectral (LSU) aplicados a imágenes Sentinel 1 y 2 que fueron complementados con criterios de elevación, fotografía, inclinación del terreno humedad del suelo y tipo de vegetación, ya que el alcance de esta investigación se estableció para todo el territorio nacional, por lo que es posible que los resultados puedan variar ya que la estimación de coberturas dependerá del criterio de evaluación, técnicas de teledetección, orografia, resolución de las imágenes satelitales utilizadas, entre otros. Esta investigación resalta y muestra resultados aceptables mediante el uso de técnicas de desmezclado espectral en la detección de bofedales por medio de sensoramiento remoto.

Respecto al rendimiento hídrico, en esta investigación se calcularon los valores de rendimiento hídrico que fueron estimados a partir de valores de caudal medio anual o escorrentía que se calcularon por medio del uso del modelo determinístico estocastico – markoviano propuesto por la Cooperación Técnica Alemana o tambien llamado modelo determinístico estocástico Lutz Scholz. Los valores obtenidos reflejan en términos sencillos la cantidad de agua que la subcuenca otorga; similar a lo realizado por (Laura, 2021), quien determinó la disponibilidad hídrica para la subcuenca Junin por medio de un modelo determinístico - estocástico. Dicho autor, al estudiar la disponibilidad hídrica superficial en la cuenca del Lago Chinchaycocha o Subcuenca Junin, determinó que con una dotación de agua de 9.023 m3/s existe una limitación en el suministro hídrico para satisfacer las demandas hidroenergéticas. Este problema está relacionado con las dinámicas de cambio de cobertura vegetal, ya que la disponibilidad de agua no solo depende de la cantidad de precipitación, sino también de la capacidad de los ecosistemas, como los bofedales, para almacenar y liberar agua gradualmente.

Al respecto, tanto en esta investigación como en la de (Laura, 2021) fue necesario utilizar las estaciones pluviométricas más cercanas o con información o registro representativos; para el caso de la presente investigación se utilizaron 10 estaciones pluviométricas de registro constante y actual a partir de las cuales se generaron series sintéticas de caudales para las 22 microcuencas del de la Subcuneca Junín, obteniendo una dotación de agua de 10.70 m^3/s; mientras que en la investigación de (Laura, 2021) se obtuvo un valor de 9.023 m^3/s evaluando un total de 11 estaciones, destacando que la capacidad de regulación hídrica es insuficiente, lo cual se alinea con los resultados de la presente tesis, que indican una disminución en el rendimiento hídrico en años con menor cobertura vegetal de bofedales.

Las diferencias en los resultados se pueden explicar con la cantidad de datos y metodologías de análisis establecidas. Si bien es cierto evaluar más estaciones podría otorgar mayor representatividad; sin embargo, debe considerarse la disponibilidad de registros, el tipo de estación y su comportamiento según la representatividad identificada en el vector regional.

Pese a que se utilizó el mismo modelo para la generación de caudales la diferencia entre los valores no es muy significativa (alrededor de 1.677 m^3/s), ya que además de los datos de precipitación, influye tambien como se interpretan las ecuaciones y parámetros para la obtención de coeficientes de escurrimiento que participarán en generación de caudales medios, los datos de temperatura media generados para la generación de la evapotranspiración, entre otros.

En los estudios realizados por (ANA, 2021), mediante el uso del modelo WEAP se logró sintetizar una serie de caudales para la Subcuenca Junín, mediante la transformación de precipitación a escorrentía. En este estudio se determinó una dotación de agua aproximada de 7.912 m^3/s, dicho valor difiere en -2.7 m^3/s a lo calculado en la presente investigación. Es probable que las diferencias dependan de la cantidad de estaciones utilizadas para el

modelamiento, la metodología, parámetros y datos de entrada que utiliza el modelo WEAP (Por ejemplo: coeficiente de cultivo, Capacidad de campo, Capacidad profunda de suelo, Factor de resistencia a la escorrentía, Conductividad en zona de raíces, Conductividad en zona profunda y dirección de flujo). Estos parámetros no han sido tomados en cuenta en la presente investigación.

Respecto a la relación entre coberturas vegetales y rendimiento hídrico, en esta investigación se ha determinado que ambas variables presentan cierto grado de correlación, es decir, que la variabilidad o cambio en una de ellas implica una variación o efecto en la otra. En los estudios realizados por (Gallo, 2018) tambien se estableció una relación entre las dimensiones de cobertura boscosa y el rendimiento hídrico en la Subcuenca Yuracyacu, para ello se calculó la tasa de perdida de cobertura boscosa y en base a los porcentajes de cambio se determinó la tendencia de las superficies boscosas en esta subcuenca. Específicamente, se enfatiza que con menores valores de cobertura vegetal el rendimiento hídrico tiende a aumentar; presentando un máximo de 17,7 l/s/km2 para una cobertura boscosa igual a 115,6 km2 y un mínimo 9.6 l/s/km2 para una cobertura boscosa estimada de 120,4 km2; determinando que en base a los valores de la tasa de perdida de cobertura boscosa se define un decrecimiento y perdida en las superficies que estas ocupan generando así mayores valores en rendimiento hídrico. De manera similar, en la investigación de (Hernández y Salamanca, 2019), se llegó a analizar el impacto de la cobertura vegetal sobre los caudales pico en la cuenca Sardinata, revelando un patrón de aumento en la escorrentía con la pérdida de vegetación, encontrando que a lo largo del periodo evaluado la escorrentía aumento de 3822.5 mm a 12517.85 mm determinándose que este aumento fue originado por la disminución de los distintos tipos de cobertura en la zona; estas conclusiones son consistente con las conclusiones presentadas en la investigación de (Gallo, 2018).

Los estudios como el de Gallo (2018); Hernández y Salamanca (2019); y Pulido et al. (2021) han mostrado que, aunque en algunos casos la perdida de vegetación puede aumentar el flujo hídrico en el corto plazo, esto no debe interpretarse como un incremento en la capacidad de regulación hídrica. Más bien, es una señal de que los ecosistemas están perdiendo su capacidad de retener y liberar el agua de manera sostenida y gradual. Por lo tanto, si bien el rendimiento hídrico puede aumentar durante estos periodos de perdida de vegetación, a largo plazo, esto conlleva a una degradación de la calidad de los servicios ecosistémicos, como la retención de agua y recarga de acuiferos. Es importante diferenciar entre un aumento temporal del rendimiento hídrico debido a una mayor escorrentía superficial y la verdadera capacidad de regulación hídrica de los bofedales. En la subcuenca Junín, la reducción de la cobertura de bofedales compromete la sostenibilidad hídrica en el mediano y largo plazo, como queda demostrado en la relación directamente proporcional determinada en esta investigación.

VI. CONCLUSIONES

- Respecto a la cuantificación de la cobertura vegetal de bofedales mediante la clasificación espectral de ocho imágenes Landsat (5, 7 y 8) con nubosidad <10 %. Se concluye que la cobertura alcanzó su máximo valor en año 2010 con 135.07 km² y su mínimo valor en 2024 con 83.18 km², lo que da como resultado a una pérdida acumulada de 25.5 % respecto al año inicial 1990, con 111,65 km² de superficie de bofedal. Es importante recalcar que la metodología de estimación se basó en el uso de Linear Spectral Unmixing y como toda técnica de sensoramiento, no otorga precisión absoluta, pero si resultados bastante cercanos a la realidad
- Sobre la tasa de cambio de cobertura vegetal de bofedales. El análisis tomado en periodos cada 5 años permite concluir que, las tasas de variación anuales oscilan entre −3,28 km²/año (2000–2005) y +8,80 km²/año (2005–2010). En líneas generales todo el periodo analizado (1990 – 2024) presenta una tasa media anual de −0,81 % lo cual indicaría que, a lo largo de los 35 años evaluados, la superficie de bofedales presenta una tendencia a disminuir a razón de casi un 1 % de su área total cada año. Pese a que en los periodos de (1995–2000 y 2005–2010) se ha evidenciado una recuperación gradual, la tendencia general es decreciente, lo que confirmaría una perdida sostenida de este tipo de coberturas y ecosistemas en el área de estudio.
- Basados en los datos de precipitación y el modelo estocástico-determinístico (Lutz Scholz y el modelo Markoviano), se concluye que el valor medio del rendimiento hídrico en la subcuenca Junin es de 6.22 l/s/km^2. Este valor se obtuvo a partir de cálculo del caudal medio en la Subcuenca Junín, el cual es de 10,7 m³/s, presentando un valor máximo de 16,38 m³/s en el año 2011 y un mínimo de 7,73 m³/s en el año 2008.
- Respecto a la relación entre las coberturas vegetales de bofedales y el rendimiento hídrico se encontró que existe una correlación significativa entre ambas variables,

presentando un coeficiente de regresión lineal R^2=0.85, en ese sentido la variación de una de ellas afecta en forma directamente proporcional a la otra. Específicamente, se determinó que las coberturas vegetales de bofedales tienden a disminuir afectando negativamente el rendimiento hídrico de la subcuenca Junin. Esto queda reflejado en los valores del año 2010 donde se presenta una extensión de 135.07 km^2 de cobertura vegetal de bofedal que estaría generando 8.70 $l/s/km^2$; mientras que para el año 2005 se registra el menor valor de rendimiento hídrico con un total de 5.41 $l/s/km^2$ correspondientes a una cobertura vegetal de 91.08 km^2. Es importante aclarar que pueden existir menores valores de cobertura vegetal que pueden presentar mayores valores de rendimiento hídrico, esto se debería principalmente a la interacción de factores ambientales, climáticos, según la capacidad de retención del suelo, así como tambien, a los efectos de la escorrentía superficial que aumentaría en momentos en que la vegetación disminuye debido a la menor absorción de agua por las raíces de las plantas. Este aumento en escorrentía puede incrementar el rendimiento hídrico a corto plazo, aunque a la larga podría no ser sostenible sin el soporte de una cobertura vegetal densa.

VII. RECOMENDACIONES

- Es importante recalcar que la estimación del rendimiento hídrico depende exclusivamente de la generación de caudales, esto se puede obtener mediante métodos indirectos (por medio de la ecuación general de balance hídrico) o mediante el uso de modelos que permitan afinar más los valores incluyendo dentro de sus parámetros las características edáficas del entorno. Hoy en día existen diversos métodos y simulaciones como SWAT, InVEST, WEAP, HEC-HMS, etc. Que tambien pueden aportar o reajustar caudales. Incluso se podría añadir los efectos de las obras hidráulicas de captación presentes en la subcuenca Junin.
- Si bien es cierto a nivel del análisis de cuenca no se ha analizado la influencia del Lago Chinchaycocha, dado que implicaría un estudio mucho más detallado y con más variables hidrológicas; lo cierto es que, su presencia podría suavizar variaciones estacionales y actuar como un amortiguador de caudales en época seca o húmeda. En términos de balance hídrico, el lago puede ser un factor para considerar en la variabilidad de las tasas de cobertura y rendimiento hídrico.
- Ademas de la cobertura vegetal de bofedales, dentro de la subcuenca existen ampliamente una cobertura de totorales, pastizales y vegetación herbáceas adicional que no ha sido considerada en esta investigación pero que podrían influir en alguna de las variables. Se recomienda ver como este tipo de coberturas se relacionaría con el comportamiento hidrológico de la subcuenca
- Es recomendable realizar mayor investigación hidrológica en bofedales. Esto permitirá conocer verdaderamente la magnitud en la que se da el efecto del rendimiento o regulación hídricos que es propiamente el principal servicio ecosistémico que otorgan los bofedales. Estos datos permitirán conocer y establecer una línea base para la gestión de propuestas en manejo de cuencas.

- Los valores de cobertura vegetal de bofedal podrían recalcularse utilizando imágenes de mayor resolución y/o softwares de paga especializados exclusivamente para las clasificaciones supervisadas como ClassLite. Esto permitiría mejorar la eficiencia y precisión de los valores obtenidos.
- Asimismo, se recomienda utilizar otras técnicas de sensoramiento remoto basado en el ángulo de reflectancia de las coberturas vegetales de bofedales, de tal manera que cada pixel con un ángulo de reflectancia similares al de bofedal será tomado en cuneta en la estimación de superficies. Esto podría enriquecer la investigación.
- Se deben generar convenios con las autoridades locales, municipales e instituciones gubernamentales para la habilitación de estaciones con instrumental hidrometeorológico que permitan monitoreos la variabilidad hidrológica en esta cuenca que realza su importancia al ser una de las nacientes de uno de los ríos más importantes del Perú como lo es el Río Mantaro. Esto debido a que una de las principales limitaciones en las investigaciones hidrológicas por lo general se presenta por la limitada disposición de información hidrometeorológica.

VIII. REFERENCIAS

Adrianzén, E., & Romero, J. (2021). *Análisis comparativo de los modelos lluviaescorrentía: gr2m, Temez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas.* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623192/CRUZ_AE.pdf?sequence=5

Aghsaei, H., Mobarghaee Dinan, N., Moridi, A., Asadolahi, Z., Delavar, M., Fohrer, N., & Wagner, P. D. (2020). *Effects of dynamic land use/land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran*. *Science of The Total Environment*, 136449.

Alarcón-Africano, J., & Díaz-Suescún, L. (2018). *Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchía, Casanare.* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Obtenido de Repositorio Institucional U. Católica: https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15989

Andina. (2020). *Reserva Nacional de Junín celebra 46 años conservando el ecosistema del lago Chinchaycocha*. Obtenido de https://andina.pe/agencia/noticia-reserva-nacional-junin-celebra-46-anos-conservando-ecosistema-del-lago-chinchaycocha-808986.aspx#:~:text=El%20lago%20Chinchaycocha%20o%20Jun%C3%ADn%20alberga%20una%20diversidad%20de%20aves,zona%20de%20observaci%C3%B3n%20d

Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de la hidrología de superficie.* Limusa.

Argote, G. S. (2018). *Implicaciones ecológicas y económicas del uso de bofedales altoandinos para el pastoreo.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]

Repositorio Institucional UNALM. http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3639

Ashok, A., Ponnamma, H., & K.V., J. (2021). *Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery. Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 100547. doi:10.1016/j.rsase.2021.100547

Autoridad Nacional del Agua. (2021). *Estudio hidrológico del lago Chinchaycocha.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/520898923/Est-Hidrologico-Chinchaycocha-3

Autoridad Nacional del Agua. (2021). *Estudio hidrológico complementario del lago Chinchaycocha.* Obtenido de: http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1

Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). *The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecological Monographs*, 169-193.

Calvo, V. (2016). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de bofedales de alta montaña.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2604

Carrera, D., Guevara, P., Tamayo, L., Balarezo, A. L., Narváez, C., & Morocho, D. (2016). *Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media. Idesia (Arica), 34*(3), 81-90. doi:https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300010

Castillo, H. G. (2019). *Procesamiento de imagenes satelitáles Landsat 5 TM, 7 ETM y 8 OLI y los índices de vegetación para la caracterización de las coberturas vegetales en los distritos de Cajamarca* . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Obtenido de Repositorio Institucional UNFV:

http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3740/CASTILLO%20ROJAS%20HERMAN%20GREGORIO-%20MAESTRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Clavo, V. (2016). *Marco conceptual y metodológico par estimar el estado de salud de bofedales de alta montaña*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina] Repositorio Institucional UNALM: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2604/P01-C349-T.pdf?sequence=1

Corredor Camargo, E. S., Fonseca Carreño, J. A., & Páez Barón, E. M. (2012). *Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. Revista De Investigación Agraria Y Ambiental, 3*(1), 77-83.

Cusiche Pérez, L. F., & Miranda Zambrano, G. A. (2019). *Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional "Lago Junín", Perú*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10*(6), 1433–1447

De la Fuente, A., Meruane, C., & Suárez, F. (2021). Long-term spatiotemporal variability in high Andean wetlands in northern Chile. *Science of The Total Environment*, 143830.

Di Vittorio, C. A., & Georgakakos, A. P. (2018). Land cover classification and wetland inundation mapping using MODIS. *Remote Sensing of Environment, 204*, 1-17. doi:10.1016/j.rse.2017.11.001

Dueñas, M. L., & Acosta, D. F. (2018). *Análisis de la influencia de la cobertura vegetal sobre la regulación hídrica en la cuenca del Río Únete en el municipio de Aguazul - Casanare*. [Tesis de pregrado, Universidad La Salle] Obtenido de Repositorio Institucional ULSA: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1752&context=ing_ambiental_sanitaria

Efremenko, D., & Kokhanovsky, A. (2021). *Alexander* (1 ed.). *Foundations of Atmospheric Remote Sensing.* Cham: Springer International Publishing. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-66745-0

FAO. (2015). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 ¿Cómo están cambiando los bosques del mundo?* Obtenido de Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura: http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/27_butlletins/02_butlletins_nd/documents_nd/fitxers_estatics_nd/2015/0163_2015_MA_Boscos_Boscos-mon.pdf

Ferreira, S., Afranllie, M., & Ortega, L. (2020). *Caracterización de los parámetros morfológicos, de relieve e hidrológicos de la cuenca del Río Vaqueros (Santa, Argentina) y su influencia en sus crecidas. Centro de Estudios de Cuencas y Rios de Montaña*, 3.

Flores, E., Raúl, T., & Calvo, V. (2014). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales.* Obtenido de Convenio Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales y Ministerio del Medio Ambiente: http://siar.regionancash.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/himap-tmi_minam-bid_imacc_bofedales_nota-tecnica-10-04-2015.pdf-ilovepdf-compressed.pdf

Flores, N., Castro, I., Aponte, H., Flores, N., Castro, I., & Aponte, H. (2020). *Evaluación de las unidades de vegetación en Los Pantanos De Villa (Lima, Perú) mediante sistemas de información geográfica y teledetección. Arnaldoa, 27*(1), 303-321. doi:10.22497/arnaldoa.271.27119

Gallo, V. (2018). *Evolución de la Cobertura Boscosa en la Subcuenca Yurayacu y la Influencia en su Regulación Hídrica.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico

Villarreal]. Obtenido de Repositorio Institucional UNFV: http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2455?show=full

Gallo, V., & Gomez, J. (2022). *Guía de hidrología* (Primera edición ed., Vol. 1). J. W. Lora, Ed. https://sites.google.com/view/ikamyumi/inicio

Garcia Dulanto, J. (2018). *Implementación de una metodología para la identificación de bofedales usando datos imágenes satelitales Landsat - caso de estudio: bofedal Chuñal, cuenca alta de río Chillón*. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 40.

García, E., & Lleellish, M. A. (2012). *Cartografiado de bofedales usando imágenes de satélite Landsat en una cuenca altoandina del Perú*. *Revista de Teledetección*, 93.

Gaspari, F. J., Díaz-Gómez, A. R., & Montealegre-Medina, F. A. (2021). *Variabilidad espacial del rendimiento hídrico ante el cambio de uso del suelo y escenarios pluviales en la cuenca alta del río Sauce Chico, Argentina. Tecnología Y Ciencias Del Agua, 12*(1), 74-112. doi:https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-01-03

Golden, H. E., Sander, H. A., Lane, C. R., Zhao, C., Price, K., D'Amico, E., & Christensen, J. R. (2016). *Relative effects of geographically isolated wetlands on streamflow: a watershed-scale analysis*. *Ecohydrology*, 21-38.

Gómez Portal, S. (2016). *"Hidrogeología en bofedales alto andinos con fines de aprovechamiento hídrico en la comunidad Rosaspata Vinchos - Ayacucho 2015"*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga]. Obtenido de Repositorio Institucional UNSCH: http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3168

Hernández, L., & Salamanca, J. (2019). *Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal y su influencia en la generación de caudales pico de la cuenca Sardinata, del departamento de norte de Santander –Ccolombia.* [Tesis de pregrado, Universidad

Catolica de Colombia]. Obtenido de Repositorio Institucional U.Católica: https://hdl.handle.net/10983/23391

Hu, W., Li, G., & Li, Z. (2021). *Spatial and temporal evolution characteristics of the water conservation function and its driving factors in regional lake wetlands*—Two types of homogeneous lakes as examples. *Ecological Indicators, 130*, 108069. doi:10.1016/j.ecolind.2021.108069

Hu, W., Li, G., Gao, Z., Jia, G., Wang, Z., & Li, Y. (2021). *Assessment of the impact of the poplar ecological retreat project on water conservation in the Dongting Lake wetland region using the InVEST model. Science of The Total Environment, 733*, 139423. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139423

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM]. (2019). *Guía de evaluacion del estado de ecossitemas de bofedal*. https://www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/GUIA-DE-EVALUACION-ESTADO-DE-ECOSISTEMA-BOFEDA.pdf

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM]. (2023). *Inventario Nacional de Bofedales.* Huaraz.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET]. (1996). *Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores. Hojas: 21-k, 22-k, 23-k – [Boletín A 77].* Obtenido de: https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/200

INGEMMET. (2011). *Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco, hoja 22-k, escala 1:50,000 - [Boletín A 144].* Obtenido de: https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/106

Jara, C., Delegido, J., Ayala, J., Lozano, P., Armas, A., & Flores, V. (2019). *Estudio de bofedales en los Andes ecuatorianos a través de la comparación de imágenes Landsat-8 y Sentinel-2. Revista de Teledetección*, 45-57. doi:10.4995/raet.2019.11715

Jiménez, Y. (2018). *Estudio de la influencia de los componentes del balance hídrico de un pajonal altoandino en la dinámica del agua edáfica de un bofedal, en la quebrada Llaca - parque nacional Huascarán 2016-2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Obtenido de Repositorio Institucional UNSAM: http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3343

Joseph W., B., Fred A., K., & Robert O, G. (1995). *Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data.* Obtenido de NASA Technical Reports Server: https://ntrs.nasa.gov/citations/19950027316

Laura, A. (2021). *Evaluación de los recursos hídricos superficiales de la cuenca hidrográfica del lago Chinchaycocha, aplicando el modelo determinístico – estocástico Lutz Scholtz.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marco]. Obtenido de Repositorio de Tesis Digital UNMSM: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17513

Lee, O., Kim, H. S., & Kim, S. (2020). *Hydrological simple water balance modeling for increasing geographically isolated doline wetland functions and its application to climate change. Ecological Engineering, 149*, 105812. doi:10.1016/j.ecoleng.2020.105812

Lindsay, R. K., Kohler, M. A., & Paulus, J. L. (1975). *Hidrología para ingenieros.* McGraw-Hill Latinoamericana S.A.

Lovera Pons, V., Roldán Aragón, I. E., Sánchez Robles, J., & Torres Lima, P. (2018). *Evaluación del servicio ecosistémico de rendimiento hídrico entre los años de 1994 y 2016 en el municipio de Valle de Bravo, estado de México.* Papeles de Geografía, (64), 93–113. https://doi.org/10.6018/geografia/2018/322931

Loza Del Carpio, A., & Mendoza Quispe, W. (2017). *Evaluación poblacional y estado de conservación de Telmatobius macrostomus Peters, 1873 (Anura: Telmatobiidae) en humedales altoandinos, Región Pasco-Perú. Revista de Investigaciones Altoandinas, 19*(2), 145-156. doi:https://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.273

Machuca Crespo, D. V. (2018). *Efectos de la extracción de turba en un sistema socio-ecológico altoandino: bofedales de Carampoma-Lima.* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Obtenido de Repositorio digital PUPCP.: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9948/VARGAS_MACHUCA_CRESPO_EFECTOS_DE_LA_EXTRACION_DE_TURBA_EN_UN_SISTEMA_SOCIOECOLOGICO_ALTOANDINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Maldonado, M. (2015). *Introducción a los bofedales de la región Altoandina Peruana*. *Grupo Internacional de Conservación de Turbales*, 1.

Matovelle, C., Andreo, B., & Mudarra, M. (2021). *Análisis de la influencia de la altitud en los eventos de máxima precipitación en una cuenca del Pacífico: tendencias y variabilidad. Información tecnológica*, 32(6). doi:https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000600003

Mejía, A. M. (2006). *Hidrología Aplicada.* Universidad Nacional Agraria La Molina.

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). *Protocolo de la evaluación temática del mapa de deforestación.* Obtenido de Repositorio Digital del Ministerio del Ambiente: https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/928

MINAM. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal - Ministerio del Ambiente.* Obtenido de SINIA: https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf

MINAM. (27 de octubre de 2017). *Pan de manjeo ambiental dostenible Chinchaycocha 2017 - 2021.* Obtenido de Ministerio del Ambiente: https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2451-plan-de-manejo-ambiental-sostenible-chinchaycocha-2017-2021

MINAM. (diciembre de 2019). *Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres. Memoria descriptiva.* Obtenido de Repositorio Digital del Ministerio del Ambiente: https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/653

Morán, W. C. (1989). *Hidrología Para Estudiantes de Ingeniería Civil.* Lima: CONCYTEC.

Mosquera, G. M., Marín, F., Stern, M., Bonnesoeur, V., Ochoa-Tocachi, B. F., Román-Dañobeytia, F., & Crespo, P. (2022). *Progress in understanding the hydrology of high-elevation Andean grasslands under changing land use*. *Science of The Total Environment*, 150112.

Orozco Medina, I., Alvarado Barrientos, M. S., López de la Cruz, J., & Ramírez Orozco, A. I. (2019).

Evaluación del efecto de distintas aproximaciones de la radiación en la estimación de la evapotranspiración usando el modelo FAO Penman-Monteith. Acta Universitaria, 29, 1–15. https://doi.org/10.15174/au.2019.2481

Ortiz, R., & Chile, M. (2020). *Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. Siembra, 7*(1), 70-79. doi:10.29166/siembra.v7i1.1450

Parizaca, Y. (2012). *Regionalizacion de Precipitaciones M´´aximas en la Cuenca del Río Ramis.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Obtenido de Repositorio Institucional UNAP: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5494/Parizaca_Perez_Ysmael_Mauricio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Portillo, V. (19 de junio de 2021). *Evaluación de amenazas por pastoreo al pastizal del humedal de la Comunidad Campesina Santa Clara deChuiroc - Reserva Nacional de Junín, 2018.* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Obtenido de Repositorio Institucional UC: https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9484

Pulido, A. J., Quintero, L. F., & Ivanova, Y. (2021). *Estimación del cambio de la capacidad de regulación hídrica como respuesta a los cambios de coberturas de la tierra: (Caso de estudio: Cuenca alta del río Chinchiná, Caldas, Colombia). Revista EIA*, 35004 pp. 1-12.

RAMSAR. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales.* https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/gwo_s.pdf

Sánchez-Díaz, B. (2018). *La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la conservación de la biodiversidad: una revisión. Revista científica*(33), 243-253. doi:10.14483/23448350.13370

Sanchez San Roman, J. F. (2017). *Hidrología superficial y subterránea.* Universidad de Salamanca.

Scholz, L. (1980). *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana - MERISS II.*.

SENAMHI. (2020). *Biblioteca del servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI).* Lima, Perú. doi:ISBN: 978-612-48315-3-9

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado [SERNANP]. (2012). *Plan maestro reserva nacional de Junín 2008 - 2012.* http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/RN_Junin/PlanMaestro2008-2012-RNJunin.pdf

Urquía, A. D. (2019). *Evaluación de la dinámica multitemporal de los cambios de cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca El Tingo, Provincia Luya, Amazonas, 1987 – 2018.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza].

Obtenido del Repositorio Institucional UNTRM: http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1677

Vázquez, R., Carrizosa, E., & Dominguez, R. (2018). *Regionalización de precipitaciones para la obtención de lluvias de diseño en el estado de Oaxaca*. *Congreso latinoamericano de hidráulica*, 2.

Vila, M., & Chaupan, L. (2017). *Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en la comunidad campesina Villa de Junín*. *Repositorio de la Universidad Nacional San Antonio*, 229.

Villon, M. (2002). *Hidrología.* Cartago.

Wenmin, H., Guo, L., & Zenian, L. (2021). *Spatial and temporal evolution characteristics of the water conservation function and its driving factors in regional lake wetlands—Two types of homogeneous lakes as examples. Ecological Indicators*, 108069. doi:10.1016/j.ecolind.2021.108069

Yuhan, W., Hanbo, Y., Dawen, Y., Yue, Q., Bing, G., & Zhentao, C. (2017). *Spatial Interpolation of Daily Precipitation in a High Mountainous Watershed Based on Gauge Observations and a Regional Climate Model Simulation. Journal of Hydrometeorology*. doi:10.1175/JHM-D-16-0089.1

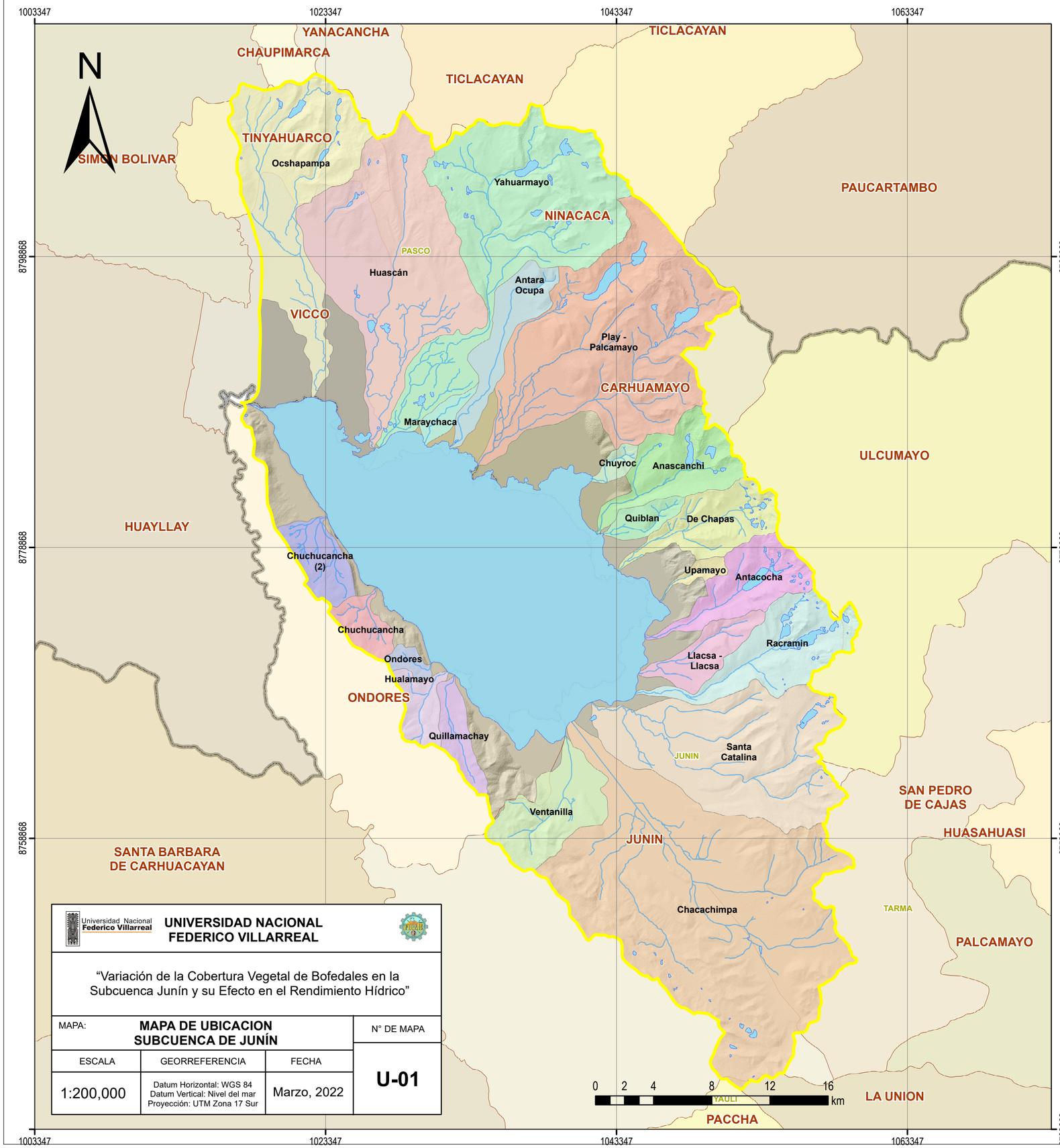
Zárate, C. (30 de diciembre de 2020). *Modelamiento hidrológico de caudales medios mensuales en cuencas sin información hidrométrica aplicando el método Lutz Scholz y las redes neuronales artificiales, en la microcuenca Huajuiri - Oropesa - Antabamba - Apurímac.* [Tesis de pregrado, la Univerisdad de Ciencias Aplicadas]. Obtenido del Repositorio Institucional UPC: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/656781/Z%C3%A1rate_TC.pdf?sequence=3

IX. ANEXOS

- Anexo A: Mapas temáticos.
    - Anexo A-1: Mapa de Ubicación del ámbito de estudio.
    - Anexo A-2: Mapa Geológico.
    - Anexo A-3: Mapa geomorfológico.
    - Anexo A-4: Mapa Fisiográfico de la Subcuenca Junín.
    - Anexo A-5: Mapa de ubicación de las estaciones hidrometeorológicas.
    - Anexo A-6: Mapa de Isoyetas.
    - Anexo A-7: Mapa de Isotermas.
    - Anexo A-8: Mapa de Isolínea de evapotranspiración potencial.
- Anexo B: Mapas de variación de cobertura vegetal de bofedales.
- Anexo C: Valores de precipitación media obtenidos para cada microcuenca.
- Anexo D: Caudales medios modelados.
- Anexo E: Series de caudales medios 1990 – 2024.

ANEXO A

“Mapas Temáticos”



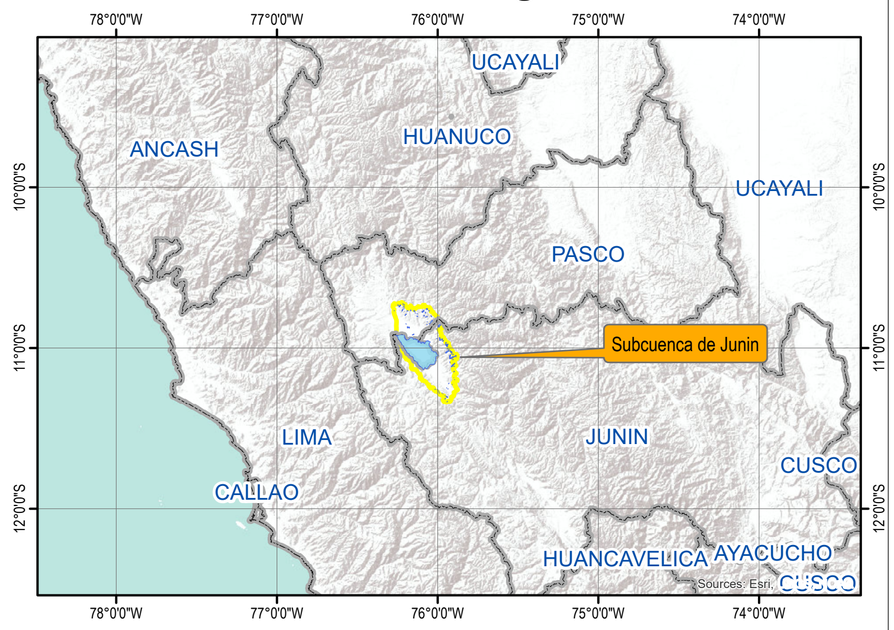
Universidad Nacional Federico Villarreal

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

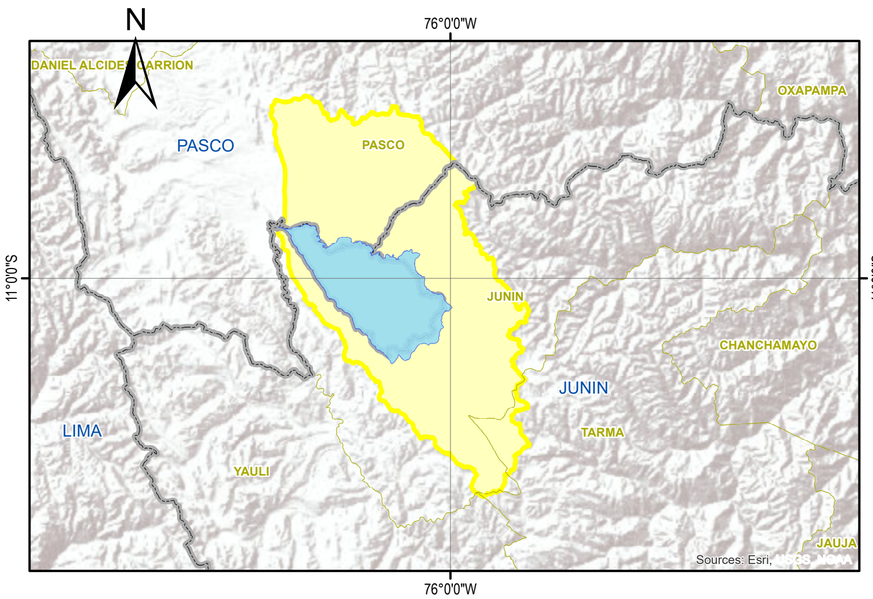
"Variación de la Cobertura Vegetal de Bofedales en la Subcuenca Junín y su Efecto en el Rendimiento Hídrico"

MAPA:		N° DE MAPA
MAPA DE UBICACION SUBCUENCA DE JUNÍN		**U-01**
ESCALA	GEORREFERENCIA	FECHA
1:200,000	Datum Horizontal: WGS 84 Datum Vertical: Nivel del mar Proyección: UTM Zona 17 Sur	Marzo, 2022

Ubicación Regional



Ubicación Provincial



LEYENDA

Subcuenca Junín

- Cuenca_Junin_proy
- Ríos Subcuenca Junín
- Lago Chinchaycocha

Microcuencas

- Anascanchi
- Antacocha
- Antara Ocupa
- Chacachimpa
- Chuchucancha
- Chuchucancha (2)
- Chuyroc
- De Chapas
- Hualamayo
- Huascán
- Llacsa - Llacsa
- Maraychaca
- Ocshapampa
- Ondores
- Play - Palcamayo
- Quiblan
- Quillamachay
- Racramin
- Santa Catalina
- Upamayo
- Ventanilla
- Yahuarmayo
- Limite regional
- Límite dristrital
- Límite provincial
- Intercuencas

MAPA GEOLÓGICO

SIGNOS CONVENCIONALES

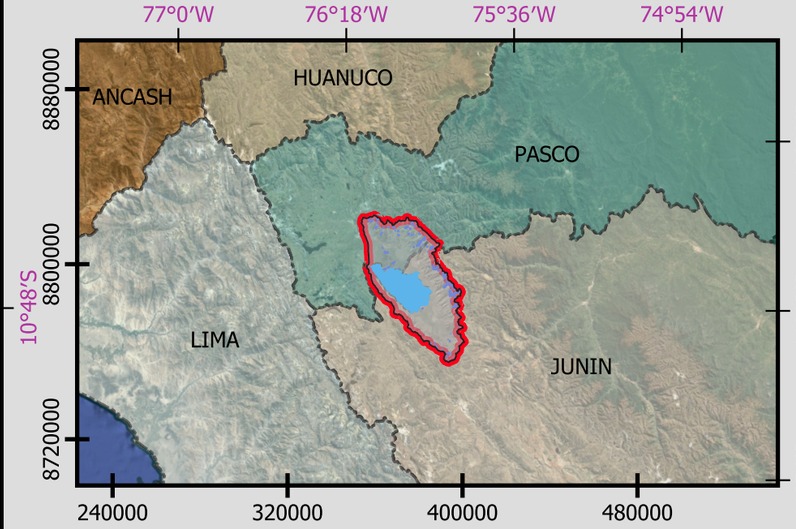
- Subcuenca de Junín
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel
- DISTRITOS

SIMBOLOGÍA

Unidades geológicas

- Cm-a
- Cp-t
- Ji-a
- Ji-c
- Ki-ch
- Ki-chu
- Ki-g
- Ki-pt
- KsP-c
- N-and
- Nm-mar-da,cla
- Nm-rum
- NP-cm-gn,esq
- N-pcz
- PET-m
- P-rda
- Q-al
- Q-bi
- Q-gl
- Q-glfl
- Qh-al
- Q-qm-tr
- SD-e
- Ts-ch
- Ts-ch/s

Ubicación Regional



Era	Sistema	Serie	Simbolo	Unidad	Área (Ha)
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Qh-al	Depósito aluvial	21.23
			Q-bi	Depósito biogénico	243.92
			Q-gl	Depósito glaciar	187.26
			Q-glfl	Depósito glaciar, fluvial	73.76
			Q-qm-tr	Depósito químico - travertino	1.47
		Pleistoceno	Q-al	Depósito aluvial	255
	Neógeno	Plioceno	N-pcz	Pórfido cuarcífero	0.99
		Mioceno	Nm-rum	Formación Rumillana	3.28
			N-and	Andesita	0.79
			Nm-mar-da,cla	Marcapunta - dacita, cuarzolatita	0.26
			NP-cm-gn,esq	Complejo del Marañón - gneis, esquistos	13.18
			P-rda	Riodacita	0.76
	Paleógeno	Paleoceno	KsP-c	Formación Casapalca	42.38
Mesozoico	Cretácico	Superior			
		Inferior	Ki-chu	Formación Chúlec	0.13
			Ki-ch	Formación Chayllacatana	0.09
			Ki-g	Grupo Goyllarisquizga	3.86
	Jurásico	Inferior	Ji-a	Formación Aramachay	20.4
			Ji-c	Formación Condorsinga	167.55
	Triásico	Superior	Ts-ch/s	Formación Chambará - Miembro superior	0.17
		Superior	Ts-ch	Formación Chambará	237.51
Paleozoico	Pérmico	Lopinguiano	PET-m	Grupo Mitu	51.74
		Guadalupino			
	Carbonífero	Pennsylvaniano	Cp-t	Grupo Tarma	30.91
		Mississipiano	Cm-a	Grupo Ambo	72.69
	Devónico	Inferior	SD-e	Grupo Excelsior	1.51
	Silúrico	Pridoliano			
			Laguna	Laguna	288.92
Total					1719.76

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

MAPA GEOLOGICO MP-GEO-01

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

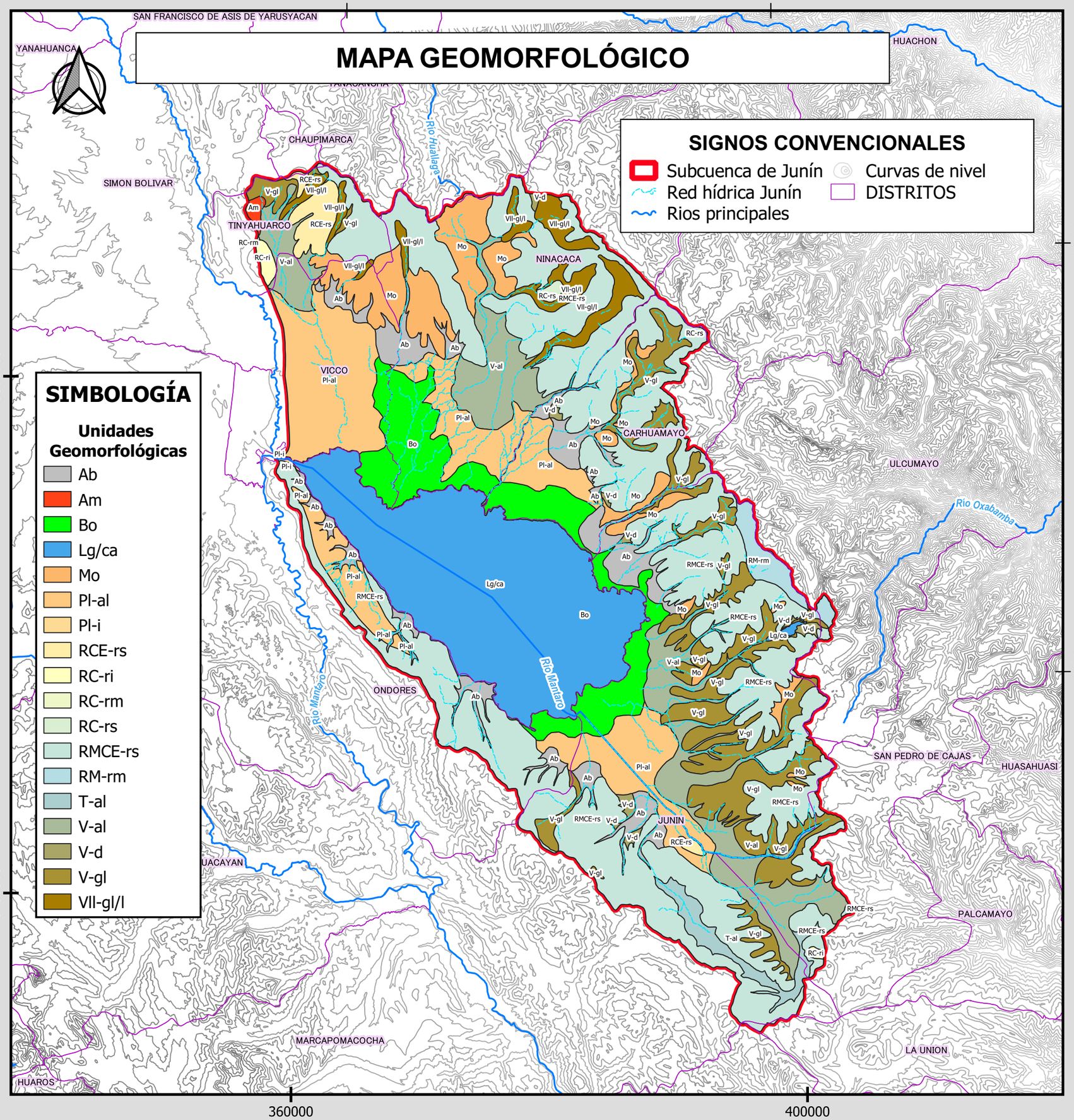
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

MAPA GEOMORFOLÓGICO



SIGNOS CONVENCIONALES

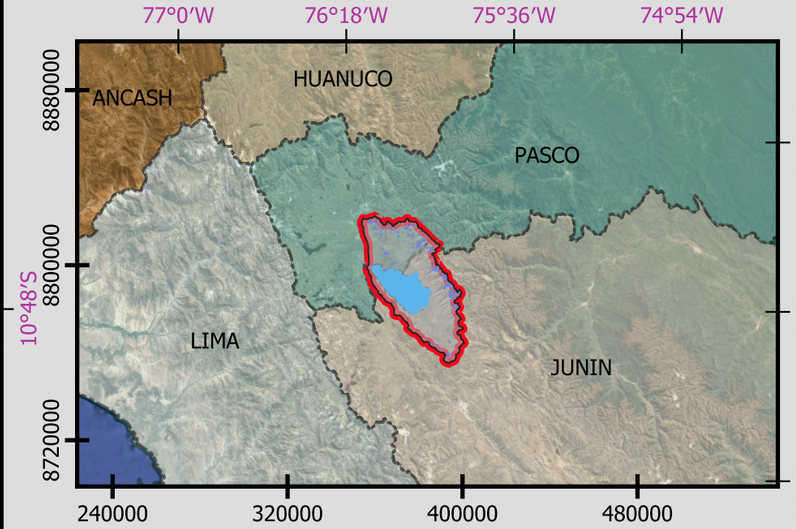
- Subcuenca de Junín
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel
- DISTRITOS

SIMBOLOGÍA

Unidades Geomorfológicas

- Ab
- Am
- Bo
- Lg/ca
- Mo
- Pl-al
- Pl-i
- RCE-rs
- RC-ri
- RC-rm
- RC-rs
- RMCE-rs
- RM-rm
- T-al
- V-al
- V-d
- V-gl
- Vll-gl/l

Ubicación Regional



Unidad Geomorfológica	Simbolo	Área (km2)	Porcentaje (%)
Abanico de piedemonte	Ab	80.51	4.68%
Actividad minera	Am	2.5	0.15%
Bofedales	Bo	115.36	6.71%
Laguna y cuerpos de agua	Lg/ca	270.25	15.71%
Morrenas	Mo	92.15	5.36%
Llanura o planicie aluvial	Pl-al	211.01	12.27%
Llanura o planicie inundable	Pl-i	0.5	0.03%
Colina en roca intrusiva	RC-ri	4.36	0.25%
Colina en roca metamórfica	RC-rm	0.04	0.00%
Colina en roca sedimentaria	RC-rs	2.24	0.13%
Colina estructural en roca sedimentaria	RCE-rs	17.94	1.04%
Montaña en roca metamórfica	RM-rm	15.71	0.91%
Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria	RMCE-rs	538.78	31.33%
Terraza aluvial	T-al	19.41	1.13%
Vertiente o piedemonte aluvial	V-al	146.67	8.53%
Vertiente coluvial de detritos	V-d	7.3	0.42%
Vertiente glacial o de gelifracción	V-gl	152.55	8.87%
Valle glaciar con laguna	Vll-gl/l	42.59	2.48%
TOTAL		1719.87	100%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

MAPA GEOMORFOLÓGICO MP-GMF-01

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

MAPA FISIOGRÁFICO

76°12'W
75°54'W
10°48'S
11°06'S
11°24'S
8800000
8760000
360000
400000

SIGNOS CONVENCIONALES

- Subcuenca de Junín
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

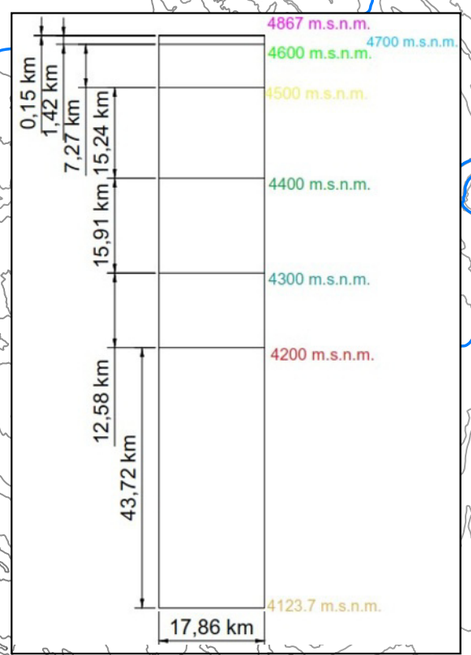
Microcuencas - Junin

- Anascanchi
- Antacocha
- Antara Ocupa
- Chacachimpa
- Chuchucancha
- Chuchucancha (2)
- Chuyroc
- De Chapas
- Hualamayo
- Huascán
- Llacsa - Llacsa
- Maraychaca
- Ocshapampa
- Ondores
- Play - Palcamayo
- Quiblan
- Quillamachay
- Racramin
- Santa Catalina
- Upamayo
- Ventanilla
- Yahuarmayo

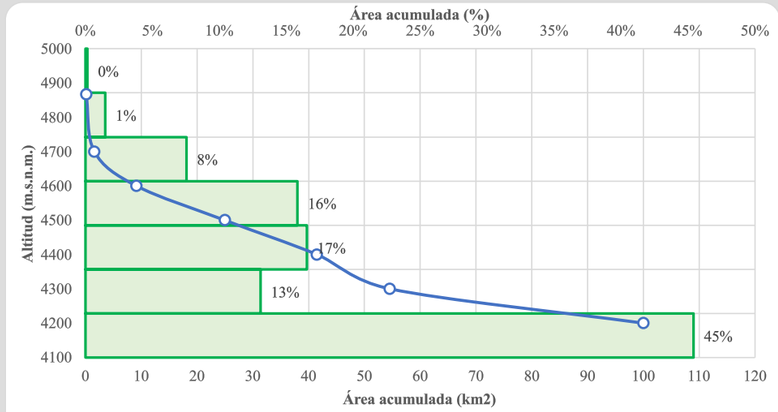
LEYENDA

- Lago Chinchaycocha
- Lagunas
- Intercuencas

Ocshapampa
Yahuarmayo
Huascán
Antara Ocupa
Play - Palcamayo
Maraychaca
Chuyroc
Anascanchi
Quiblan
De Chapas
Upamayo
Antacocha
Chuchucancha (2)
Chuchucancha
Llacsa - Llacsa
Racramin
Ondores
Hualamayo
Quillamachay
Santa Catalina
Ventanilla
Chacachimpa



Curva Hipsométrica



Parámetro	Unidad	Resultado en la Subcuenca de Junín
Área	km2	1720.645
Perímetro	km	228.488
Coeficiente de compacidad	Adimensional	1.55
Factor de forma	Adimensional	1.97
Rectángulo equivalente (lado mayor)	km	96.39
Rectángulo equivalente (lado menor)	km	17.86
Altitud media	m.s.n.m.	4295.91
Índice de pendiente	%	5.19
Pendiente del cauce principal	%	0.72
Pendiente media de la subcuenca	%	12.19
Densidad de drenaje	km/ km2	0.44
Grado de ramificación	Adimensional	4
Frecuencia de ríos	Cursos de agua/ km2	0.17

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

PARÁMETROS FISIOGRÁFICOS DE LA SUBCUENCA JUNÍN

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

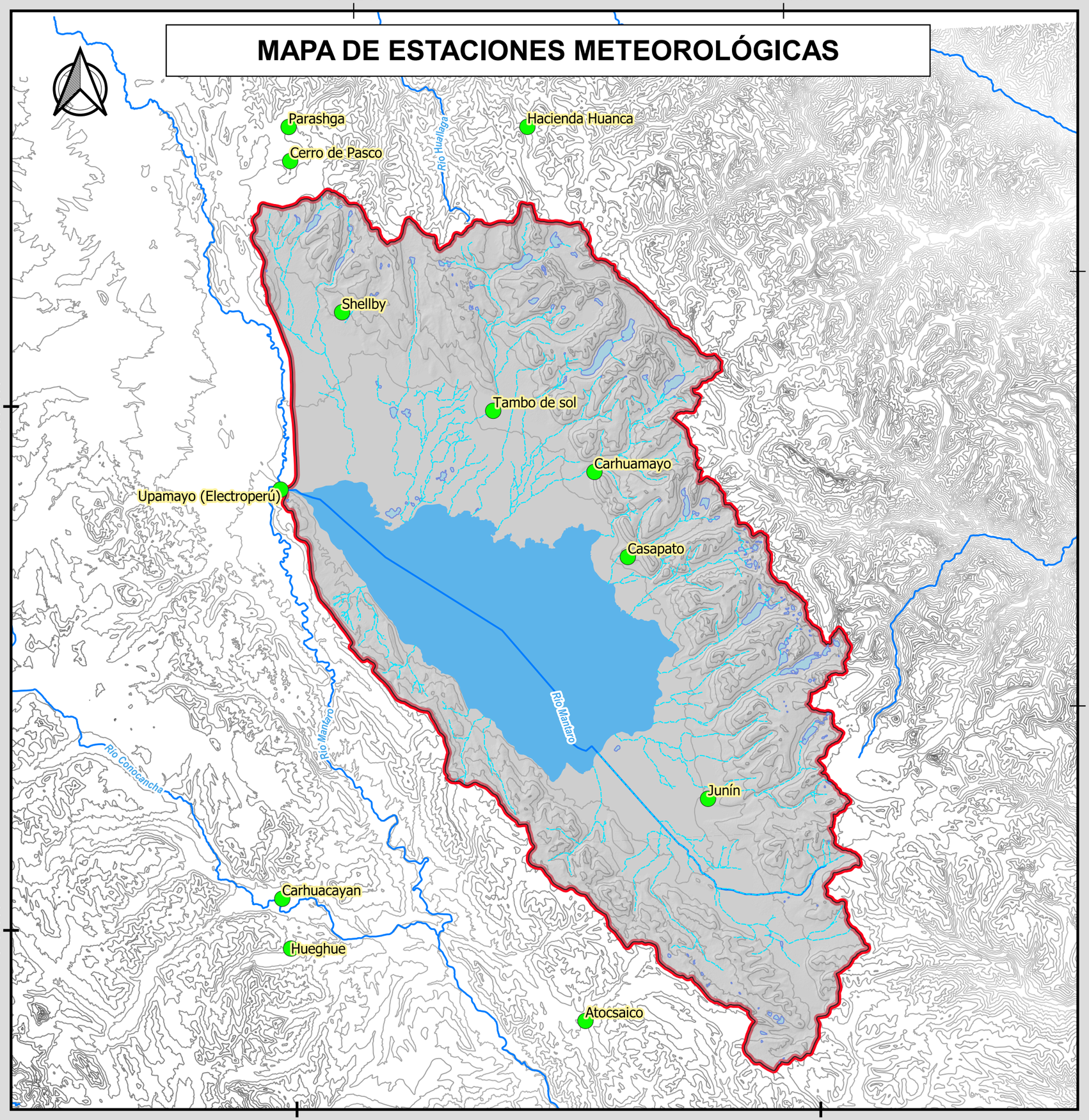
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

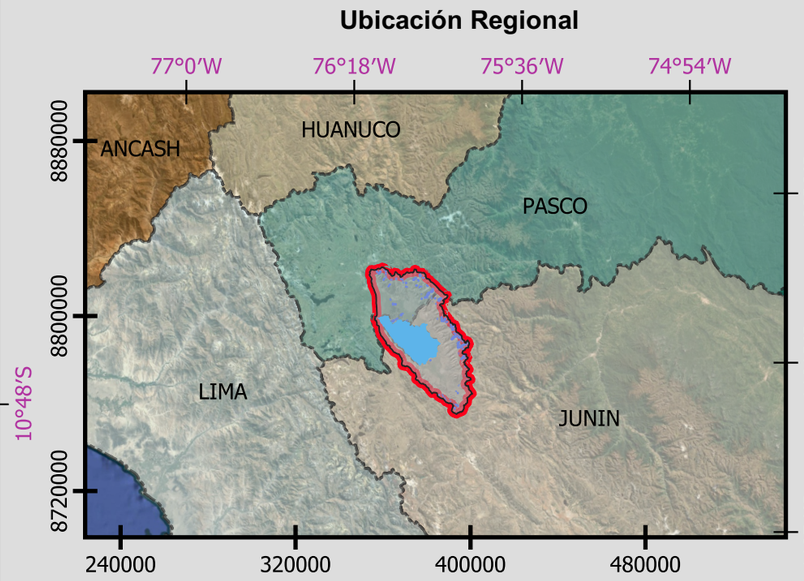
Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

MAPA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS





SIGNOS CONVENCIONALES

- Subcuenca de Junín
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas Subcuenca
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel
- Estaciones

Estación	Tipo	Institución	Periodo	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m.)
Carhuacayan	Pluviométrica	ANA	1968 - 2024	359707.4	8761324.22	4150
Junín	Pluviométrica	SENAMHI	1970 – 2024	392626.66	8767256.72	4101
Hueghue	Pluviométrica	SENAMHI	1965 - 2004	360179.09	8757486	4175
Tambo de sol	Pluviométrica	SENAMHI	1965 - 2004	377770.07	8797739.62	4100
Cerro de Pasco	Pluviométrica	SENAMHI	2000 – 2024	363265.56	8817620.93	4260
Hacienda Huanca	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	381519.75	8819287.31	4150
Carhuamayo	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	385257.14	8792666.99	4125
Casapato	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	387465.6	8786039.3	4100
Parashga	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2014	363285.39	8820232.27	4310
Shellby	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	366624.04	8805868.41	4120
Upamayo (Electroperú)	Pluviométrica	Electroperú	1965 – 2015	361212.42	8792574.76	4093
Atocsaico	Pluviométrica	SENAMHI	1965 – 2015	359707.4	8761324.22	4200

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

MAPA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS MP-EST-01

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

MAPA DE ISOTERMAS

76°12'W
75°54'W
10°48'S
11°6'S
11°24'S
8800000
8760000
360000
400000

Cerro de Pasco
Río Huallaga
Río Mantaro
Río Corocancha
Junín
Marcapomacocha

SIMBOLOGÍA

Rangos de Isotermas

- 4.5 °C - 4.8 °C
- 4.8 °C - 5.1 °C
- 5.1 °C - 5.4 °C
- 5.4 °C - 5.7 °C
- 5.7 °C - 6.0 °C

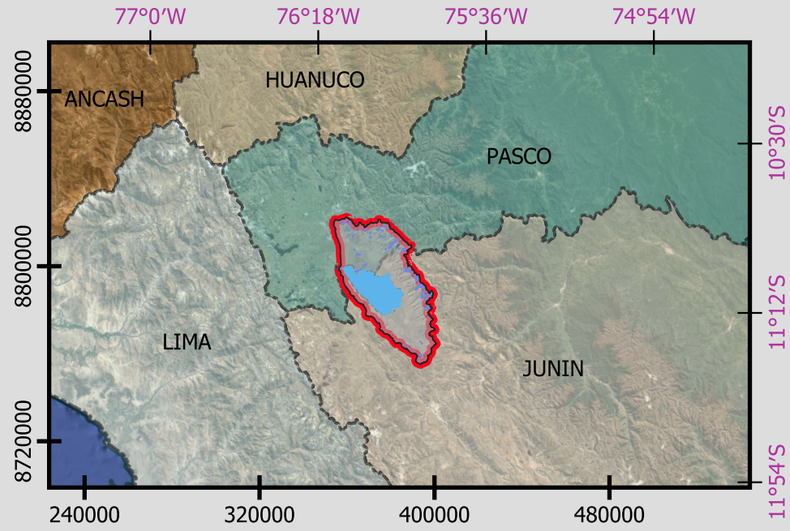
6.0 °C
5.4 °C
5.7 °C
5.1 °C
4.8 °C
5.4 °C
5.1 °C
5.7 °C
5.1 °C

Rangos Tmed (°C)	Rangos Tmed (°C)	Tmed (°C)	Área Parcial (Ha)	Área parcial (km2)	Ai*tmed
	4.8	4.8	1949.34	19.4934	93.56832
4.8	5.1	4.95	9945.67	99.4567	492.310665
5.1	5.4	5.25	48011.29	480.1129	2520.59273
5.4	5.7	5.55	31842.98	318.4298	1767.28539
5.7	6	5.85	29139.31	291.3931	1704.64964
6		6	50847.24	508.4724	3050.8344
Área total				1717.35	9629.241135

SIGNOS CONVENCIONALES

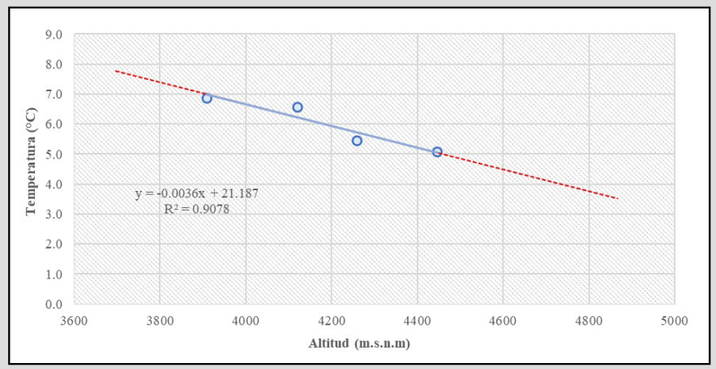
- Subcuenca de Junín
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas Subcuenca
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

Ubicación Regional



ECUACIÓN REGIONAL ANUAL

Ecuación Lineal	Coeficiente de correlación
y = -0.0036x + 21.187	0.90



CÁLCULO DEL ERROR DEL MODELO REGIONAL

Estaciones	Altitud	T°C Med Real	EC. Regiona T°C – LINEAL	% Error
Cerro de Pasco	4260	5.5	5.7	5%
Marcapomacocha	4447	5.1	5	-2%
Junin	4120	6.6	6.3	-4%
La Oroya	3910	7.1	7.1	1%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

MAPA DE ISOTERMAS
MP-IST-01

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

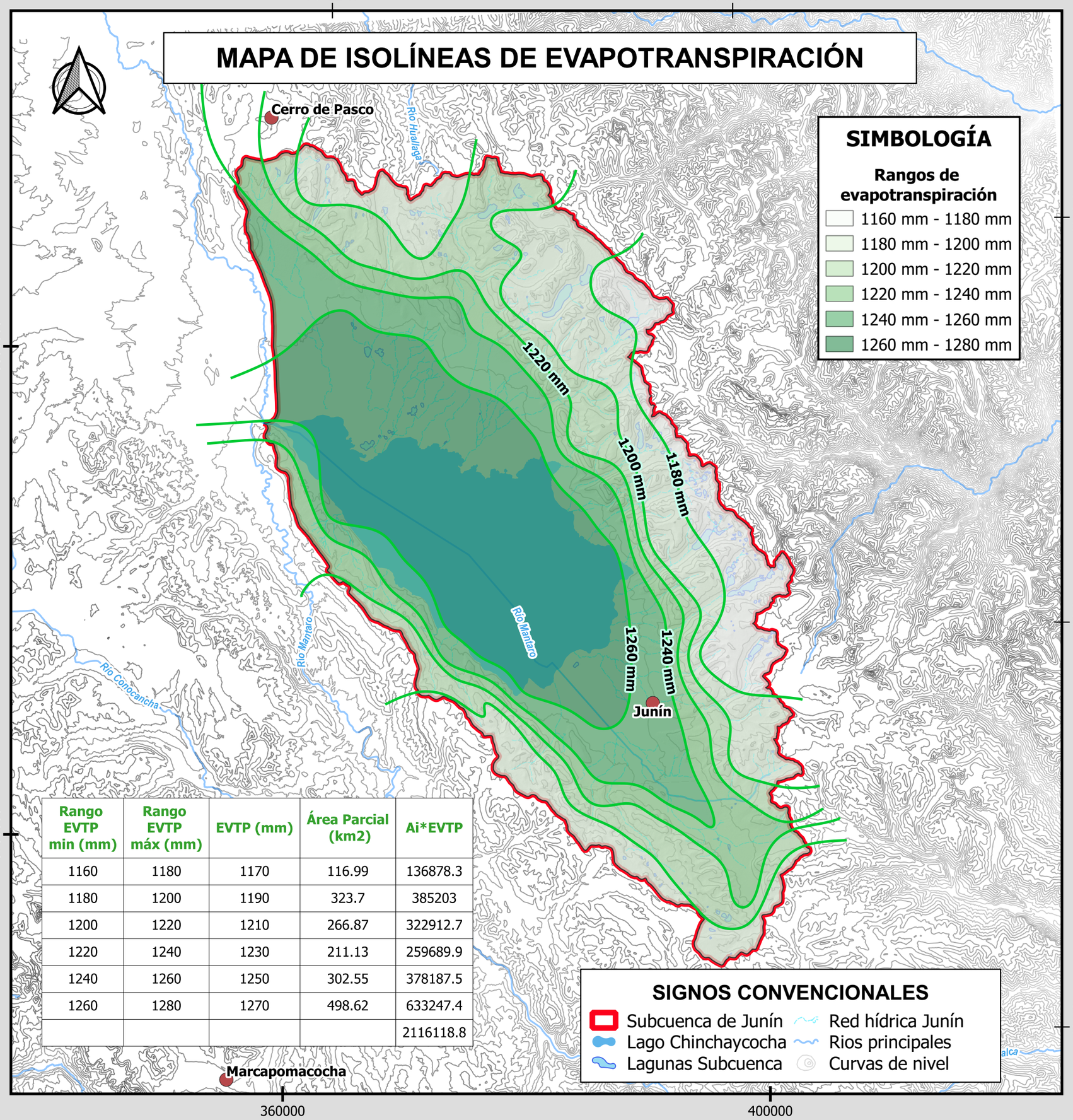
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

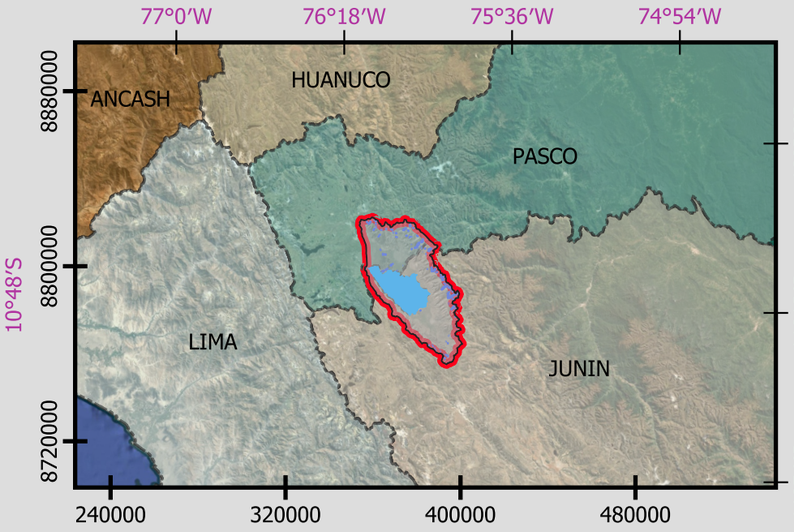
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

MAPA DE ISOLÍNEAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN



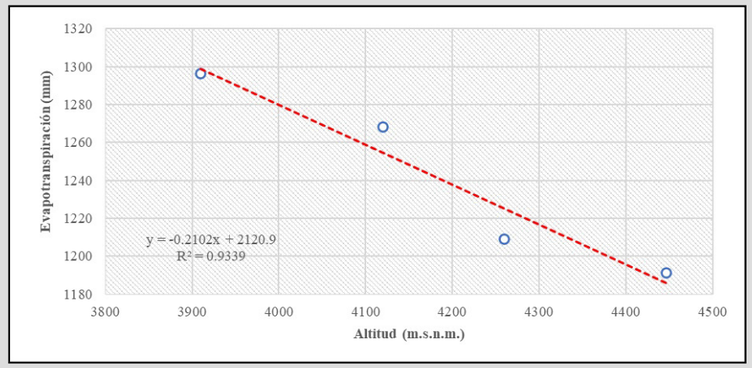
Rango EVTP min (mm)	Rango EVTP máx (mm)	EVTP (mm)	Área Parcial (km2)	Ai*EVTP
1160	1180	1170	116.99	136878.3
1180	1200	1190	323.7	385203
1200	1220	1210	266.87	322912.7
1220	1240	1230	211.13	259689.9
1240	1260	1250	302.55	378187.5
1260	1280	1270	498.62	633247.4
				2116118.8

Ubicación Regional



ECUACIÓN REGIONAL ANUAL

Ecuación Lineal	Coeficiente de correlación
EVTP=-0.2102(H) + 2120.9	0.93



CÁLCULO DEL ERROR DEL MODELO REGIONAL

Estaciones	Altitud	EVTP. Prom	EVTP Gen.	Error
Cerro de Pasco	4260	1209.1	1225.4	-1%
Marcapomacocha	4447	1191.4	1186.1	0%
Junín	4120	1268.3	1254.9	1%
La Oroya	3910	1296.4	1299	0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

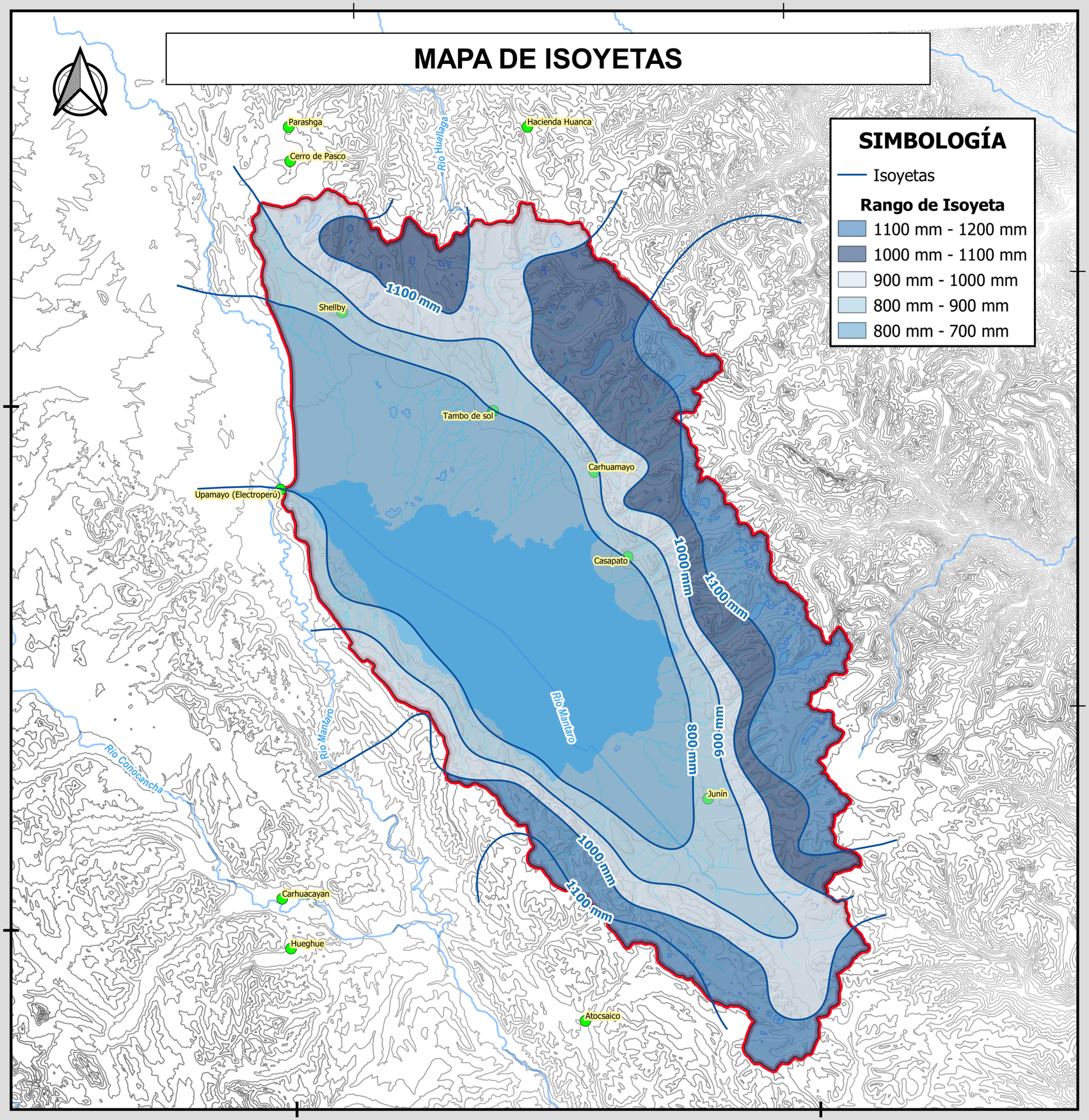
MAPA DE ISOLÍNEAS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN MP-EVTP-01

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

MAPA DE ISOYETAS



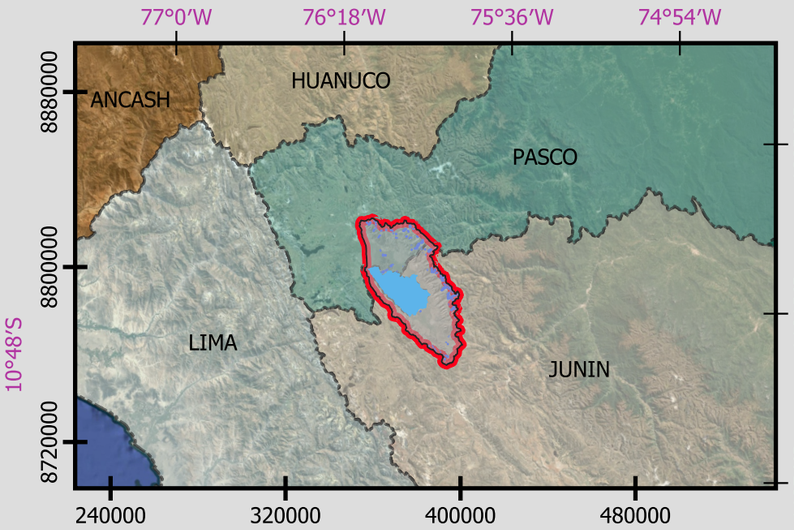
SIMBOLOGÍA

- Isoyetas

Rango de Isoyeta

- 1100 mm - 1200 mm
- 1000 mm - 1100 mm
- 900 mm - 1000 mm
- 800 mm - 900 mm
- 800 mm - 700 mm

Ubicación Regional



SIGNOS CONVENCIONALES

- Subcuenca de Junín
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas Subcuenca
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel
- Estaciones

ZONA	PP min	PP max	Precipitacion media	Área Parcial (km2)	Ai*pp
1	-	800	750	632	474000
2	800	900	850	272.6	231710
3	900	1000	950	301.4	286330
4	1000	1100	1050	250.58	263109
5	1100	-	1150	263.28	302772
TOTAL					1706977

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

MAPA DE ISOYETAS MP-IYT-01

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

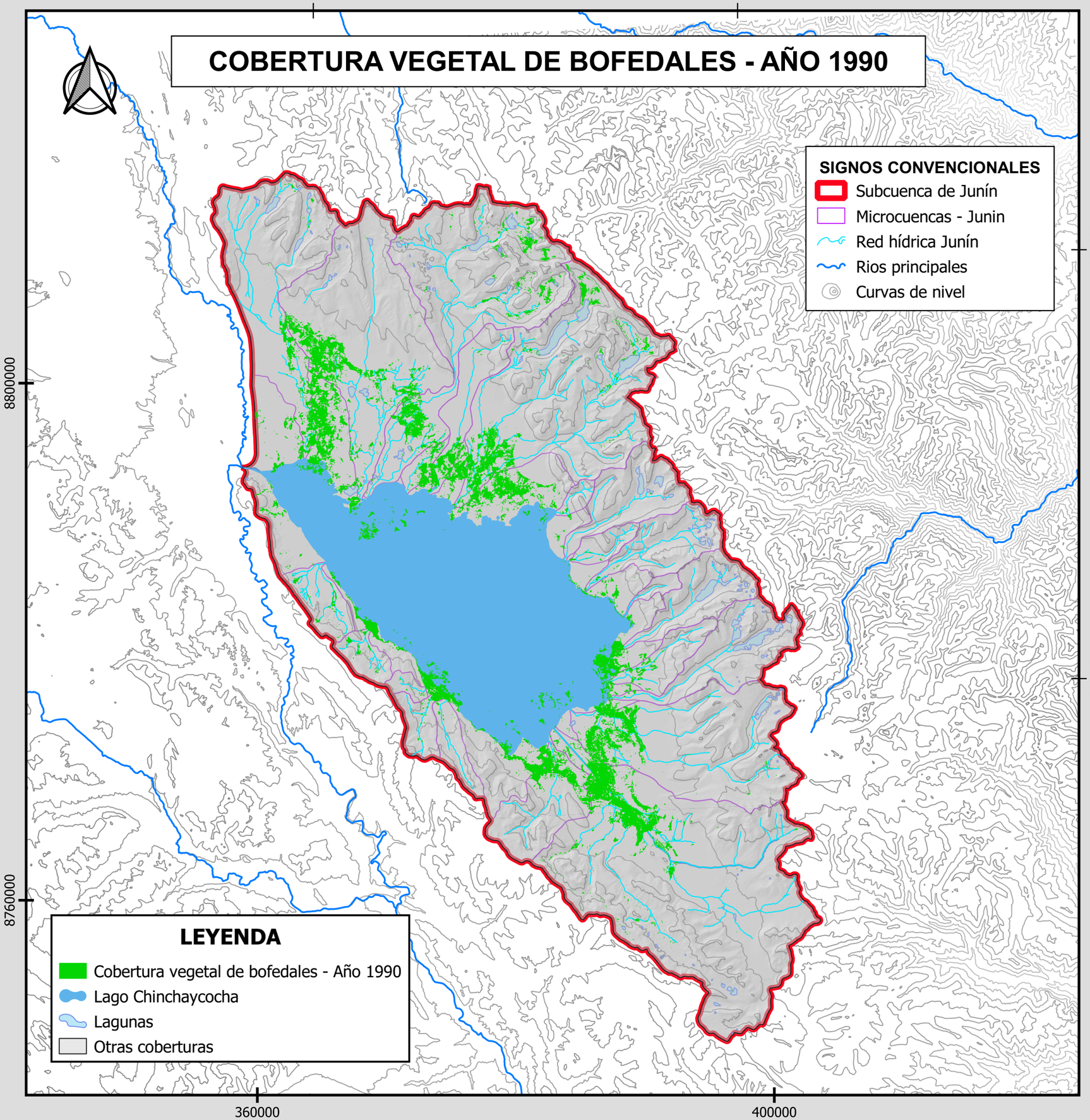
Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

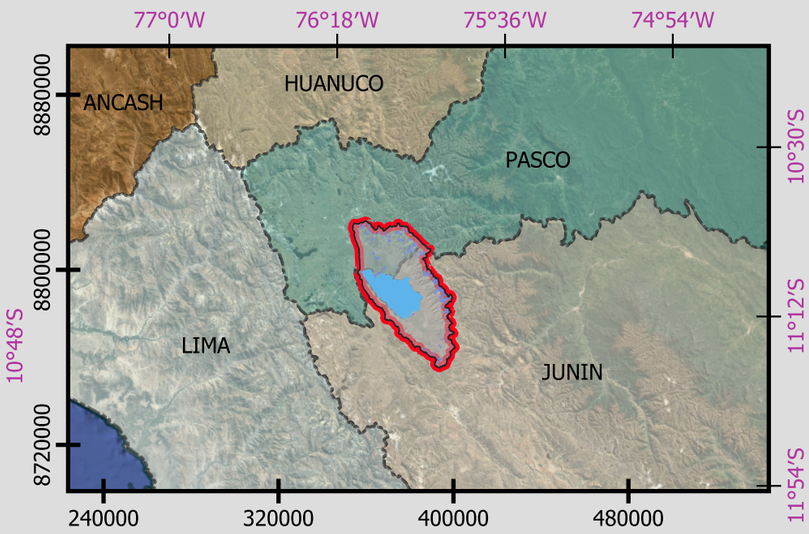
ANEXO B

“Mapas de variación de cobertura vegetal de bofedales”

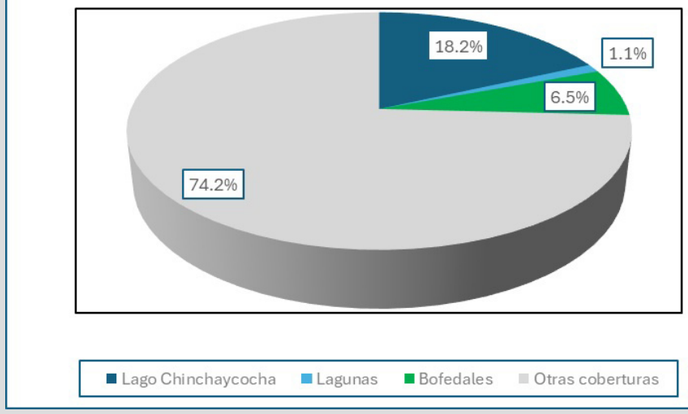
COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES - AÑO 1990



Ubicación Regional



Cobertura Vegetal de Bofedales - Año 2024



Procesamiento Imagen Landsat 5 - Año 1990

Cobertura	Área (km2)	Porcentaje (%)
Lago Chinchaycocha	313.68	18.2%
Lagunas	18.89	1.1%
Bofedales	111.65	6.5%
Otras coberturas	1276.42	74.2%
TOTAL	1720.65	100.0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES DE LA SUBCUENCA JUNÍN - AÑO 1990

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES - AÑO 1995

76°12'W
75°54'W
8800000
8760000
360000
400000
11°9'S

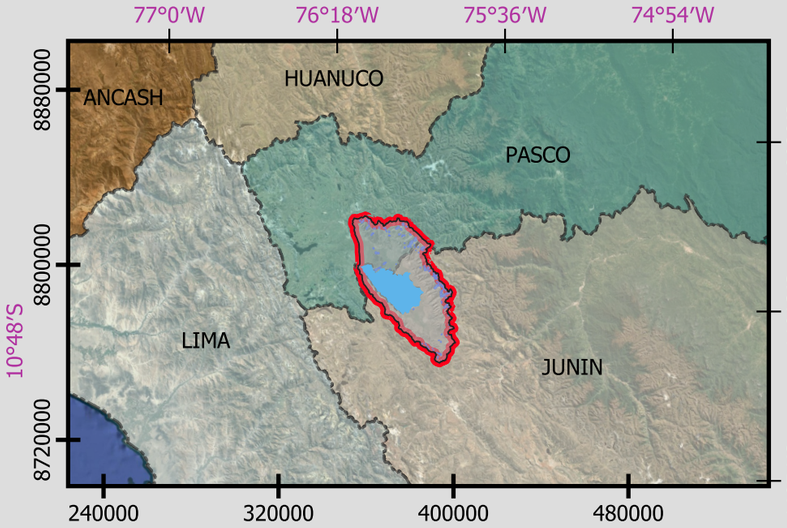
SIGNOS CONVENCIONALES

- Subcuenca de Junín
- Microcuencas - Junin
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

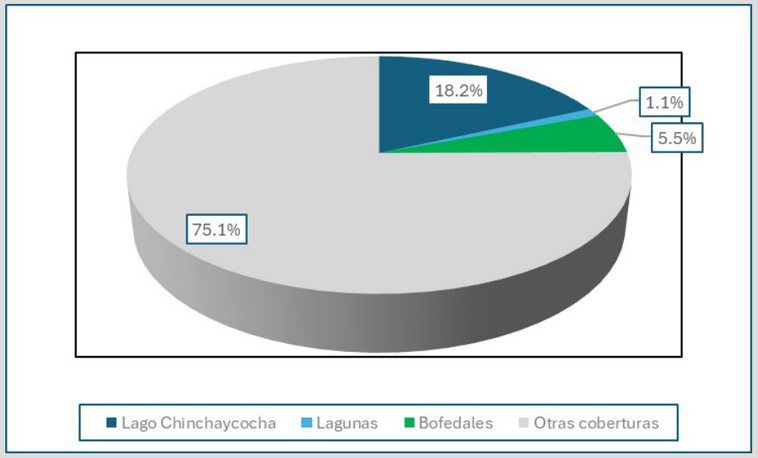
LEYENDA

- Cobertura vegetal de bofedales - Año 1995
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas
- Otras coberturas

Ubicación Regional



Cobertura Vegetal de Bofedales - Año 1995



Procesamiento Imagen Landsat 5 - Año 1995

Cobertura	Área (km2)	Porcentaje (%)
Lago Chinchaycocha	313.68	18.2%
Lagunas	18.89	1.1%
Bofedales	**95.31**	**5.5%**
Otras coberturas	1292.76	75.1%
TOTAL	1720.65	100.0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES DE LA SUBCUENCA JUNÍN - AÑO 1995

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

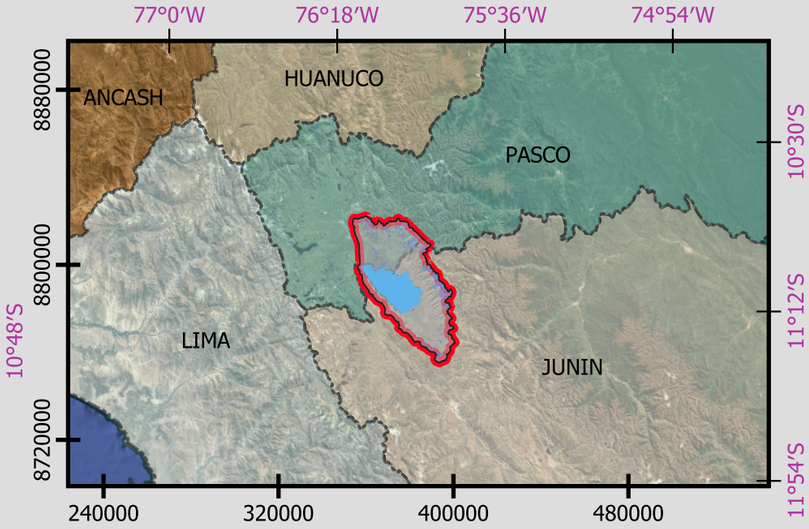
COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES - AÑO 2000

76°12'W
75°54'W
8800000
8760000
360000
400000
11°9'S

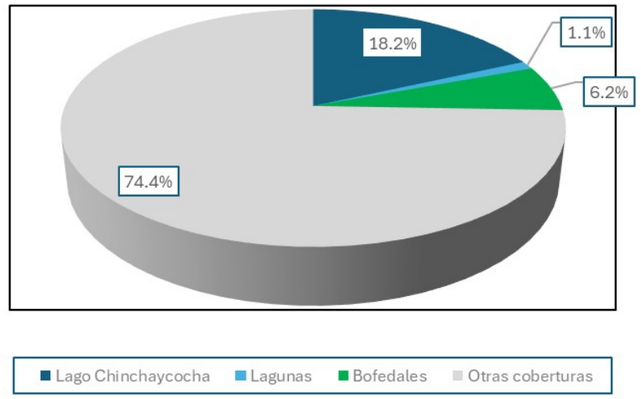
SIGNOS CONVENCIONALES
- Subcuenca de Junín
- Microcuencas - Junin
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

LEYENDA
- Cobertura vegetal de bofedales - Año 2000
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas
- Otras coberturas

Ubicación Regional



Cobertura Vegetal de Bofedales - Año 2000



Procesamiento Imagen Landsat 5 - Año 2000

Cobertura	Área (km2)	Porcentaje (%)
Lago Chinchaycocha	313.68	18.2%
Lagunas	18.89	1.1%
Bofedales	**107.48**	**6.2%**
Otras coberturas	1280.59	74.4%
TOTAL	1720.65	100.0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES DE LA SUBCUENCA JUNÍN - AÑO 2000

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

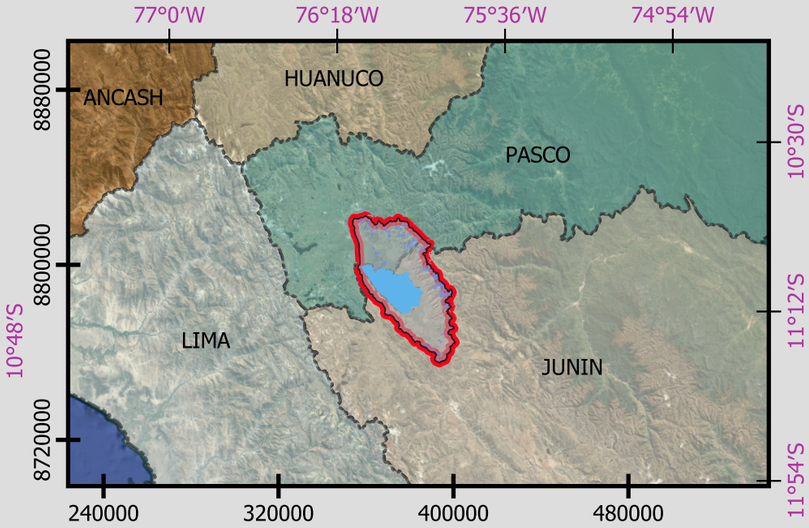
COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES - AÑO 2005

76°12'W
75°54'W
8800000
8760000
360000
400000
11°6'S

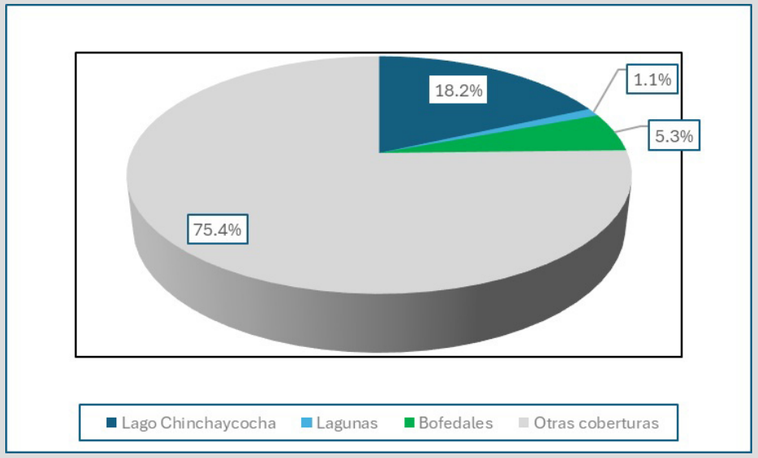
SIGNOS CONVENCIONALES
- Subcuenca de Junín
- Microcuencas - Junin
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

LEYENDA
- Cobertura vegetal de bofedales - Año 2005
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas
- Otras coberturas

Ubicación Regional



Cobertura Vegetal de Bofedales - Año 2005



Procesamiento Imagen Landsat 5 - Año 2005

Cobertura	Área (km2)	Porcentaje (%)
Lago Chinchaycocha	313.68	18.2%
Lagunas	18.89	1.1%
Bofedales	**91.08**	**5.3%**
Otras coberturas	1297.00	75.4%
TOTAL	1720.65	100.0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES DE LA SUBCUENCA JUNÍN - AÑO 2005

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

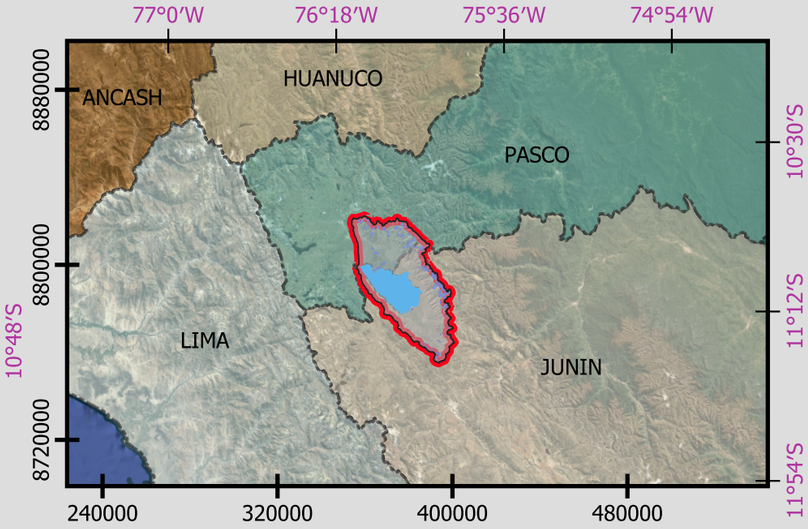
COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES - AÑO 2010

76°12'W
75°54'W
8800000
8760000
360000
400000
11°6'S

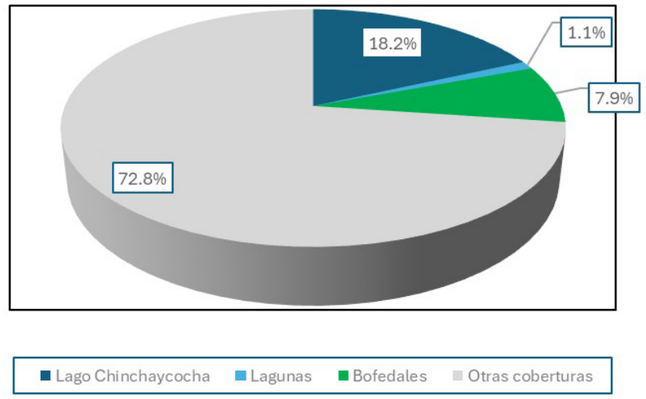
SIGNOS CONVENCIONALES
- Subcuenca de Junín
- Microcuencas - Junin
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

LEYENDA
- Cobertura vegetal de bofedales - Año 2010
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas
- Otras coberturas

Ubicación Regional



Cobertura Vegetal de Bofedales - Año 2010



Procesamiento Imagen Landsat 7 - Año 2010

Cobertura	Área (km2)	Porcentaje (%)
Lago Chinchaycocha	313.68	18.2%
Lagunas	18.89	1.1%
Bofedales	**135.07**	**7.9%**
Otras coberturas	1253.00	72.8%
TOTAL	1720.65	100.0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES DE LA SUBCUENCA JUNÍN - AÑO 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

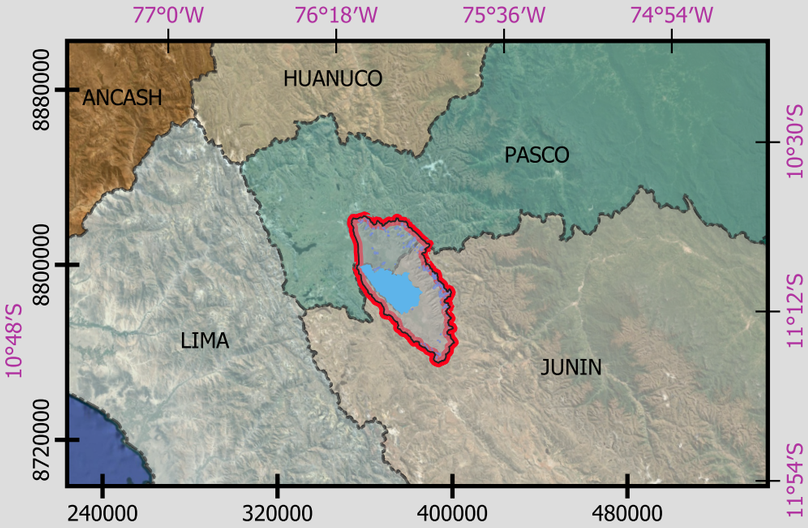
COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES - AÑO 2015

76°12'W
75°54'W
8800000
8760000
360000
400000
11°6'S

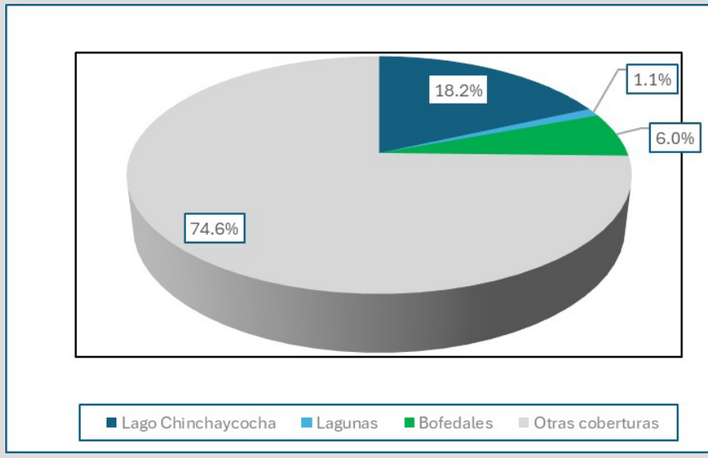
SIGNOS CONVENCIONALES
- Subcuenca de Junín
- Microcuencas - Junin
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

LEYENDA
- Cobertura vegetal de bofedales - Año 2015
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas
- Otras coberturas

Ubicación Regional



Cobertura Vegetal de Bofedales - Año 2020



Procesamiento Imagen Landsat 7 - Año 2015

Cobertura	Área (km2)	Porcentaje (%)
Lago Chinchaycocha	313.68	18.2%
Lagunas	18.89	1.1%
Bofedales	**104.05**	**6.0%**
Otras coberturas	1284.03	74.6%
TOTAL	1720.65	100.0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES DE LA SUBCUENCA JUNÍN - AÑO 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

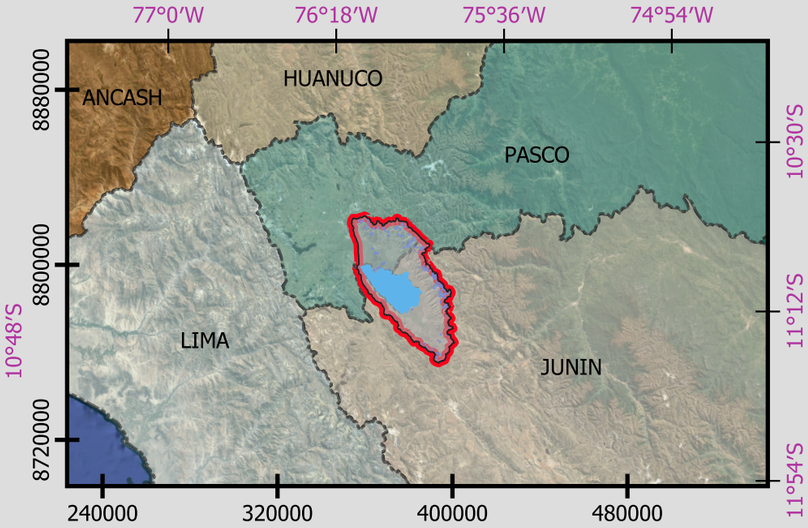
COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES - AÑO 2020

76°12'W
75°54'W
8800000
8760000
360000
400000
11°9'S

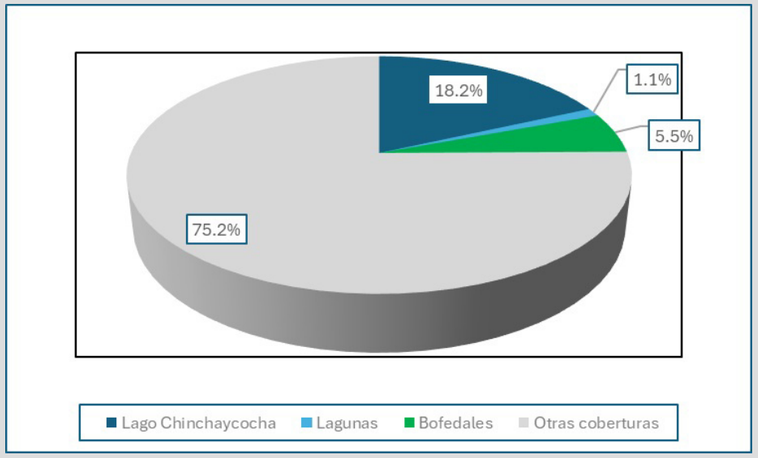
SIGNOS CONVENCIONALES
- Subcuenca de Junín
- Microcuencas - Junin
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

LEYENDA
- Cobertura vegetal de bofedales - Año 2020
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas
- Otras coberturas

Ubicación Regional



Cobertura Vegetal de Bofedales - Año 2020



Procesamiento Imagen Landsat 8 - Año 2020

Cobertura	Área (km2)	Porcentaje (%)
Lago Chinchaycocha	313.68	18.2%
Lagunas	18.89	1.1%
Bofedales	**94.52**	**5.5%**
Otras coberturas	1293.56	75.2%
TOTAL	1720.65	100.0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES DE LA SUBCUENCA JUNÍN - AÑO 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

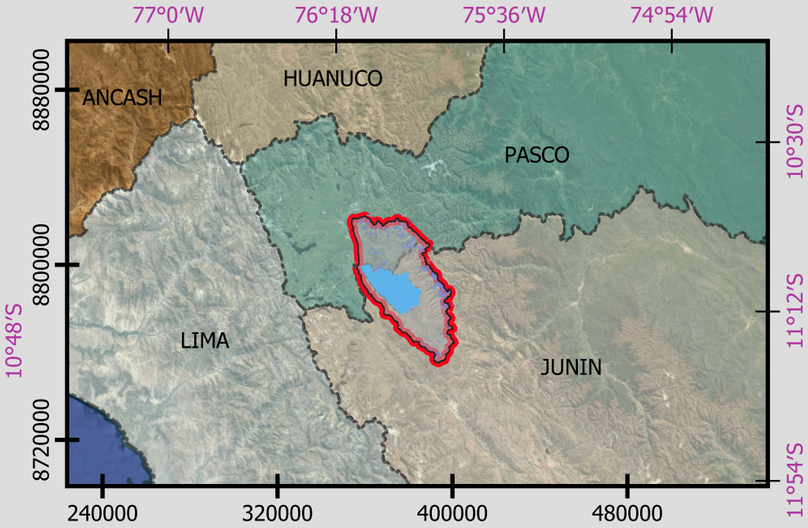
COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES - AÑO 2024

76°12'W
75°54'W
8800000
8760000
360000
400000
11°6'S

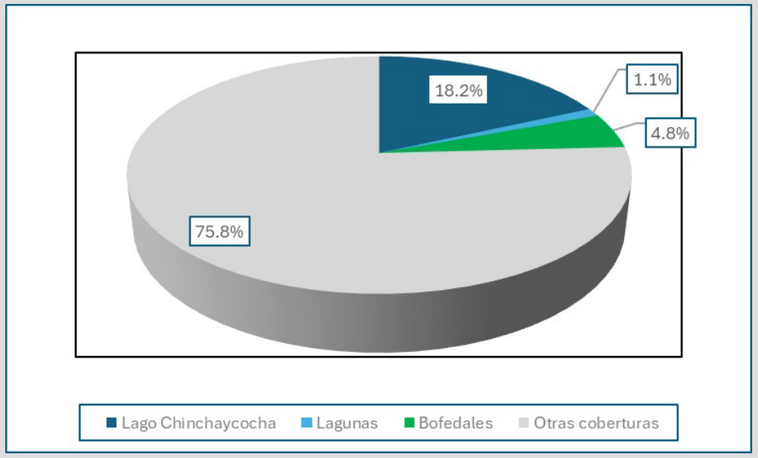
SIGNOS CONVENCIONALES
- Subcuenca de Junín
- Microcuencas - Junin
- Red hídrica Junín
- Rios principales
- Curvas de nivel

LEYENDA
- Cobertura vegetal de bofedales - Año 2024
- Lago Chinchaycocha
- Lagunas
- Otras coberturas

Ubicación Regional



Cobertura Vegetal de Bofedales - Año 2024



Procesamiento Imagen Landsat 8 - Año 2024

Cobertura	Área (km2)	Porcentaje (%)
Lago Chinchaycocha	313.68	18.2%
Lagunas	18.89	1.1%
Bofedales	**83.18**	**4.8%**
Otras coberturas	1304.89	75.8%
TOTAL	1720.65	100.0%

0 5 10 km

Escala:
1: 300000
WGS 84 Zona 18S

COBERTURA VEGETAL DE BOFEDALES DE LA SUBCUENCA JUNÍN - AÑO 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo

Elaborado: Renzo Carrizales Pezo

Asesor: Dr. Noé Zamora Talaverano

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

ANEXO C

“Valores de precipitación media obtenidos para cada microcuenca”

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Anascanchi

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	142.2	91.9	47.3	51.0	25.6	83.1	3.6	17.4	60.7	143.5	50.6	78.5	795.4
1991	71.2	64.3	107.9	50.8	16.2	6.4	2.2	1.2	38.7	40.2	60.2	73.7	533.0
1992	82.7	79.5	65.3	36.0	2.1	33.7	7.6	21.7	47.0	64.0	40.9	47.5	527.9
1993	113.1	146.9	89.8	55.3	38.2	13.7	17.1	7.0	40.6	25.4	125.2	104.9	777.2
1994	139.3	124.2	86.3	45.8	41.1	0.8	0.3	2.3	34.6	76.0	23.9	90.1	664.7
1995	79.8	111.9	154.7	43.1	8.4	6.7	7.4	0.1	25.4	44.5	67.5	85.4	634.8
1996	87.5	67.7	104.0	55.0	21.9	0.0	0.6	3.3	33.8	40.1	53.3	83.7	551.0
1997	97.9	105.2	75.6	56.5	23.1	1.5	1.0	25.0	57.8	94.8	75.7	75.2	689.5
1998	97.0	192.3	89.1	43.9	4.7	8.8	0.0	0.2	23.2	80.8	71.9	95.7	707.6
1999	126.0	109.8	105.3	30.7	7.8	8.6	8.2	5.1	68.4	26.1	47.2	115.6	658.8
2000	115.5	111.2	160.7	21.0	27.5	8.7	10.5	15.8	13.7	55.9	20.3	102.7	663.5
2001	184.2	110.7	100.4	52.2	51.6	8.2	27.1	10.6	39.8	74.1	72.0	155.4	886.3
2002	25.0	140.6	146.3	53.7	31.7	4.2	40.5	14.9	35.3	107.7	81.0	95.6	776.4
2003	77.2	72.0	119.0	52.2	35.6	1.1	1.0	35.0	42.2	23.5	72.0	105.6	636.5
2004	42.6	113.6	42.9	33.6	23.8	26.2	11.7	10.5	67.4	90.6	97.2	154.0	714.0
2005	62.1	91.2	121.4	35.6	28.2	1.4	2.7	18.2	60.1	85.8	56.6	107.0	670.3
2006	112.9	89.9	108.6	58.9	19.2	20.0	4.2	11.2	49.8	108.1	75.3	102.3	760.5
2007	94.1	54.8	92.3	72.0	23.2	2.9	10.1	5.2	26.7	66.0	68.7	98.3	614.3
2008	95.1	96.8	53.2	35.4	22.2	10.8	3.1	7.2	29.3	72.3	36.7	53.9	516.2
2009	133.5	112.9	84.9	42.7	23.6	15.7	17.2	30.8	11.7	45.8	107.3	236.4	862.5
2010	161.4	130.4	109.9	43.5	27.4	2.8	9.1	4.0	17.7	71.3	66.8	173.9	818.2
2011	159.0	195.2	106.7	87.8	26.3	3.5	10.3	12.3	41.2	92.2	67.4	178.4	980.3
2012	135.6	169.7	96.3	141.9	22.3	14.5	10.8	3.2	25.7	86.6	91.0	239.2	1036.6
2013	127.8	180.8	163.8	79.0	26.6	16.6	27.6	34.6	48.9	88.9	56.4	131.8	982.7
2014	126.7	172.5	125.7	81.5	47.3	5.6	26.1	9.7	44.7	39.2	69.8	101.1	850.0
2015	139.4	93.3	148.3	64.3	45.4	5.2	2.6	8.3	33.0	47.7	67.4	112.3	767.1
2016	91.3	109.0	85.9	55.8	28.7	9.7	7.2	14.1	30.9	73.2	28.6	93.1	627.4
2017	111.6	109.1	113.8	45.2	37.2	3.2	0.9	4.1	43.2	41.6	59.9	104.4	674.1
2018	109.6	89.8	111.1	56.4	20.2	16.6	19.2	23.0	44.8	97.3	106.0	30.5	724.5
2019	116.1	135.8	109.1	36.0	29.7	8.0	10.7	7.3	32.4	74.5	86.9	164.2	810.9
2020	103.6	120.9	63.0	53.9	12.9	6.1	31.4	5.6	43.4	34.9	32.7	105.8	614.1
2021	113.2	77.8	63.8	51.9	18.8	23.2	4.3	11.0	29.2	34.7	114.1	70.1	612.1
2022	130.7	130.1	108.3	43.1	53.6	8.3	8.1	17.2	58.0	43.0	48.9	110.7	760.0
2023	53.2	81.4	84.8	23.7	31.8	3.3	1.5	10.0	51.5	42.7	78.1	105.9	568.1
2024	94.7	83.9	91.8	45.1	27.4	5.5	4.8	12.5	36.5	61.0	51.3	84.8	599.3
Prom	107.2	113.3	101.1	52.4	26.6	11.3	10.0	12.0	39.6	65.6	66.5	110.5	716.2

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Antacocha

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	161.0	96.6	52.8	45.4	36.6	87.8	1.4	14.5	68.0	149.2	50.3	96.0	161.0
1991	58.5	58.0	94.9	52.0	25.2	8.4	1.5	1.2	44.1	45.9	75.6	75.2	58.5
1992	78.5	89.4	61.5	37.5	0.1	37.6	10.4	22.6	34.0	59.9	49.2	56.2	78.5
1993	141.8	170.6	91.7	74.4	38.6	9.5	24.5	3.1	51.1	27.7	154.8	107.4	141.8
1994	159.8	131.1	86.6	43.0	27.3	0.5	0.1	0.9	39.1	76.3	25.8	97.0	159.8
1995	80.3	109.7	173.5	42.0	14.1	5.2	9.9	0.3	25.4	46.7	76.0	75.5	80.3
1996	107.0	65.1	108.5	83.0	24.6	0.0	0.2	9.2	34.6	50.0	61.7	87.2	107.0
1997	95.8	109.8	73.0	57.7	17.9	2.0	0.2	35.2	60.8	93.1	83.6	77.5	95.8
1998	113.5	185.6	93.9	50.8	5.0	7.6	0.0	3.6	25.1	97.6	66.3	87.0	113.5
1999	123.1	110.1	102.5	39.7	12.5	11.9	8.3	6.2	77.2	31.9	59.4	104.8	123.1
2000	110.7	111.9	160.7	23.5	27.4	12.0	17.7	17.7	15.4	58.7	30.0	102.3	110.7
2001	185.5	112.9	103.7	46.2	53.9	7.0	32.7	13.2	42.0	77.1	84.1	136.9	185.5
2002	28.9	151.8	147.2	54.2	29.6	2.6	42.9	20.2	36.5	102.8	70.2	100.9	28.9
2003	78.7	82.9	134.5	59.8	34.4	1.9	5.1	39.7	46.3	20.0	73.6	126.8	78.7
2004	44.0	106.7	39.9	41.3	20.9	30.7	19.9	12.2	75.4	88.0	102.5	144.7	44.0
2005	62.2	86.6	145.6	30.1	29.6	0.6	2.1	16.8	69.5	80.4	60.2	104.2	62.2
2006	102.6	83.1	93.4	43.6	16.8	19.3	3.3	11.4	35.6	106.3	75.5	107.0	102.6
2007	95.2	67.1	89.9	70.3	21.4	1.5	11.9	5.0	32.2	63.8	61.7	79.1	95.2
2008	94.4	92.3	48.9	29.2	22.0	7.9	5.7	7.5	28.9	73.0	38.3	45.4	94.4
2009	128.0	87.8	99.9	48.7	26.9	27.0	30.2	39.4	16.8	79.8	117.3	377.4	128.0
2010	219.3	162.0	127.7	55.8	42.8	1.4	12.0	1.7	35.4	75.9	89.0	300.7	219.3
2011	190.8	259.6	140.2	85.2	31.9	2.1	11.4	15.7	46.5	111.2	85.5	308.6	190.8
2012	137.5	145.0	87.4	108.5	18.7	23.1	9.0	1.1	19.4	69.8	89.1	292.8	137.5
2013	128.7	167.3	156.9	69.3	36.2	25.0	26.0	33.7	45.4	100.7	64.6	133.4	128.7
2014	131.8	170.3	123.9	58.7	53.9	6.1	23.7	14.0	43.2	41.4	64.5	113.7	131.8
2015	134.8	86.2	126.0	47.2	46.4	8.6	2.4	12.3	24.7	49.9	65.7	110.9	134.8
2016	74.9	115.3	84.7	54.4	26.1	5.2	10.6	16.6	31.1	81.2	36.0	100.7	74.9
2017	111.7	110.5	125.4	61.3	39.0	3.7	0.1	3.3	43.8	41.0	58.8	128.2	111.7
2018	108.4	83.6	121.1	52.1	15.8	16.9	19.5	23.2	44.8	92.6	89.0	16.6	108.4
2019	96.5	141.5	121.3	45.4	23.7	13.0	14.4	7.7	32.4	74.0	95.1	215.6	96.5
2020	89.5	134.4	52.5	49.8	17.5	4.5	44.2	5.7	40.4	31.0	28.2	127.1	89.5
2021	114.7	68.7	68.0	65.8	20.5	25.9	3.6	16.2	29.6	32.8	117.4	62.4	114.7
2022	121.3	128.9	132.8	46.0	52.2	6.5	11.1	15.5	53.6	40.3	43.7	120.2	121.3
2023	56.4	79.9	93.5	19.9	38.4	2.7	3.0	12.5	52.8	40.2	81.8	114.0	56.4
2024	100.6	89.3	98.4	58.2	27.1	4.2	4.3	15.3	38.8	66.2	54.4	92.7	100.6
Promedio	110.5	115.8	104.6	52.9	27.9	12.3	12.1	13.6	41.1	67.9	70.8	126.5	110.5

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Antara Ocupa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	127.0	97.3	63.0	69.3	32.5	49.0	8.8	13.1	58.2	111.2	96.3	77.7	127.0
1991	90.8	83.0	111.4	51.5	28.4	12.9	4.3	5.3	44.3	59.6	69.9	83.3	90.8
1992	55.2	81.6	87.8	40.6	4.8	27.7	4.9	19.6	42.6	88.1	45.5	69.1	55.2
1993	121.5	143.2	108.6	59.3	33.0	9.4	12.4	11.1	72.0	67.4	126.8	94.3	121.5
1994	136.8	138.6	125.9	42.3	52.8	1.3	3.4	3.3	35.1	66.8	43.0	70.8	136.8
1995	89.4	105.2	147.3	46.0	21.0	7.2	9.2	3.9	23.8	47.4	90.5	102.3	89.4
1996	94.0	76.1	92.7	49.7	26.6	4.2	0.5	3.2	36.9	63.5	59.0	116.9	94.0
1997	93.7	110.1	92.6	44.5	28.9	2.6	2.8	24.6	65.8	87.5	73.1	87.9	93.7
1998	105.8	186.8	95.7	63.3	4.0	9.9	0.0	7.0	21.9	116.6	94.4	84.6	105.8
1999	124.7	144.1	121.8	51.8	21.0	21.4	10.1	3.0	70.7	37.9	43.4	111.8	124.7
2000	131.3	134.1	150.6	30.8	39.4	4.6	9.6	20.7	7.1	61.5	33.1	129.6	131.3
2001	173.4	96.0	114.2	53.2	42.1	16.2	23.4	9.7	37.6	66.7	83.3	165.4	173.4
2002	33.8	150.3	140.3	54.4	32.5	7.6	29.4	16.9	31.7	103.6	88.0	100.6	33.8
2003	95.8	86.8	127.5	56.1	23.5	0.1	3.4	33.7	40.1	30.1	84.1	102.7	95.8
2004	37.9	138.8	57.5	25.1	33.5	28.6	12.8	11.1	52.6	87.9	94.0	150.9	37.9
2005	84.0	113.5	104.9	47.4	32.2	4.1	2.8	16.1	43.8	84.5	65.5	78.3	84.0
2006	127.3	99.7	141.9	77.3	25.0	18.8	6.2	11.6	66.6	93.3	82.3	95.7	127.3
2007	119.6	78.6	114.4	63.6	29.8	6.0	9.3	9.0	31.5	76.5	80.6	107.9	119.6
2008	116.7	125.0	57.9	32.8	20.0	18.8	5.0	7.1	49.1	75.3	53.3	57.1	116.7
2009	122.8	146.9	102.7	47.0	32.8	9.3	14.3	28.6	37.3	58.5	128.5	182.2	122.8
2010	150.8	158.0	126.7	41.9	25.9	7.8	5.6	8.9	24.9	88.1	88.1	154.2	150.8
2011	149.1	180.4	114.5	102.2	29.7	6.4	11.1	11.1	42.3	82.6	76.5	155.8	149.1
2012	134.9	202.3	104.1	214.9	37.3	11.6	12.3	10.0	54.9	97.5	113.5	218.8	134.9
2013	145.0	184.4	172.6	123.6	28.7	13.3	20.7	26.9	54.0	96.2	68.9	136.7	145.0
2014	158.4	186.9	136.8	92.9	45.4	8.2	20.9	6.0	55.6	65.4	86.9	125.9	158.4
2015	135.9	111.4	133.3	102.8	48.2	9.4	8.7	10.4	40.4	62.9	76.7	120.8	135.9
2016	100.7	116.3	96.9	65.9	36.8	14.5	8.0	25.2	41.3	79.5	56.7	91.4	100.7
2017	125.5	132.3	111.4	50.4	39.0	10.4	3.8	8.7	49.1	56.6	66.5	94.2	125.5
2018	123.0	113.0	114.3	68.3	33.5	15.1	16.2	21.1	41.2	98.5	99.0	73.7	123.0
2019	129.1	135.3	106.0	53.9	37.5	12.5	13.0	11.9	38.0	84.1	91.8	147.9	129.1
2020	136.0	131.6	95.4	62.2	18.2	9.5	20.0	8.3	46.8	53.3	47.0	95.0	136.0
2021	118.7	90.0	88.1	47.8	19.3	14.3	8.0	12.0	39.3	50.6	92.9	86.2	118.7
2022	138.5	132.3	108.6	69.5	47.2	10.0	10.0	28.9	44.9	55.6	62.6	103.5	138.5
2023	76.3	104.9	101.7	39.6	33.1	8.1	2.1	9.4	51.1	57.5	84.5	111.5	76.3
2024	98.0	112.8	98.7	51.7	34.7	12.3	7.8	13.9	47.8	74.0	69.4	91.4	98.0
Promedio	114.3	126.5	110.5	62.7	30.8	12.1	9.7	13.5	44.0	73.9	77.6	110.7	114.3

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Chacachimpa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	166.6	106.3	61.2	50.8	54.4	71.6	1.9	9.7	77.3	144.3	75.4	117.8	166.6
1991	40.6	68.1	100.6	44.1	49.2	17.5	3.0	1.1	56.6	52.5	93.3	70.8	40.6
1992	48.1	105.5	64.8	43.3	0.1	35.4	14.2	24.5	23.4	79.4	66.7	75.8	48.1
1993	186.9	194.7	122.8	103.8	35.7	1.1	32.6	2.5	79.2	61.1	202.1	108.8	186.9
1994	180.3	158.1	119.1	74.3	28.8	0.4	2.3	3.0	48.0	70.3	48.1	109.3	180.3
1995	86.0	111.2	197.7	42.4	25.2	2.7	12.1	3.5	27.8	55.8	92.8	70.5	86.0
1996	139.5	74.0	104.6	128.5	34.1	0.1	0.3	17.2	38.4	75.4	81.6	95.4	139.5
1997	97.4	136.3	90.7	60.7	15.9	3.8	3.5	52.5	65.9	80.4	92.1	84.4	97.4
1998	144.8	166.0	112.8	67.2	8.6	6.5	0.0	9.9	34.2	127.1	55.6	63.5	144.8
1999	121.9	127.5	109.5	67.6	30.1	21.9	12.8	5.5	84.6	49.0	80.5	97.8	121.9
2000	129.8	116.4	155.6	37.0	28.7	13.7	31.6	27.4	18.3	77.7	63.5	115.5	129.8
2001	179.6	118.4	119.8	39.8	54.3	5.7	36.9	14.0	46.4	79.6	104.8	98.8	179.6
2002	41.2	168.2	146.9	52.4	26.4	4.8	36.4	29.7	44.1	97.5	75.2	125.8	41.2
2003	94.6	117.1	156.6	76.3	30.0	3.5	10.6	45.5	53.3	32.7	64.9	157.1	94.6
2004	50.1	108.9	53.2	46.9	25.6	36.2	31.2	18.0	78.7	94.6	106.5	141.6	50.1
2005	79.2	99.9	173.7	32.6	37.2	0.9	2.2	16.9	67.9	74.4	70.1	95.1	79.2
2006	86.6	87.2	99.8	30.0	19.0	18.8	3.6	12.9	33.1	104.2	80.4	118.6	86.6
2007	103.1	104.3	102.3	62.9	22.4	0.3	13.0	8.4	43.5	71.2	51.5	63.9	103.1
2008	90.8	108.3	43.3	17.9	21.7	7.7	10.3	9.0	37.4	85.9	48.4	49.1	90.8
2009	117.5	85.2	125.9	56.1	37.2	38.3	44.0	50.0	30.4	126.4	136.1	536.5	117.5
2010	283.4	222.0	151.0	80.1	64.7	2.5	17.9	3.4	64.7	87.1	120.0	460.2	283.4
2011	212.9	337.8	188.8	91.8	41.7	1.4	15.1	21.3	52.1	128.1	114.9	468.4	212.9
2012	134.4	134.4	82.4	119.8	26.5	31.6	8.5	3.5	34.3	62.2	100.3	352.5	134.4
2013	128.8	155.4	148.9	77.2	50.4	32.5	20.2	31.5	42.6	120.8	76.1	128.4	128.8
2014	143.8	163.5	126.3	46.5	60.2	7.8	21.1	18.5	45.2	55.6	59.3	148.4	143.8
2015	120.1	104.3	94.5	43.6	53.6	15.8	6.2	19.6	17.6	65.1	80.5	113.9	120.1
2016	61.5	135.8	89.3	67.0	30.1	2.7	17.6	23.0	37.0	91.5	56.4	115.0	61.5
2017	125.1	126.7	141.6	87.9	44.9	9.0	2.2	7.0	48.3	55.5	65.0	159.6	125.1
2018	114.2	95.1	136.4	59.1	21.2	15.7	21.8	23.5	47.4	89.8	61.5	30.5	114.2
2019	92.6	141.1	153.6	74.0	25.9	22.2	22.3	12.4	36.8	77.2	100.5	279.6	92.6
2020	99.0	158.3	50.3	50.1	31.2	3.9	55.0	9.5	39.0	39.1	28.4	148.1	99.0
2021	120.9	68.2	92.1	82.2	25.4	23.9	6.2	24.3	37.0	50.9	122.1	65.6	120.9
2022	119.0	113.2	183.2	75.4	49.1	5.6	18.0	16.5	40.6	49.9	41.9	127.4	119.0
2023	78.8	93.3	116.3	26.0	47.0	4.2	6.1	15.4	54.6	48.9	89.6	131.1	78.8
2024	106.7	112.5	117.6	78.2	33.4	5.0	7.1	20.3	45.5	81.6	70.7	113.1	106.7
Promedio	117.9	129.2	118.1	62.7	34.0	13.6	15.7	17.5	46.6	78.4	82.2	149.7	117.9

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Chuchucancha

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	131.4	66.4	54.6	52.5	40.8	61.1	12.5	10.3	73.4	106.7	81.1	72.0	131.4
1991	73.3	53.7	173.9	53.1	30.4	16.5	0.6	0.1	62.1	77.0	83.7	71.8	73.3
1992	53.3	85.6	111.6	41.0	4.8	20.5	5.3	11.7	14.2	93.2	40.3	47.7	53.3
1993	141.1	164.8	114.6	77.9	33.5	9.0	12.5	8.5	72.9	84.1	150.9	128.1	141.1
1994	169.7	122.1	111.8	85.0	33.0	4.4	6.0	5.4	27.6	77.2	91.5	79.9	169.7
1995	89.9	110.0	165.6	68.6	28.9	2.5	6.8	7.4	28.5	79.4	93.5	109.1	89.9
1996	92.2	77.8	112.6	76.7	26.2	6.5	0.2	9.6	20.5	81.0	55.8	132.4	92.2
1997	89.1	158.7	89.5	55.7	15.1	4.8	6.1	17.1	53.1	62.5	93.9	108.7	89.1
1998	120.2	161.3	109.4	63.8	8.6	8.2	0.0	9.1	49.5	114.3	61.8	87.4	120.2
1999	124.7	171.2	125.0	89.4	29.9	19.5	22.5	3.5	82.6	59.2	57.3	110.6	124.7
2000	164.7	146.0	162.4	54.3	56.4	9.3	24.2	29.3	13.0	108.0	54.8	158.2	164.7
2001	202.3	124.2	154.2	52.1	43.9	5.6	17.1	6.7	57.9	89.3	112.6	160.1	202.3
2002	56.4	171.3	168.7	85.5	25.9	11.7	29.7	12.3	39.7	109.5	104.3	120.3	56.4
2003	95.7	101.2	146.4	81.9	31.0	5.0	6.5	30.2	38.5	43.5	65.5	123.2	95.7
2004	51.0	121.6	63.3	30.4	39.5	28.6	18.9	30.0	51.1	99.0	85.1	161.3	51.0
2005	86.2	115.2	118.2	53.5	35.2	1.1	1.5	21.5	41.2	101.5	65.3	117.0	86.2
2006	174.1	90.6	156.7	99.5	16.6	18.8	5.4	17.8	54.1	109.2	83.3	137.9	174.1
2007	149.4	123.9	164.9	87.4	28.6	3.7	5.0	6.7	28.2	102.9	99.8	135.4	149.4
2008	164.7	148.7	66.6	34.2	10.8	18.0	1.3	7.4	55.7	112.8	73.5	101.0	164.7
2009	116.9	118.8	147.2	67.4	45.9	10.1	16.2	36.8	31.7	102.0	196.1	235.0	116.9
2010	223.6	201.2	146.7	35.1	22.9	5.9	7.2	3.6	26.6	99.1	115.3	231.6	223.6
2011	194.4	258.9	143.1	129.1	47.1	1.8	21.0	12.8	61.9	99.4	119.0	260.1	194.4
2012	158.2	195.1	101.6	280.4	40.9	15.9	10.4	6.0	65.4	100.4	118.4	251.8	158.2
2013	188.5	189.7	205.6	172.1	36.9	25.2	21.3	33.2	52.1	122.4	82.0	160.0	188.5
2014	252.2	241.1	160.5	96.9	68.1	6.3	16.8	12.5	75.6	75.3	107.6	158.4	252.2
2015	170.1	108.1	145.9	165.4	66.2	30.4	14.1	21.2	47.0	66.3	90.9	156.8	170.1
2016	79.8	126.0	108.7	83.7	40.0	20.6	18.3	25.7	34.8	87.2	37.7	106.7	79.8
2017	137.5	133.2	132.6	50.7	45.6	20.8	10.1	8.8	43.0	61.4	73.6	114.9	137.5
2018	128.8	114.4	113.0	91.1	33.3	29.6	27.3	21.7	36.6	109.7	93.2	77.2	128.8
2019	104.5	130.8	121.3	64.5	40.8	19.6	20.3	15.9	29.8	79.4	102.9	179.9	104.5
2020	150.7	163.0	103.2	59.3	23.0	3.7	30.7	6.0	33.4	37.1	48.7	110.6	150.7
2021	121.7	75.2	104.5	51.8	9.5	20.5	10.2	14.1	32.5	65.4	113.5	101.6	121.7
2022	124.1	134.1	136.1	87.8	53.7	14.3	6.3	27.3	31.1	51.8	45.8	114.5	124.1
2023	87.2	99.5	112.9	36.3	47.0	8.0	1.3	12.7	60.3	56.9	112.8	123.2	87.2
2024	119.5	110.4	124.2	66.6	42.8	7.7	4.9	20.6	55.0	88.6	71.1	112.8	119.5
Promedio	131.1	134.7	127.9	79.5	34.4	14.1	12.0	15.0	45.2	86.1	88.1	133.1	131.1

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Cuchucancha

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	136.3	65.5	57.7	60.2	41.3	58.9	13.3	9.2	71.4	103.3	94.1	71.9	136.3
1991	80.7	53.2	185.1	56.0	33.8	17.1	0.3	0.0	62.2	85.4	84.6	72.4	80.7
1992	55.6	82.6	111.5	41.7	5.8	16.8	4.5	11.7	14.5	88.2	33.8	46.7	55.6
1993	140.5	157.4	113.7	74.8	34.8	9.7	11.4	9.2	75.7	91.0	141.7	125.0	140.5
1994	163.6	127.6	116.9	91.8	36.9	4.7	5.9	5.4	28.4	76.3	92.9	79.5	163.6
1995	91.7	106.8	165.3	68.3	32.2	2.6	7.5	9.4	28.6	79.5	100.6	114.6	91.7
1996	87.8	77.1	112.2	69.7	23.9	8.8	0.1	9.9	20.6	94.4	54.4	148.5	87.8
1997	81.8	153.5	91.5	53.8	16.5	4.9	7.2	16.5	53.4	62.3	97.5	115.7	81.8
1998	123.9	156.3	109.2	66.3	7.0	9.3	0.0	11.7	46.7	122.3	66.5	86.0	123.9
1999	121.0	176.4	124.9	90.7	29.6	21.2	22.8	3.1	84.5	61.2	55.0	116.3	121.0
2000	161.2	150.5	161.3	57.8	62.9	9.9	25.2	32.3	11.6	112.3	56.1	172.4	161.2
2001	203.9	126.7	155.8	52.0	42.6	5.6	14.7	5.5	54.1	91.5	122.0	170.9	203.9
2002	58.9	162.3	169.4	85.1	25.8	10.5	29.6	9.4	38.1	111.8	102.7	118.5	58.9
2003	96.3	103.0	144.0	85.6	26.2	4.2	8.0	30.8	35.1	47.0	68.0	118.2	96.3
2004	52.9	120.6	65.8	28.5	38.4	29.5	20.0	27.6	46.8	94.5	83.8	162.8	52.9
2005	92.2	124.7	110.3	56.7	35.0	1.5	1.9	22.0	38.6	106.6	69.5	121.3	92.2
2006	186.8	90.2	168.7	115.5	17.1	18.3	6.2	18.0	57.5	109.9	84.0	126.7	186.8
2007	166.3	131.3	167.0	91.7	27.9	4.9	4.8	7.8	29.0	108.2	116.8	148.4	166.3
2008	188.7	171.3	62.5	34.5	10.5	22.5	0.6	7.4	66.0	115.1	88.1	112.8	188.7
2009	106.5	121.2	141.9	70.5	48.7	7.8	14.4	39.1	35.9	106.1	222.2	227.2	106.5
2010	232.4	214.9	152.3	28.7	19.7	7.4	6.5	3.2	26.2	106.9	124.7	227.5	232.4
2011	213.1	262.5	145.9	144.9	48.3	1.9	22.9	11.9	65.3	107.0	125.3	256.7	213.1
2012	169.4	213.7	107.8	340.6	46.2	16.5	11.0	7.1	69.1	111.8	129.7	257.0	169.4
2013	209.7	199.6	215.3	210.8	36.6	25.7	20.5	33.0	55.0	133.7	90.1	173.3	209.7
2014	289.0	271.0	169.2	109.7	69.7	6.9	16.3	11.6	85.6	84.8	119.5	172.2	289.0
2015	179.2	116.2	147.0	197.5	66.7	29.0	15.5	21.4	47.9	67.5	94.0	165.0	179.2
2016	85.0	128.1	112.2	83.3	41.6	19.4	17.8	30.1	36.7	89.9	41.5	105.4	85.0
2017	136.9	132.8	129.2	47.9	46.3	19.5	9.8	8.4	46.0	64.5	75.8	107.6	136.9
2018	131.2	118.4	109.7	94.3	34.5	28.4	25.8	22.0	38.2	119.6	96.0	84.1	131.2
2019	102.7	126.1	122.9	65.4	42.7	17.8	18.2	15.6	31.2	83.0	107.0	178.3	102.7
2020	161.3	166.2	112.3	62.4	22.1	4.2	28.3	6.6	34.6	37.2	56.6	106.0	161.3
2021	123.3	77.7	101.8	51.1	8.0	19.5	10.6	14.4	33.5	64.2	107.2	105.7	123.3
2022	126.0	135.1	136.6	90.5	54.1	15.5	6.1	32.0	32.7	52.4	46.7	111.6	126.0
2023	87.2	99.9	111.2	36.9	47.3	9.2	1.2	13.8	61.9	58.6	119.2	124.4	87.2
2024	117.5	111.2	124.4	68.1	44.1	8.8	4.9	21.1	58.5	94.0	77.4	111.5	117.5
Promedio	136.0	138.0	129.5	85.2	35.0	14.2	11.8	15.4	46.3	89.8	92.7	135.5	136.0

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Chuyroc

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	138.5	86.0	38.4	57.1	24.5	82.7	4.9	17.6	61.1	145.0	58.8	70.7	138.5
1991	74.9	61.4	115.3	49.2	15.5	7.4	1.8	0.4	38.9	39.4	56.8	69.9	74.9
1992	78.0	78.9	70.7	35.9	3.8	29.5	6.6	21.6	50.0	70.7	37.7	43.3	78.0
1993	108.6	138.3	96.9	50.0	38.4	14.3	15.6	8.6	43.3	31.3	115.9	100.8	108.6
1994	134.9	125.7	90.7	59.0	52.0	1.0	0.3	3.0	33.5	75.9	28.3	90.6	134.9
1995	82.2	114.6	149.9	43.3	7.8	6.7	5.7	0.3	24.5	47.6	67.7	91.4	82.2
1996	82.0	63.3	98.6	48.8	20.7	0.0	0.7	2.2	32.7	43.9	54.0	83.7	82.0
1997	99.6	108.9	82.7	57.0	24.7	1.9	2.1	22.8	56.5	92.4	74.8	74.8	99.6
1998	93.5	190.7	91.9	43.2	3.7	9.8	0.0	0.4	24.0	75.9	70.4	96.3	93.5
1999	127.7	113.8	108.2	31.1	7.1	9.5	9.5	4.0	66.5	27.1	44.5	122.2	127.7
2000	117.0	108.6	161.5	24.1	27.9	8.1	10.1	17.0	13.4	60.0	21.9	113.3	117.0
2001	191.3	115.6	101.7	54.4	51.5	6.7	23.9	9.1	39.5	76.0	74.4	164.5	191.3
2002	25.5	139.7	150.2	51.4	30.7	5.7	38.0	14.9	35.9	105.9	87.7	100.0	25.5
2003	78.6	72.6	111.4	52.8	35.2	0.8	0.5	33.1	40.7	27.8	67.1	99.0	78.6
2004	44.4	119.5	47.0	31.4	26.4	25.8	10.3	11.4	64.2	95.0	94.0	161.2	44.4
2005	65.2	98.3	109.4	40.6	28.8	1.5	2.7	19.7	54.1	90.2	56.0	111.5	65.2
2006	120.7	89.8	124.1	67.5	19.2	20.8	4.5	11.7	59.3	108.6	74.6	100.6	120.7
2007	100.6	56.0	95.1	72.0	23.7	3.2	8.3	5.5	24.1	71.8	73.4	109.1	100.6
2008	97.9	106.9	49.5	35.0	19.4	13.5	1.6	6.7	31.3	79.2	38.3	63.5	97.9
2009	133.2	124.7	78.0	42.2	24.2	11.4	13.1	29.8	10.8	39.5	114.7	207.1	133.2
2010	152.7	134.1	106.4	42.2	22.4	3.3	8.6	4.3	12.8	74.3	64.9	149.8	152.7
2011	154.1	187.8	99.4	99.0	25.3	3.8	10.7	11.2	39.7	89.7	65.6	153.5	154.1
2012	139.6	190.3	99.4	186.4	26.5	12.1	11.9	3.6	33.2	97.9	99.1	239.2	139.6
2013	135.5	192.3	172.8	98.2	24.4	14.5	27.4	36.5	50.5	90.6	53.9	137.9	135.5
2014	138.3	182.1	129.6	97.1	47.5	5.3	27.7	8.8	47.8	41.1	73.7	106.2	138.3
2015	144.2	102.2	156.9	80.9	48.9	5.0	3.1	8.3	35.5	48.2	68.7	118.9	144.2
2016	99.5	112.0	86.2	60.7	31.5	11.5	7.4	14.8	30.5	72.2	26.8	91.8	99.5
2017	119.2	111.1	110.8	40.0	38.8	4.2	1.8	4.7	43.8	44.3	62.4	97.6	119.2
2018	113.2	93.4	107.9	61.6	23.7	17.4	20.3	22.5	45.5	102.3	111.5	39.2	113.2
2019	128.9	134.4	107.7	35.1	35.6	7.3	10.6	7.4	31.5	76.7	86.6	157.1	128.9
2020	118.6	122.0	66.7	57.4	12.7	5.8	27.5	5.4	44.0	35.3	32.4	98.4	118.6
2021	118.2	81.3	66.1	48.0	16.2	21.9	4.5	9.6	28.9	38.5	116.0	73.5	118.2
2022	140.3	131.3	105.3	48.3	56.2	8.7	7.0	19.6	57.4	43.8	48.4	105.9	140.3
2023	52.3	81.0	83.7	25.0	30.9	3.6	1.1	9.2	51.5	44.9	79.5	105.9	52.3
2024	93.6	83.3	93.1	40.8	30.2	5.8	5.2	11.6	36.6	62.5	52.1	83.5	93.6
Promedio	109.8	115.8	101.8	56.2	27.3	11.2	9.6	11.9	39.8	67.6	67.2	109.5	109.8

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca De Chacpas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	153.0	94.1	53.3	45.8	30.2	87.5	2.3	16.2	63.6	146.3	44.5	87.0	153.0
1991	62.9	61.0	104.0	52.3	19.7	6.1	1.9	1.1	40.7	43.0	66.1	74.2	62.9
1992	84.6	82.8	61.8	36.5	0.7	36.0	9.0	21.3	39.3	57.5	43.4	49.7	84.6
1993	125.8	158.8	86.7	64.4	38.8	12.3	20.2	4.5	41.7	23.2	139.3	109.8	125.8
1994	147.6	124.3	81.5	40.8	29.2	0.8	0.2	1.4	36.4	76.5	24.8	92.5	147.6
1995	77.5	109.5	164.7	43.5	11.0	5.7	9.0	0.2	26.6	44.9	69.3	78.7	77.5
1996	94.9	68.2	108.7	67.4	22.3	0.0	0.3	6.2	32.8	43.5	54.1	85.8	94.9
1997	96.9	107.5	70.3	57.9	19.4	1.5	0.6	28.4	57.8	94.1	80.1	76.8	96.9
1998	104.1	188.9	90.2	46.2	5.1	8.0	0.0	1.6	24.9	88.1	67.6	92.5	104.1
1999	122.8	108.4	102.0	34.8	9.6	9.8	8.3	6.2	73.0	28.5	53.0	110.4	122.8
2000	113.1	112.5	161.4	21.7	27.8	10.5	14.0	16.4	14.9	57.3	24.5	102.1	113.1
2001	183.8	111.1	102.1	48.6	52.5	7.1	30.0	12.0	42.0	76.5	76.6	145.2	183.8
2002	27.4	142.5	145.6	56.5	30.5	2.9	42.5	16.7	35.4	107.6	74.5	95.6	27.4
2003	75.7	75.5	127.2	56.1	36.3	1.5	2.8	36.8	43.6	20.8	73.2	117.5	75.7
2004	42.2	108.6	39.7	37.5	21.2	28.0	15.4	11.1	71.4	88.2	99.2	148.4	42.2
2005	59.1	85.3	134.8	31.2	28.2	0.8	2.3	17.2	67.1	82.5	56.6	108.1	59.1
2006	108.5	86.5	96.3	51.1	17.8	19.0	3.7	11.2	38.5	107.1	74.0	104.8	108.5
2007	92.2	61.0	90.4	72.1	22.1	2.0	11.1	4.6	29.2	63.6	65.1	88.5	92.2
2008	94.9	92.2	52.2	33.5	22.8	8.7	4.2	7.4	28.0	71.7	38.1	49.6	94.9
2009	130.8	95.6	93.7	45.7	24.6	21.4	23.5	34.4	13.4	61.8	111.5	299.5	130.8
2010	188.4	141.8	117.6	47.2	34.4	1.8	10.6	2.4	25.1	72.4	75.8	230.1	188.4
2011	175.1	224.7	120.8	83.0	29.2	2.8	11.1	14.1	44.6	101.4	76.6	237.2	175.1
2012	134.9	149.9	90.6	111.2	18.3	18.7	9.5	1.7	18.5	75.7	85.6	259.5	134.9
2013	126.6	171.9	160.3	69.5	30.9	21.0	27.8	34.1	46.8	93.6	60.4	129.7	126.6
2014	128.3	171.3	124.6	66.4	51.0	5.8	24.4	11.9	43.9	39.1	66.8	103.3	128.3
2015	137.6	86.1	138.8	54.1	44.5	6.8	2.3	10.2	28.8	47.2	67.2	111.0	137.6
2016	79.9	110.1	85.3	53.5	26.0	6.9	8.7	14.9	30.2	76.6	29.4	97.0	79.9
2017	107.6	106.9	119.6	53.1	37.4	2.9	0.3	3.3	42.9	39.8	58.2	116.3	107.6
2018	107.5	85.3	115.1	53.4	16.4	17.2	19.3	23.1	44.2	95.0	97.8	20.8	107.5
2019	101.4	136.1	115.3	39.9	24.6	9.8	12.0	7.3	31.8	72.8	90.5	186.4	101.4
2020	91.2	125.6	57.4	51.0	14.5	5.0	38.5	5.5	41.1	31.3	31.5	116.5	91.2
2021	111.1	72.6	63.9	58.6	19.8	25.3	4.0	13.4	28.6	31.7	116.2	66.4	111.1
2022	121.3	129.3	119.1	41.5	52.5	7.2	9.2	16.0	57.2	40.4	45.3	116.6	121.3
2023	52.6	79.9	88.0	21.4	35.4	2.7	2.1	11.2	52.6	40.1	80.6	109.1	52.6
2024	97.9	84.8	94.3	52.6	26.4	4.3	4.1	14.1	37.6	62.2	51.5	88.1	97.9
Promedio	107.4	112.9	102.2	51.4	26.6	11.6	11.0	12.5	39.8	65.8	67.7	117.3	107.4

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Hualamayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	131.5	72.6	55.1	46.3	42.1	62.9	10.9	11.1	75.0	112.7	70.2	78.2	131.5
1991	62.7	57.5	161.1	49.5	31.1	16.3	1.4	0.1	61.8	68.0	83.7	70.8	62.7
1992	50.9	90.1	105.5	41.0	3.3	24.7	7.2	13.0	15.4	95.1	48.4	51.8	50.9
1993	147.8	174.1	116.9	84.6	32.8	7.5	15.5	7.3	70.9	77.3	165.2	130.0	147.8
1994	174.8	122.8	109.7	83.5	29.0	3.8	6.0	5.4	29.7	76.8	86.9	84.1	174.8
1995	87.6	112.4	170.7	66.4	26.4	2.3	7.1	5.6	29.2	76.8	87.7	100.1	87.6
1996	101.4	80.1	112.7	89.2	29.1	3.9	0.3	10.5	22.5	71.1	59.5	116.6	101.4
1997	95.7	161.5	88.0	58.3	14.0	4.7	5.4	21.9	54.0	63.9	91.6	101.5	95.7
1998	121.5	164.2	110.5	62.6	10.4	7.1	0.0	7.4	50.7	110.4	56.5	84.9	121.5
1999	126.8	162.7	123.1	87.3	31.1	18.7	21.5	4.1	81.5	57.3	62.7	105.3	126.8
2000	165.6	140.0	162.1	50.3	48.7	9.3	24.9	27.5	15.0	102.9	56.7	142.8	165.6
2001	197.0	121.8	150.1	50.3	46.0	5.4	21.3	8.3	59.9	86.9	104.8	142.3	197.0
2002	53.7	176.2	165.0	82.9	26.0	11.8	30.4	16.3	42.0	107.8	103.0	122.9	53.7
2003	95.4	103.1	150.5	79.5	34.7	5.6	5.9	31.6	42.9	40.9	62.9	132.3	95.4
2004	49.8	120.1	60.9	33.7	38.8	28.7	19.7	30.5	57.3	101.9	88.5	158.0	49.8
2005	81.4	106.6	132.2	48.6	35.8	0.8	1.4	20.6	46.3	94.3	62.9	112.1	81.4
2006	153.9	91.8	140.6	79.7	16.8	19.0	4.7	17.2	48.2	108.8	82.5	144.8	153.9
2007	131.0	118.3	157.1	81.7	28.5	2.3	6.2	6.3	30.0	95.6	81.6	117.7	131.0
2008	138.8	128.3	67.4	32.3	12.9	13.4	3.0	7.8	46.5	108.5	61.1	87.5	138.8
2009	124.1	112.6	150.4	64.0	43.3	15.4	20.9	36.7	28.5	102.7	170.4	275.7	124.1
2010	224.4	193.9	143.1	45.0	30.6	4.5	9.3	4.0	31.9	91.8	108.8	261.8	224.4
2011	182.6	265.7	147.1	112.2	46.1	1.6	19.4	14.8	58.8	97.2	115.1	287.8	182.6
2012	146.3	172.0	94.9	215.1	35.4	17.3	9.6	5.1	59.0	87.3	107.2	257.3	146.3
2013	165.3	177.3	191.1	131.9	38.9	25.8	21.9	33.0	48.7	114.5	75.8	144.7	165.3
2014	213.0	209.6	150.5	80.9	66.1	6.1	17.5	14.0	65.2	66.4	93.0	147.4	213.0
2015	156.9	102.3	138.8	127.9	64.3	30.1	12.4	21.0	43.0	65.8	89.4	145.7	156.9
2016	72.8	126.1	104.4	82.5	37.7	19.3	18.7	22.2	33.9	85.7	36.8	109.4	72.8
2017	135.6	132.7	136.8	58.2	45.1	20.4	9.6	9.1	41.6	59.1	71.2	126.5	135.6
2018	125.2	110.2	118.2	85.5	31.2	28.8	27.9	21.9	37.5	100.8	86.8	68.2	125.2
2019	103.9	134.1	126.5	66.5	37.4	21.3	22.1	16.0	29.9	76.2	99.2	193.0	103.9
2020	136.5	160.2	90.7	55.8	25.1	3.4	35.7	6.2	33.1	37.6	41.6	118.7	136.5
2021	119.4	73.0	105.6	56.2	13.1	21.7	9.8	15.2	32.6	65.4	119.6	95.5	119.4
2022	120.8	129.4	143.7	85.3	52.7	12.6	8.1	22.5	31.5	51.8	44.6	118.7	120.8
2023	87.2	99.5	115.2	35.4	47.0	6.8	2.1	12.3	58.8	55.2	106.1	123.7	87.2
2024	119.5	110.6	124.1	68.0	40.8	6.4	5.3	20.6	51.6	84.3	67.1	114.8	119.5
Promedio	125.7	131.8	126.3	73.7	34.1	14.0	12.7	15.1	44.7	82.8	84.3	133.5	125.7

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Huascán

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	159.9	92.0	84.3	74.9	42.3	47.1	10.7	7.9	56.3	96.9	111.2	82.4	159.9
1991	89.1	71.8	139.3	57.8	37.7	13.7	5.3	6.3	45.9	80.8	73.1	81.8	89.1
1992	55.1	87.9	105.1	48.3	9.1	22.9	3.0	17.9	40.6	84.2	35.3	72.5	55.1
1993	137.9	148.3	118.8	83.8	41.2	7.3	8.9	13.3	88.9	91.9	132.4	112.7	137.9
1994	134.1	132.9	126.7	117.0	40.1	4.2	4.6	2.0	35.3	63.4	60.2	68.7	134.1
1995	84.0	93.8	158.2	49.1	36.5	4.4	11.7	9.0	27.3	54.3	100.9	103.9	84.0
1996	83.1	71.4	91.3	46.6	20.4	10.7	0.2	7.6	34.5	92.7	49.8	140.8	83.1
1997	111.7	122.4	92.5	45.8	23.6	2.6	3.9	17.3	57.6	80.7	88.2	98.8	111.7
1998	98.4	178.2	106.6	80.8	4.0	10.6	0.1	16.2	22.9	150.2	102.2	76.4	98.4
1999	112.7	162.4	124.0	69.0	29.0	43.0	12.8	3.6	80.3	50.3	47.7	112.7	112.7
2000	130.4	149.4	148.6	41.9	43.1	3.4	9.2	22.1	7.4	67.2	51.6	187.6	130.4
2001	183.9	92.3	124.5	47.3	35.9	12.3	23.7	13.1	45.7	77.3	97.3	173.1	183.9
2002	47.2	141.3	133.9	65.5	29.3	8.4	26.3	23.5	28.1	105.0	89.7	106.0	47.2
2003	101.6	94.5	140.2	72.1	25.7	1.1	7.2	23.7	33.3	22.4	93.0	124.6	101.6
2004	25.8	179.7	60.7	27.4	34.8	34.1	15.6	12.0	53.5	86.7	90.6	143.0	25.8
2005	81.5	112.9	103.4	52.6	25.5	3.8	1.8	10.9	47.9	78.8	57.3	82.4	81.5
2006	141.2	99.1	158.1	91.4	24.0	16.3	5.2	10.6	54.0	82.5	75.8	95.4	141.2
2007	122.4	98.8	126.8	72.2	42.0	5.1	8.5	6.0	28.0	82.1	80.2	104.1	122.4
2008	122.0	125.8	56.6	39.4	15.4	24.6	4.3	4.9	55.3	79.7	61.3	64.6	122.0
2009	122.4	138.7	140.8	59.7	36.7	6.7	20.1	27.8	57.0	73.5	139.5	184.7	122.4
2010	155.6	177.8	149.4	44.9	25.9	7.0	3.0	5.3	21.0	100.4	99.2	146.7	155.6
2011	156.2	177.9	118.6	97.4	28.0	8.3	11.3	10.8	43.2	79.3	84.9	163.4	156.2
2012	133.1	186.4	93.0	172.4	33.7	10.0	10.5	8.0	48.0	84.9	106.2	220.0	133.1
2013	155.6	177.5	198.2	131.5	29.6	13.5	22.0	24.9	55.2	100.0	68.6	124.7	155.6
2014	181.7	193.0	151.3	74.6	53.5	12.8	12.5	4.1	60.6	76.5	87.1	122.1	181.7
2015	139.2	101.1	126.8	106.8	46.3	10.3	12.4	12.6	44.7	67.3	84.0	138.8	139.2
2016	94.1	120.6	99.4	73.3	33.5	13.9	9.4	42.7	41.1	90.1	61.5	93.4	94.1
2017	130.8	139.7	113.0	68.2	43.7	12.1	4.5	8.3	55.5	55.3	68.2	98.2	130.8
2018	134.0	119.5	113.6	77.7	37.1	18.7	12.7	16.5	53.3	115.4	109.8	100.9	134.0
2019	142.6	132.7	113.5	75.1	37.2	12.1	11.9	11.1	37.9	93.0	107.2	160.7	142.6
2020	145.5	138.6	113.2	70.9	20.1	7.0	21.8	6.5	44.7	55.8	59.1	91.7	145.5
2021	123.7	101.2	102.7	50.2	17.1	12.9	9.5	11.6	43.3	46.6	104.1	92.7	123.7
2022	141.8	158.3	116.8	80.4	48.4	9.8	8.8	50.3	56.8	53.7	62.8	103.0	141.8
2023	67.0	115.7	116.4	52.0	44.2	7.8	1.4	9.2	54.5	62.1	95.1	118.5	67.0
2024	104.4	132.6	102.2	70.4	42.2	11.8	8.0	15.7	57.6	82.1	75.4	95.0	104.4
Promedio	118.6	130.5	119.1	71.1	32.5	12.9	9.8	14.1	46.2	78.9	83.2	116.7	118.6

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Llacsa Llacsa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	185.8	78.7	83.3	82.4	49.2	55.0	11.3	4.4	57.9	96.6	125.6	80.6	185.8
1991	82.5	51.5	144.2	61.0	43.4	13.8	4.7	5.5	45.1	90.0	69.9	72.0	82.5
1992	54.8	92.6	120.6	53.5	13.3	15.5	1.1	18.2	33.0	81.7	22.6	64.9	54.8
1993	145.5	143.9	131.4	90.3	46.8	6.3	7.4	15.4	100.6	108.1	129.9	121.5	145.5
1994	126.0	131.9	120.5	129.9	36.6	6.5	3.9	0.9	35.9	63.4	71.0	76.0	126.0
1995	79.7	86.8	162.1	47.8	45.1	1.7	11.5	13.0	28.4	62.9	105.3	103.9	79.7
1996	68.6	56.3	84.4	41.8	12.6	15.7	0.1	10.1	29.2	115.1	43.1	148.1	68.6
1997	127.5	136.5	97.8	49.8	19.0	2.7	4.9	11.8	45.3	73.6	98.9	101.4	127.5
1998	86.8	172.4	118.0	88.6	1.5	12.3	0.0	23.0	23.1	165.1	101.4	70.2	86.8
1999	101.3	170.5	124.7	75.0	31.1	60.9	14.9	3.2	83.2	58.0	50.3	119.5	101.3
2000	120.5	149.8	150.9	51.4	40.6	3.1	8.9	22.7	8.8	70.3	66.6	243.2	120.5
2001	205.4	97.4	126.7	43.6	33.3	5.2	22.7	15.5	52.2	89.5	110.2	184.8	205.4
2002	55.8	131.5	133.6	68.0	24.6	9.4	23.6	31.5	26.2	100.9	94.7	115.7	55.8
2003	103.2	98.3	139.4	83.7	29.7	0.8	10.0	14.3	27.1	17.3	91.4	138.6	103.2
2004	17.4	217.4	63.4	29.8	35.7	39.1	17.0	12.5	55.4	92.0	85.4	143.6	17.4
2005	76.7	113.6	94.2	59.2	19.8	2.6	0.7	8.1	50.9	77.5	46.8	96.9	76.7
2006	153.3	93.9	179.8	102.8	21.6	14.9	3.8	9.7	49.4	74.1	65.4	93.1	153.3
2007	124.0	109.5	127.8	80.4	50.5	3.7	6.1	2.8	21.2	88.7	76.8	104.6	124.0
2008	116.7	127.8	47.6	42.8	8.8	30.0	1.9	2.0	55.8	88.3	61.5	76.3	116.7
2009	126.1	135.6	157.9	69.0	37.8	2.5	23.9	27.0	67.6	78.7	146.9	199.2	126.1
2010	158.8	198.2	163.3	51.5	24.4	5.3	1.4	1.2	12.9	109.4	103.4	142.7	158.8
2011	161.2	180.6	115.8	102.5	23.5	9.8	10.8	9.9	39.6	79.1	87.1	169.1	161.2
2012	135.6	187.3	83.5	161.5	30.3	7.7	9.9	4.3	41.5	80.7	103.2	242.3	135.6
2013	164.1	184.1	226.2	144.0	27.9	12.3	24.4	27.1	56.3	100.6	60.2	120.0	164.1
2014	193.1	199.8	162.9	70.1	60.4	15.5	8.6	2.8	59.2	80.0	82.5	118.2	193.1
2015	142.6	99.3	130.5	107.3	47.2	8.3	13.7	14.1	44.5	67.5	85.3	158.4	142.6
2016	92.3	125.8	96.5	81.3	31.1	12.9	10.7	56.6	37.2	95.7	60.1	93.5	92.3
2017	138.3	141.6	111.7	77.4	47.4	12.5	4.5	7.3	58.6	52.3	68.5	99.9	138.3
2018	141.3	121.9	110.7	85.2	39.7	22.1	11.2	12.3	52.7	123.0	121.4	104.6	141.3
2019	153.4	124.8	112.0	82.8	38.8	10.5	10.6	8.8	33.5	100.3	117.6	167.7	153.4
2020	153.3	140.3	120.5	80.2	20.4	3.5	23.0	3.9	42.6	54.6	61.5	85.4	153.3
2021	132.5	109.0	111.3	51.3	12.3	12.3	9.1	10.0	43.4	44.2	118.7	92.7	132.5
2022	146.5	172.5	116.1	84.9	51.2	7.1	6.7	68.9	59.4	48.7	57.4	96.5	146.5
2023	50.0	116.5	123.7	57.4	50.4	6.3	0.6	8.0	54.3	62.4	100.3	122.7	50.0
2024	106.5	141.3	103.6	78.1	48.3	10.0	7.8	15.2	61.7	85.4	75.8	93.8	106.5
Promedio	120.8	132.5	122.8	76.2	33.0	13.1	9.5	14.3	45.5	82.2	84.8	121.8	120.8

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Maraychaca

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	192.4	77.0	83.7	83.5	50.5	56.6	11.4	3.8	57.8	97.1	127.3	80.8	192.4
1991	81.9	48.1	151.2	61.3	44.2	14.1	4.8	5.3	45.3	91.9	69.9	70.6	81.9
1992	55.0	94.5	122.9	54.8	14.3	14.7	0.9	18.5	35.6	82.0	20.9	64.3	55.0
1993	148.1	144.3	134.6	95.3	49.0	6.1	7.1	16.0	102.9	111.0	130.1	124.3	148.1
1994	126.3	130.7	120.2	156.0	37.2	6.9	3.9	0.8	36.0	63.4	73.1	78.0	126.3
1995	79.2	86.6	164.3	47.9	46.8	1.3	11.4	13.6	28.7	64.5	105.9	104.2	79.2
1996	66.4	53.7	83.5	41.8	11.5	16.5	0.1	10.8	29.4	119.1	42.7	148.9	66.4
1997	132.3	138.8	99.0	51.0	18.2	2.7	5.1	10.9	43.8	72.9	101.7	101.9	132.3
1998	84.5	171.1	120.5	90.7	1.6	12.5	0.1	24.1	23.3	167.8	101.3	69.3	84.5
1999	100.8	171.9	124.8	76.7	31.7	63.9	15.3	3.1	84.6	59.5	51.4	120.9	100.8
2000	119.9	149.8	151.1	53.0	39.9	3.0	8.8	22.8	9.4	71.5	69.4	252.3	119.9
2001	209.2	99.0	127.7	43.0	33.2	3.8	22.8	16.0	53.5	91.9	112.1	186.4	209.2
2002	57.2	130.5	133.7	68.7	24.1	9.7	23.4	32.9	26.4	100.6	96.1	118.2	57.2
2003	104.0	99.4	140.1	86.4	30.8	1.1	10.4	12.5	26.3	16.3	91.1	141.7	104.0
2004	16.4	224.3	64.0	30.8	36.0	40.0	17.4	13.0	56.8	93.3	85.1	143.7	16.4
2005	76.0	113.8	93.8	60.4	18.5	2.5	0.6	7.6	51.2	77.2	45.2	99.6	76.0
2006	154.5	93.3	183.6	104.6	21.0	15.0	3.5	9.6	48.7	74.1	64.5	93.9	154.5
2007	123.2	110.9	129.1	82.3	52.5	3.4	5.8	2.1	19.9	89.9	75.8	104.2	123.2
2008	115.2	126.9	46.3	44.0	7.6	30.9	1.5	1.5	55.7	90.1	61.1	78.4	115.2
2009	127.4	134.9	162.5	70.7	37.9	2.1	24.8	27.2	68.9	79.3	147.0	202.1	127.4
2010	159.1	200.4	165.6	53.2	24.1	4.9	1.2	0.5	11.4	110.6	103.3	141.0	159.1
2011	161.4	180.2	115.8	102.3	22.5	10.0	10.7	9.8	39.1	78.4	87.1	170.2	161.4
2012	136.0	186.5	81.6	156.1	29.7	7.3	9.8	3.6	40.3	79.8	102.3	245.5	136.0
2013	165.3	184.3	230.7	144.2	27.8	12.2	24.9	27.7	56.3	101.0	58.4	118.4	165.3
2014	195.4	199.3	165.0	69.1	61.8	16.1	7.9	2.6	59.6	80.2	81.2	116.9	195.4
2015	143.8	98.2	131.1	106.4	47.6	8.1	14.0	14.3	45.3	67.8	86.1	161.7	143.8
2016	93.1	127.3	96.0	83.3	30.7	12.9	10.9	58.9	36.5	97.2	59.2	94.0	93.1
2017	141.1	142.6	111.9	80.0	48.8	12.5	4.6	7.1	59.7	51.8	69.3	100.8	141.1
2018	143.6	122.1	110.3	87.0	40.5	22.8	11.0	11.6	57.4	127.6	125.3	110.0	143.6
2019	160.6	126.2	114.5	86.0	40.0	10.2	10.5	8.3	33.4	102.0	120.2	172.8	160.6
2020	157.1	141.7	121.4	81.8	20.6	2.9	23.6	3.4	42.4	54.3	62.1	84.8	157.1
2021	134.9	111.1	113.2	51.7	11.7	12.4	9.2	9.7	43.7	43.4	123.5	93.1	134.9
2022	150.9	178.3	118.7	86.9	52.8	7.3	6.4	72.2	63.5	48.1	56.9	96.3	150.9
2023	47.3	117.1	125.4	59.0	52.3	6.0	0.5	7.9	55.1	63.0	101.5	123.9	47.3
2024	107.1	143.3	104.1	80.2	49.9	9.6	7.9	15.3	62.5	86.5	76.0	94.2	107.1
Promedio	121.9	133.1	124.1	78.0	33.4	13.2	9.5	14.4	46.0	83.0	85.3	123.1	121.9

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Ocshapampa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	219.1	95.4	97.3	80.3	49.0	56.0	12.5	5.5	51.4	108.7	111.5	88.3	219.1
1991	100.3	60.3	262.7	57.0	40.6	19.0	6.8	4.2	52.0	98.4	83.2	82.4	100.3
1992	60.1	107.4	102.8	56.8	16.4	24.7	4.3	21.0	106.1	90.1	34.2	81.1	60.1
1993	167.7	164.3	140.5	154.5	68.2	6.5	8.7	17.9	100.9	104.9	135.2	135.8	167.7
1994	158.0	118.6	139.5	565.0	62.0	6.5	6.3	3.8	34.5	60.8	71.8	82.0	158.0
1995	87.8	106.7	190.0	53.8	47.4	3.7	12.0	10.9	29.5	59.3	104.8	114.1	87.8
1996	79.9	63.5	92.1	54.2	18.0	13.2	0.9	14.0	51.0	119.1	57.7	150.8	79.9
1997	148.4	120.9	98.8	56.5	22.9	3.6	5.9	15.5	64.1	86.8	113.3	106.6	148.4
1998	92.7	164.3	119.6	100.2	10.9	11.7	0.6	19.8	24.6	164.1	102.3	76.3	92.7
1999	129.0	169.9	123.8	84.7	32.7	50.9	17.0	3.4	101.2	59.1	59.3	124.5	129.0
2000	140.4	152.4	146.4	50.5	43.9	4.2	10.8	25.5	13.2	85.8	62.6	217.9	140.4
2001	198.5	111.1	137.7	46.2	40.6	5.3	24.8	14.6	47.5	92.4	107.9	178.9	198.5
2002	52.5	141.9	139.6	71.0	30.2	9.6	29.1	24.7	33.7	112.0	96.9	120.8	52.5
2003	109.2	106.8	150.7	93.5	31.2	7.4	9.1	16.8	32.7	21.3	92.9	139.0	109.2
2004	32.9	199.0	65.8	38.0	35.7	36.8	19.5	17.3	69.4	90.2	97.3	145.9	32.9
2005	83.9	122.5	112.9	58.7	18.3	3.7	2.8	11.6	45.4	80.8	59.4	97.1	83.9
2006	143.2	98.9	174.5	105.8	19.3	20.8	4.4	11.6	53.0	101.8	85.0	103.4	143.2
2007	121.3	104.5	146.7	85.2	53.3	3.0	9.1	3.9	24.3	90.7	88.2	107.0	121.3
2008	131.5	125.4	50.0	49.0	10.2	29.7	3.0	5.1	59.7	93.0	67.8	83.1	131.5
2009	122.3	129.8	168.0	67.4	38.6	9.7	23.6	36.5	55.6	79.3	152.3	207.4	122.3
2010	170.3	182.7	157.2	52.4	22.3	4.9	3.5	1.0	16.7	107.9	98.8	142.4	170.3
2011	170.1	180.9	129.0	97.5	25.4	6.9	13.0	10.5	47.2	80.6	88.0	182.3	170.1
2012	144.8	184.9	87.8	163.2	35.7	10.7	9.0	5.4	46.1	89.8	109.2	234.2	144.8
2013	177.2	172.8	215.1	139.2	33.3	16.8	23.4	29.3	55.8	121.2	67.9	124.4	177.2
2014	232.7	199.7	164.2	79.0	63.5	17.1	11.2	4.5	83.2	78.3	88.7	125.2	232.7
2015	161.2	92.9	130.2	123.0	52.9	11.2	15.8	13.1	60.0	71.2	96.9	151.9	161.2
2016	114.6	136.0	101.3	86.6	34.1	14.8	10.7	51.2	40.6	106.3	50.9	100.4	114.6
2017	162.2	151.3	118.2	87.0	60.2	9.4	5.5	7.2	70.6	55.1	83.0	104.2	162.2
2018	156.6	117.9	112.3	92.9	43.7	20.5	12.7	14.8	140.5	189.7	147.1	193.5	156.6
2019	238.7	173.0	167.6	114.8	55.8	10.4	11.2	9.3	49.2	106.9	131.1	240.5	238.7
2020	200.9	165.2	113.6	78.3	22.9	5.0	28.8	5.3	46.2	50.2	67.7	96.1	200.9
2021	145.4	118.0	110.0	54.1	16.1	14.7	11.5	11.3	47.4	34.4	146.5	102.7	145.4
2022	208.3	226.8	168.7	108.2	71.6	19.3	8.7	62.4	126.6	54.8	66.2	114.7	208.3
2023	60.7	120.8	124.6	64.3	62.6	7.8	0.8	11.9	70.1	73.4	110.8	130.6	60.7
2024	109.9	143.3	110.0	89.5	56.9	9.5	9.1	18.4	63.5	98.4	81.4	104.3	109.9
Promedio	138.1	138.0	133.4	95.9	38.5	14.4	11.0	15.4	57.5	89.0	91.9	131.1	138.1

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Ondores

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	135.5	71.9	54.6	54.0	40.2	63.7	10.9	10.9	71.8	113.0	79.7	74.7	135.5
1991	71.4	56.0	158.2	52.5	30.5	15.2	1.0	0.5	58.3	71.3	80.5	71.8	71.4
1992	55.2	86.0	104.3	40.7	4.4	22.2	5.9	13.5	17.7	89.1	41.1	49.8	55.2
1993	140.4	162.8	113.0	75.2	34.0	8.9	13.9	8.0	71.1	77.2	149.3	122.6	140.4
1994	164.1	125.3	110.0	72.6	34.1	3.8	5.1	4.6	29.9	75.9	80.6	81.4	164.1
1995	88.1	109.2	165.1	63.2	26.8	3.0	7.3	6.6	28.0	73.1	90.9	104.0	88.1
1996	93.5	75.3	109.1	75.2	25.5	5.6	0.2	9.1	22.8	77.3	56.4	125.4	93.5
1997	91.4	150.5	88.6	55.5	16.3	4.3	5.4	19.8	54.1	67.4	91.0	102.7	91.4
1998	117.8	165.6	107.5	62.4	7.5	8.4	0.0	8.8	44.6	112.7	63.8	86.1	117.8
1999	123.5	161.9	122.0	80.7	27.4	20.1	20.0	3.7	80.8	54.7	56.6	111.1	123.5
2000	154.9	140.2	161.4	49.4	50.8	9.1	22.4	27.4	12.9	98.6	51.9	153.0	154.9
2001	199.1	120.9	144.6	51.1	44.8	6.0	19.3	7.7	54.9	86.7	107.4	157.5	199.1
2002	51.8	165.8	163.3	78.7	26.2	10.4	30.6	14.5	38.6	107.6	99.5	117.3	51.8
2003	93.6	98.5	142.4	77.6	31.1	4.0	6.2	31.1	39.3	40.0	66.9	123.0	93.6
2004	48.4	123.8	60.5	31.2	37.0	29.2	18.6	26.2	53.8	97.7	87.1	159.1	48.4
2005	82.6	111.7	119.2	50.4	34.2	1.2	1.6	20.4	45.0	97.1	63.6	113.2	82.6
2006	161.4	90.2	149.2	90.8	17.4	18.6	5.2	16.4	52.8	106.1	80.8	129.8	161.4
2007	139.9	114.6	150.4	82.4	28.1	3.5	5.9	6.6	28.7	96.4	92.5	126.2	139.9
2008	149.9	140.6	62.2	32.9	12.4	17.1	2.0	7.2	51.6	106.1	67.5	91.4	149.9
2009	118.7	117.8	137.3	63.4	42.5	11.8	17.9	36.1	31.0	95.9	181.1	249.1	118.7
2010	216.8	195.2	142.6	38.9	25.8	5.4	7.8	3.7	27.2	96.1	109.9	234.5	216.8
2011	189.3	253.5	139.5	122.1	43.6	2.4	19.0	13.2	57.8	99.5	111.7	257.8	189.3
2012	152.7	189.8	99.1	254.4	37.7	16.2	10.4	5.6	58.8	96.5	114.3	256.0	152.7
2013	177.0	187.5	198.4	156.1	36.0	23.9	22.0	33.0	51.4	117.5	77.8	153.6	177.0
2014	229.0	227.7	154.3	92.1	64.7	6.5	17.9	12.1	69.5	70.4	99.8	150.2	229.0
2015	162.1	106.7	142.9	145.4	62.4	25.7	12.2	19.5	43.2	63.9	87.2	149.1	162.1
2016	80.4	124.7	104.3	79.5	38.0	18.0	16.7	25.2	34.6	85.8	38.8	104.9	80.4
2017	133.8	130.2	129.8	52.7	44.4	18.0	8.4	8.2	43.7	58.7	71.1	115.1	133.8
2018	126.1	111.0	113.9	84.9	31.4	27.0	25.6	21.6	36.9	106.3	92.8	69.2	126.1
2019	105.8	130.5	120.4	61.8	38.6	18.2	19.0	14.5	30.2	79.3	101.0	181.7	105.8
2020	142.2	156.6	96.2	59.0	22.2	4.0	31.5	6.1	35.2	37.6	45.7	110.6	142.2
2021	120.9	76.3	99.6	53.2	11.4	20.5	9.3	14.1	32.6	60.7	113.0	95.6	120.9
2022	124.5	132.3	133.7	81.9	52.9	12.4	7.1	26.9	34.1	50.4	46.0	113.7	124.5
2023	81.4	97.7	110.1	34.9	44.9	7.2	1.6	12.2	58.4	55.0	106.8	121.5	81.4
2024	115.2	108.5	119.3	64.6	40.6	7.4	5.1	19.3	52.5	84.6	68.9	108.3	115.2
Promedio	126.8	131.9	123.6	74.9	33.3	13.7	11.8	14.7	44.4	83.0	84.9	130.6	126.8

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Palay Palcamayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	123.3	99.8	49.3	64.2	28.3	57.1	6.3	15.7	58.9	125.1	84.5	80.3	123.3
1991	86.9	81.6	102.6	47.4	23.3	12.6	4.1	4.0	42.3	46.3	67.6	80.9	86.9
1992	60.5	83.0	76.6	38.8	3.8	31.9	6.5	23.5	52.9	88.2	50.4	65.8	60.5
1993	116.7	143.8	107.6	57.5	33.6	10.3	15.6	11.4	62.1	51.2	128.5	91.2	116.7
1994	141.3	140.3	120.0	52.4	60.4	0.3	2.2	4.1	36.1	70.2	30.1	83.6	141.3
1995	90.7	112.9	147.5	42.1	12.7	8.3	7.6	1.0	22.1	45.1	82.1	97.3	90.7
1996	98.1	73.3	93.7	56.0	28.9	0.8	1.0	2.4	41.2	48.2	65.0	94.1	98.1
1997	95.6	105.2	93.6	48.2	30.5	2.5	1.8	30.0	67.1	92.8	70.2	78.8	95.6
1998	103.8	192.5	93.6	54.7	5.4	9.6	0.0	2.1	20.2	97.6	88.7	88.1	103.8
1999	131.8	127.3	118.5	39.5	15.8	13.0	8.0	2.8	66.3	30.8	45.8	111.8	131.8
2000	127.7	120.0	152.6	24.1	31.1	5.6	9.1	18.2	9.7	55.9	25.4	104.1	127.7
2001	174.0	102.1	105.4	55.3	47.7	15.2	26.0	9.9	34.9	64.6	74.6	157.3	174.0
2002	25.9	154.7	143.6	47.1	34.5	7.2	33.6	16.7	35.8	102.7	88.4	103.4	25.9
2003	92.9	83.3	123.3	51.0	26.9	0.7	1.7	36.8	44.2	29.7	77.7	98.3	92.9
2004	43.4	125.8	54.3	28.6	31.4	26.9	11.9	11.0	60.4	91.6	98.9	154.0	43.4
2005	81.3	110.1	113.6	44.7	32.6	3.8	3.5	17.7	45.6	85.4	66.8	82.8	81.3
2006	111.5	99.1	131.7	64.6	23.7	21.3	5.6	11.6	69.8	103.8	85.3	101.1	111.5
2007	106.6	61.6	105.1	65.5	26.7	5.0	10.3	9.0	31.0	71.3	71.6	101.2	106.6
2008	100.4	111.0	57.1	32.5	22.2	15.1	5.4	7.5	40.4	71.4	40.3	51.7	100.4
2009	130.9	145.4	89.8	42.1	28.5	12.9	14.9	30.1	24.3	47.5	107.7	210.5	130.9
2010	148.4	142.6	116.9	49.2	28.3	6.6	7.4	9.0	25.1	77.4	75.5	165.2	148.4
2011	143.4	180.6	114.3	96.6	26.6	5.2	9.5	11.3	38.8	83.0	66.4	164.3	143.4
2012	135.3	200.0	105.5	196.1	34.9	12.5	12.7	8.7	50.3	97.3	109.9	229.7	135.3
2013	131.5	183.6	160.0	99.7	28.1	13.1	21.9	29.9	52.1	90.4	61.3	135.7	131.5
2014	129.3	168.4	128.1	95.0	42.1	6.9	25.4	7.4	47.4	52.8	76.2	118.1	129.3
2015	132.0	111.5	136.4	78.4	48.7	7.0	5.8	8.2	37.5	60.1	71.3	112.1	132.0
2016	105.7	115.5	91.8	63.4	36.3	13.9	7.0	18.1	39.0	75.3	50.4	91.3	105.7
2017	125.4	128.1	111.8	47.1	38.8	7.4	2.5	7.9	47.3	53.1	65.8	98.2	125.4
2018	118.0	105.9	115.7	62.4	30.9	13.4	17.5	22.6	45.5	94.9	101.9	59.3	118.0
2019	136.0	142.9	107.5	45.9	38.1	11.8	13.1	10.5	38.4	81.5	86.6	156.8	136.0
2020	129.6	127.1	79.1	58.7	17.4	9.6	22.8	8.1	48.3	51.1	37.7	100.0	129.6
2021	120.0	86.3	79.4	49.4	21.4	16.4	6.2	11.8	37.3	48.6	101.3	77.9	120.0
2022	145.8	128.3	110.5	62.1	50.3	10.3	10.8	21.0	49.5	55.2	61.5	104.5	145.8
2023	73.6	96.8	95.1	33.4	29.9	6.9	2.4	9.5	49.8	53.7	76.3	108.8	73.6
2024	93.9	102.6	95.5	43.9	31.7	10.8	7.9	12.6	40.7	68.8	63.3	90.0	93.9
Promedio	111.7	122.6	106.5	58.2	30.0	11.8	9.9	13.2	43.2	70.4	73.0	109.9	111.7

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Quiblan

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	152.0	87.3	56.1	43.1	24.7	93.0	3.4	17.5	60.3	144.9	31.9	76.3	152.0
1991	64.0	57.7	119.7	54.9	13.4	2.4	1.5	0.3	37.6	43.2	56.4	71.9	64.0
1992	95.2	75.4	63.3	35.1	1.1	33.6	7.5	18.1	39.4	48.8	33.6	38.5	95.2
1993	111.2	149.3	77.1	55.8	40.3	15.6	15.7	4.4	29.6	16.4	123.1	117.7	111.2
1994	136.2	111.3	68.1	40.1	23.3	1.6	0.3	1.2	32.5	77.9	27.2	86.0	136.2
1995	71.9	107.4	158.6	47.3	9.3	5.3	8.4	0.1	29.0	44.8	61.4	80.7	71.9
1996	79.0	69.8	112.3	50.8	17.4	0.0	0.1	4.0	27.3	39.6	41.8	88.7	79.0
1997	97.9	107.7	62.1	59.5	17.9	0.9	1.1	18.4	51.9	93.5	79.8	78.4	97.9
1998	93.8	189.9	86.1	41.2	4.6	8.2	0.0	0.6	26.9	79.0	64.8	99.8	93.8
1999	119.6	107.8	99.1	32.3	6.0	8.5	9.4	6.9	71.6	26.5	46.6	116.6	119.6
2000	113.9	115.1	164.3	21.6	30.3	9.8	11.3	15.3	14.9	59.2	19.9	109.0	113.9
2001	186.5	111.2	103.2	49.6	50.8	5.2	26.5	10.9	44.8	79.9	72.1	156.2	186.5
2002	28.5	130.1	145.6	63.8	29.7	2.6	43.0	12.5	33.1	113.7	76.9	87.9	28.5
2003	69.0	66.1	120.5	55.0	39.9	1.2	1.0	32.5	39.2	20.1	72.8	111.9	69.0
2004	39.3	109.7	37.2	34.4	20.3	25.6	11.4	10.7	67.3	87.4	94.0	151.7	39.3
2005	51.4	79.9	124.0	30.7	25.5	0.3	2.0	17.6	67.9	85.4	50.0	118.4	51.4
2006	121.5	86.7	96.2	61.4	17.4	17.9	3.8	11.2	34.7	106.8	69.1	103.0	121.5
2007	91.1	58.9	92.0	75.8	22.6	2.2	9.9	3.0	24.9	64.6	71.2	100.0	91.1
2008	101.0	92.8	54.9	38.6	22.4	9.3	1.8	7.1	26.7	73.4	41.0	57.1	101.0
2009	131.9	93.4	91.4	45.0	22.7	15.7	17.5	29.7	9.7	48.5	114.6	224.1	131.9
2010	165.7	124.3	109.2	34.6	24.9	1.3	9.2	1.3	12.8	71.0	65.4	163.3	165.7
2011	167.7	197.8	100.8	81.4	28.1	3.1	11.7	12.7	45.2	95.0	72.5	173.0	167.7
2012	133.7	147.6	90.7	108.1	15.3	14.8	9.2	0.9	12.7	78.8	78.6	228.3	133.7
2013	129.7	176.4	169.7	73.1	25.8	18.6	30.7	35.3	47.8	89.1	57.7	127.3	129.7
2014	137.1	181.4	127.9	70.2	51.4	5.3	24.0	10.4	47.3	36.8	71.7	92.1	137.1
2015	145.5	80.2	154.4	66.7	42.5	6.2	2.3	9.2	33.0	41.9	69.0	114.9	145.5
2016	79.1	103.7	86.1	51.8	24.1	8.0	7.5	14.0	27.5	73.1	17.7	94.3	79.1
2017	101.0	99.5	115.2	45.2	35.9	2.3	0.8	2.4	41.2	36.4	56.5	105.8	101.0
2018	106.3	84.0	107.5	55.6	14.7	19.6	19.7	22.7	42.9	100.2	107.0	22.1	106.3
2019	99.0	127.9	109.7	34.4	23.5	6.1	9.3	6.6	29.1	70.4	88.3	159.4	99.0
2020	88.9	118.3	62.4	51.6	10.5	4.2	34.9	4.5	39.6	26.8	35.6	107.0	88.9
2021	105.9	74.3	58.5	51.9	17.2	26.3	4.4	10.5	25.6	27.5	117.0	70.9	105.9
2022	115.7	132.8	105.4	34.5	53.5	7.6	6.0	17.4	61.8	36.8	43.0	115.2	115.7
2023	44.4	77.4	81.8	21.6	34.5	2.0	0.8	10.3	53.7	38.1	83.3	104.7	44.4
2024	97.7	77.6	91.0	49.8	25.7	3.2	2.9	13.4	37.5	58.3	46.8	83.1	97.7
Promedio	104.9	108.9	100.1	50.5	24.8	11.1	10.0	11.2	37.9	63.8	64.5	109.6	104.9

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Quillamachay

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	137.2	78.3	55.9	47.2	43.0	65.3	9.2	11.3	74.5	119.0	69.4	83.5	137.2
1991	59.2	59.5	150.0	48.6	33.0	15.8	1.7	0.2	59.7	63.9	83.1	70.4	59.2
1992	51.9	91.6	97.6	41.1	2.8	26.4	8.2	14.9	18.0	91.1	50.4	54.7	51.9
1993	151.6	175.3	116.6	85.6	33.5	6.9	17.9	6.5	70.3	72.4	168.4	126.0	151.6
1994	172.8	127.7	109.5	79.8	29.2	3.2	5.2	4.9	32.6	75.6	78.5	87.8	172.8
1995	86.4	112.1	173.8	61.8	25.3	2.5	7.8	5.1	29.1	72.1	86.8	94.8	86.4
1996	105.7	78.8	110.9	92.9	29.3	3.0	0.3	11.0	25.0	70.2	61.9	111.6	105.7
1997	96.6	155.7	87.7	58.8	14.6	4.4	5.0	26.2	55.5	67.6	90.7	97.4	96.6
1998	123.3	165.7	109.9	62.2	9.8	7.1	0.0	7.5	47.2	111.0	56.4	82.2	123.3
1999	125.7	154.9	120.1	81.7	29.9	19.0	19.7	4.4	81.2	54.6	64.4	105.2	125.7
2000	158.1	135.0	161.2	47.1	44.5	9.8	25.2	26.9	15.5	97.0	56.4	137.7	158.1
2001	193.8	120.7	143.2	48.8	47.4	5.4	23.8	9.2	57.3	85.4	102.8	136.3	193.8
2002	50.6	172.4	161.0	77.2	26.1	10.4	31.5	18.3	41.9	106.4	98.2	121.9	50.6
2003	94.1	103.5	149.4	77.7	34.4	5.0	6.3	33.5	44.2	39.0	63.2	135.0	94.1
2004	49.1	118.9	58.9	35.5	36.2	29.6	20.9	27.7	60.7	100.6	91.1	155.7	49.1
2005	79.5	104.4	137.3	45.5	35.5	0.8	1.5	19.9	50.3	90.7	63.0	109.7	79.5
2006	141.9	91.2	132.9	71.2	17.4	18.9	4.5	16.3	45.7	107.5	81.2	138.7	141.9
2007	124.3	113.4	145.5	78.0	27.5	2.0	7.3	6.5	31.7	90.5	75.9	108.9	124.3
2008	128.4	123.5	63.0	30.3	14.6	12.4	4.0	7.9	43.9	103.7	57.9	80.4	128.4
2009	123.8	108.6	143.5	61.6	41.3	18.5	24.0	38.0	28.0	102.8	161.5	309.1	123.8
2010	228.5	194.4	141.9	50.0	35.3	4.1	10.7	3.9	35.6	90.1	107.6	284.1	228.5
2011	184.6	271.7	150.0	107.4	44.4	1.8	18.3	15.7	56.7	101.0	112.5	306.2	184.6
2012	143.0	165.5	92.6	195.2	33.2	19.1	9.5	4.7	53.3	83.4	104.7	269.0	143.0
2013	157.1	174.2	183.8	120.2	39.8	26.1	22.1	33.0	47.7	113.6	74.4	140.5	157.1
2014	197.4	200.3	145.6	75.6	64.3	6.3	18.4	14.4	61.0	63.2	86.5	144.4	197.4
2015	150.2	102.1	133.4	111.8	61.6	26.7	11.0	20.2	38.7	64.6	87.4	139.3	150.2
2016	71.6	126.6	101.1	79.1	36.0	16.3	18.0	21.9	34.1	85.7	38.7	109.5	71.6
2017	132.6	130.3	136.2	62.0	44.7	17.9	8.2	8.6	42.6	57.7	69.6	130.2	132.6
2018	122.7	107.0	120.3	80.3	29.1	26.4	26.7	22.1	39.1	98.9	84.1	61.0	122.7
2019	102.9	134.3	129.8	66.3	35.2	20.6	21.5	15.0	30.8	76.1	98.4	203.2	102.9
2020	129.0	157.4	83.3	54.9	25.4	3.5	38.2	6.7	34.4	37.6	39.2	121.9	129.0
2021	119.0	72.8	101.7	59.6	15.1	22.1	9.1	16.2	33.0	61.8	120.1	90.1	119.0
2022	120.5	126.8	147.6	81.7	52.2	11.2	9.4	21.5	34.2	51.0	44.2	119.5	120.5
2023	83.8	97.8	113.8	33.6	46.3	6.1	2.6	12.6	57.8	53.6	102.3	123.8	83.8
2024	116.3	109.5	121.5	68.4	39.1	6.1	5.5	20.1	49.9	82.4	66.6	112.9	116.3
Promedio	123.2	130.3	123.7	70.8	33.6	13.7	12.9	15.2	44.6	81.2	82.8	134.4	123.2

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Racramin

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	168.6	99.9	51.7	46.5	43.9	86.5	0.4	12.5	72.7	152.1	59.5	106.0	168.6
1991	54.1	56.0	85.3	50.9	32.1	11.5	1.2	1.4	48.2	48.8	86.1	76.0	54.1
1992	69.7	97.1	61.4	39.0	0.0	38.8	11.9	24.4	29.2	64.7	56.2	64.3	69.7
1993	160.1	182.8	99.6	85.5	38.3	6.2	29.2	2.0	63.0	34.9	172.2	103.7	160.1
1994	172.8	140.6	95.1	48.5	27.6	0.1	0.1	0.7	42.4	75.6	27.6	102.6	172.8
1995	84.0	110.4	183.1	40.0	17.7	4.6	10.9	0.7	24.0	48.8	84.1	72.6	84.0
1996	121.1	61.9	106.9	100.8	27.7	0.0	0.2	12.4	37.2	58.2	71.3	88.6	121.1
1997	94.9	113.1	78.1	57.5	16.9	2.5	0.1	43.4	64.5	91.6	87.2	78.1	94.9
1998	124.5	181.5	98.9	56.4	5.1	7.2	0.0	5.8	25.3	108.7	65.3	79.8	124.5
1999	123.8	112.8	103.9	45.7	16.4	14.7	8.4	5.9	81.4	36.0	66.8	99.3	123.8
2000	109.1	110.9	159.5	26.1	26.7	13.4	21.9	19.5	15.9	60.7	37.3	103.5	109.1
2001	186.9	115.1	105.6	43.8	55.4	7.0	35.6	14.4	41.6	77.4	92.8	127.1	186.9
2002	30.6	162.3	148.8	50.7	28.8	2.6	42.7	24.5	38.2	97.2	66.6	108.3	30.6
2003	83.3	92.6	142.3	64.2	31.8	2.3	7.6	43.0	49.4	20.2	73.2	136.7	83.3
2004	46.4	105.7	41.5	45.3	21.1	33.7	24.9	13.5	79.5	88.6	106.1	141.2	46.4
2005	67.2	89.8	156.9	29.8	31.6	0.6	2.0	16.5	70.9	78.1	64.8	99.2	67.2
2006	95.3	80.1	92.5	35.7	16.1	19.7	3.0	11.6	34.2	105.5	77.7	109.2	95.3
2007	99.0	74.7	89.7	67.7	20.8	1.0	12.6	5.7	35.8	64.5	57.9	69.2	99.0
2008	93.1	94.0	44.7	24.0	21.1	7.5	7.4	7.6	30.5	75.0	38.8	41.4	93.1
2009	124.6	82.1	106.0	51.8	29.7	33.1	37.3	45.0	21.2	99.4	123.7	463.2	124.6
2010	252.6	186.1	138.7	66.4	52.2	1.3	13.7	1.4	47.3	80.1	103.6	378.9	252.6
2011	206.7	297.7	162.1	88.8	34.6	1.4	11.8	17.5	48.1	121.5	95.2	387.0	206.7
2012	140.3	142.4	84.6	111.2	20.2	27.9	8.7	0.8	22.4	64.9	94.6	330.1	140.3
2013	130.9	163.0	153.1	71.0	42.2	29.1	23.8	33.2	44.1	109.0	69.1	137.5	130.9
2014	135.5	168.6	123.3	52.1	56.8	6.6	23.1	16.2	42.6	44.8	61.8	126.8	135.5
2015	130.9	88.8	111.5	40.6	49.0	10.5	2.7	14.6	20.2	53.8	64.9	111.1	130.9
2016	70.9	122.1	84.2	56.5	26.9	3.4	12.8	18.8	32.5	86.4	44.5	104.9	70.9
2017	117.7	115.7	131.6	70.6	41.1	4.6	0.1	3.6	45.2	43.5	60.1	141.0	117.7
2018	110.0	83.1	128.0	51.4	16.0	16.1	19.7	23.2	46.0	90.3	79.2	14.2	110.0
2019	93.6	147.4	129.0	52.5	23.7	16.7	17.3	8.3	33.5	75.9	100.0	248.3	93.6
2020	90.2	144.6	47.7	49.2	21.4	4.2	50.0	6.3	40.0	31.8	24.7	138.3	90.2
2021	119.6	65.4	73.7	73.6	21.5	26.0	3.4	19.5	31.3	35.3	118.7	58.5	119.6
2022	123.1	127.7	149.1	53.0	51.9	5.7	13.5	15.3	49.4	41.1	42.6	123.5	123.1
2023	61.7	80.8	100.2	19.0	41.6	2.9	4.1	13.8	53.0	41.1	83.1	119.9	61.7
2024	103.1	95.5	103.4	64.3	28.5	4.4	4.8	16.7	40.2	71.2	58.6	98.3	103.1
Promedio	114.2	119.8	107.8	55.1	29.6	13.0	13.3	14.8	42.9	70.8	74.7	136.8	114.2

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Santa Catalina

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	176.7	100.6	51.1	48.4	52.4	84.3	0.5	10.1	78.5	153.4	70.4	114.2	176.7
1991	48.8	52.8	84.1	49.6	40.4	15.2	0.9	1.3	53.9	54.0	97.0	75.3	48.8
1992	58.2	105.3	65.0	40.8	0.1	38.3	13.2	25.1	22.7	71.7	62.4	71.4	58.2
1993	180.7	195.4	110.5	98.6	38.1	2.7	33.3	0.9	77.1	46.9	190.6	102.2	180.7
1994	186.6	149.4	105.2	64.7	27.8	0.2	0.2	0.6	45.2	74.6	35.7	107.3	186.6
1995	87.8	111.2	193.9	40.0	22.9	3.6	11.6	2.1	23.3	53.7	93.1	71.5	87.8
1996	134.3	59.2	105.2	119.6	30.5	0.1	0.1	16.1	38.2	70.3	80.4	93.5	134.3
1997	94.9	121.7	84.5	57.9	15.0	3.4	0.3	50.4	67.2	87.2	92.3	80.9	94.9
1998	136.7	174.1	106.2	63.6	5.3	7.0	0.0	9.0	28.1	121.5	61.7	71.8	136.7
1999	124.0	120.2	106.4	56.5	21.9	18.9	10.0	5.5	86.8	43.0	74.9	95.1	124.0
2000	111.5	112.0	158.6	31.8	27.9	14.9	27.4	22.7	16.6	67.7	48.4	111.7	111.5
2001	190.7	119.2	111.8	41.2	56.4	6.0	37.3	15.0	43.1	79.9	104.6	117.8	190.7
2002	35.1	173.3	152.0	49.6	26.9	3.2	41.1	28.8	40.3	92.0	65.6	117.9	35.1
2003	88.8	104.7	150.8	71.2	29.4	3.1	10.5	45.3	52.0	22.6	71.1	148.5	88.8
2004	49.3	106.8	44.9	48.9	22.6	36.9	30.3	16.4	82.1	90.5	107.9	139.4	49.3
2005	73.2	94.8	166.7	30.9	34.1	0.4	1.8	16.6	71.0	77.0	68.9	96.5	73.2
2006	92.9	77.1	96.2	31.2	15.2	19.9	2.8	12.4	33.1	104.2	79.4	113.4	92.9
2007	106.5	88.4	94.4	65.6	20.7	0.4	12.6	6.5	39.2	68.6	56.0	63.0	106.5
2008	95.6	100.5	40.3	18.6	18.9	7.7	8.8	7.7	33.8	81.5	42.4	42.5	95.6
2009	119.7	76.9	116.1	56.4	34.0	38.2	44.0	50.7	26.7	122.6	137.4	545.2	119.7
2010	289.1	215.8	151.3	76.1	60.8	1.2	15.4	0.9	59.0	86.9	121.0	458.3	289.1
2011	224.2	340.0	184.8	95.8	38.9	0.7	13.1	19.5	51.1	132.2	108.9	468.2	224.2
2012	143.9	141.7	81.4	125.1	22.9	32.3	8.4	0.6	28.0	61.7	101.8	368.0	143.9
2013	137.6	160.3	153.7	80.3	48.7	33.7	21.3	32.9	43.0	120.0	74.7	142.5	137.6
2014	149.3	172.5	125.6	47.5	61.6	7.1	22.0	18.5	44.7	50.7	61.7	143.6	149.3
2015	129.6	93.1	98.4	42.6	53.3	14.0	3.9	18.1	16.9	58.6	66.9	115.2	129.6
2016	65.8	130.8	85.2	61.3	28.5	2.4	15.9	21.9	33.9	92.5	52.4	110.3	65.8
2017	126.2	122.2	139.0	80.6	44.1	7.0	0.3	4.3	46.7	47.5	62.6	154.4	126.2
2018	113.5	84.5	134.4	53.9	17.4	16.7	20.8	23.1	47.7	90.6	69.0	17.3	113.5
2019	92.0	151.8	139.2	62.5	25.0	21.0	20.7	9.5	34.1	78.1	105.9	282.4	92.0
2020	95.6	157.8	45.6	49.3	26.1	3.3	55.8	6.8	38.6	32.1	22.5	148.8	95.6
2021	125.3	62.7	82.7	81.0	21.5	26.0	3.7	22.8	33.0	40.2	121.3	57.6	125.3
2022	125.2	127.2	168.4	64.0	52.1	5.3	15.7	16.3	44.3	42.3	40.3	127.0	125.2
2023	68.4	83.1	108.9	19.4	46.2	3.3	5.1	15.1	54.0	43.3	87.4	127.3	68.4
2024	107.3	103.5	111.2	72.3	31.5	4.4	5.3	18.6	43.1	78.3	64.1	105.7	107.3
Promedio	119.6	125.4	113.0	59.9	32.0	13.8	14.7	16.3	45.1	75.4	80.0	148.7	119.6

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Upamayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	176.7	100.6	51.1	48.4	52.4	84.3	0.5	10.1	78.5	153.4	70.4	114.2	176.7
1991	48.8	52.8	84.1	49.6	40.4	15.2	0.9	1.3	53.9	54.0	97.0	75.3	48.8
1992	58.2	105.3	65.0	40.8	0.1	38.3	13.2	25.1	22.7	71.7	62.4	71.4	58.2
1993	180.7	195.4	110.5	98.6	38.1	2.7	33.3	0.9	77.1	46.9	190.6	102.2	180.7
1994	186.6	149.4	105.2	64.7	27.8	0.2	0.2	0.6	45.2	74.6	35.7	107.3	186.6
1995	87.8	111.2	193.9	40.0	22.9	3.6	11.6	2.1	23.3	53.7	93.1	71.5	87.8
1996	134.3	59.2	105.2	119.6	30.5	0.1	0.1	16.1	38.2	70.3	80.4	93.5	134.3
1997	94.9	121.7	84.5	57.9	15.0	3.4	0.3	50.4	67.2	87.2	92.3	80.9	94.9
1998	136.7	174.1	106.2	63.6	5.3	7.0	0.0	9.0	28.1	121.5	61.7	71.8	136.7
1999	124.0	120.2	106.4	56.5	21.9	18.9	10.0	5.5	86.8	43.0	74.9	95.1	124.0
2000	111.5	112.0	158.6	31.8	27.9	14.9	27.4	22.7	16.6	67.7	48.4	111.7	111.5
2001	190.7	119.2	111.8	41.2	56.4	6.0	37.3	15.0	43.1	79.9	104.6	117.8	190.7
2002	35.1	173.3	152.0	49.6	26.9	3.2	41.1	28.8	40.3	92.0	65.6	117.9	35.1
2003	88.8	104.7	150.8	71.2	29.4	3.1	10.5	45.3	52.0	22.6	71.1	148.5	88.8
2004	49.3	106.8	44.9	48.9	22.6	36.9	30.3	16.4	82.1	90.5	107.9	139.4	49.3
2005	73.2	94.8	166.7	30.9	34.1	0.4	1.8	16.6	71.0	77.0	68.9	96.5	73.2
2006	92.9	77.1	96.2	31.2	15.2	19.9	2.8	12.4	33.1	104.2	79.4	113.4	92.9
2007	106.5	88.4	94.4	65.6	20.7	0.4	12.6	6.5	39.2	68.6	56.0	63.0	106.5
2008	95.6	100.5	40.3	18.6	18.9	7.7	8.8	7.7	33.8	81.5	42.4	42.5	95.6
2009	119.7	76.9	116.1	56.4	34.0	38.2	44.0	50.7	26.7	122.6	137.4	545.2	119.7
2010	289.1	215.8	151.3	76.1	60.8	1.2	15.4	0.9	59.0	86.9	121.0	458.3	289.1
2011	224.2	340.0	184.8	95.8	38.9	0.7	13.1	19.5	51.1	132.2	108.9	468.2	224.2
2012	143.9	141.7	81.4	125.1	22.9	32.3	8.4	0.6	28.0	61.7	101.8	368.0	143.9
2013	137.6	160.3	153.7	80.3	48.7	33.7	21.3	32.9	43.0	120.0	74.7	142.5	137.6
2014	149.3	172.5	125.6	47.5	61.6	7.1	22.0	18.5	44.7	50.7	61.7	143.6	149.3
2015	129.6	93.1	98.4	42.6	53.3	14.0	3.9	18.1	16.9	58.6	66.9	115.2	129.6
2016	65.8	130.8	85.2	61.3	28.5	2.4	15.9	21.9	33.9	92.5	52.4	110.3	65.8
2017	126.2	122.2	139.0	80.6	44.1	7.0	0.3	4.3	46.7	47.5	62.6	154.4	126.2
2018	113.5	84.5	134.4	53.9	17.4	16.7	20.8	23.1	47.7	90.6	69.0	17.3	113.5
2019	92.0	151.8	139.2	62.5	25.0	21.0	20.7	9.5	34.1	78.1	105.9	282.4	92.0
2020	95.6	157.8	45.6	49.3	26.1	3.3	55.8	6.8	38.6	32.1	22.5	148.8	95.6
2021	125.3	62.7	82.7	81.0	21.5	26.0	3.7	22.8	33.0	40.2	121.3	57.6	125.3
2022	125.2	127.2	168.4	64.0	52.1	5.3	15.7	16.3	44.3	42.3	40.3	127.0	125.2
2023	68.4	83.1	108.9	19.4	46.2	3.3	5.1	15.1	54.0	43.3	87.4	127.3	68.4
2024	107.3	103.5	111.2	72.3	31.5	4.4	5.3	18.6	43.1	78.3	64.1	105.7	107.3
Promedio	119.6	125.4	113.0	59.9	32.0	13.8	14.7	16.3	45.1	75.4	80.0	148.7	119.6

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Ventanilla

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	168.6	99.9	51.7	46.5	43.9	86.5	0.4	12.5	72.7	152.1	59.5	106.0	168.6
1991	54.1	56.0	85.3	50.9	32.1	11.5	1.2	1.4	48.2	48.8	86.1	76.0	54.1
1992	69.7	97.1	61.4	39.0	0.0	38.8	11.9	24.4	29.2	64.7	56.2	64.3	69.7
1993	160.1	182.8	99.6	85.5	38.3	6.2	29.2	2.0	63.0	34.9	172.2	103.7	160.1
1994	172.8	140.6	95.1	48.5	27.6	0.1	0.1	0.7	42.4	75.6	27.6	102.6	172.8
1995	84.0	110.4	183.1	40.0	17.7	4.6	10.9	0.7	24.0	48.8	84.1	72.6	84.0
1996	121.1	61.9	106.9	100.8	27.7	0.0	0.2	12.4	37.2	58.2	71.3	88.6	121.1
1997	94.9	113.1	78.1	57.5	16.9	2.5	0.1	43.4	64.5	91.6	87.2	78.1	94.9
1998	124.5	181.5	98.9	56.4	5.1	7.2	0.0	5.8	25.3	108.7	65.3	79.8	124.5
1999	123.8	112.8	103.9	45.7	16.4	14.7	8.4	5.9	81.4	36.0	66.8	99.3	123.8
2000	109.1	110.9	159.5	26.1	26.7	13.4	21.9	19.5	15.9	60.7	37.3	103.5	109.1
2001	186.9	115.1	105.6	43.8	55.4	7.0	35.6	14.4	41.6	77.4	92.8	127.1	186.9
2002	30.6	162.3	148.8	50.7	28.8	2.6	42.7	24.5	38.2	97.2	66.6	108.3	30.6
2003	83.3	92.6	142.3	64.2	31.8	2.3	7.6	43.0	49.4	20.2	73.2	136.7	83.3
2004	46.4	105.7	41.5	45.3	21.1	33.7	24.9	13.5	79.5	88.6	106.1	141.2	46.4
2005	67.2	89.8	156.9	29.8	31.6	0.6	2.0	16.5	70.9	78.1	64.8	99.2	67.2
2006	95.3	80.1	92.5	35.7	16.1	19.7	3.0	11.6	34.2	105.5	77.7	109.2	95.3
2007	99.0	74.7	89.7	67.7	20.8	1.0	12.6	5.7	35.8	64.5	57.9	69.2	99.0
2008	93.1	94.0	44.7	24.0	21.1	7.5	7.4	7.6	30.5	75.0	38.8	41.4	93.1
2009	124.6	82.1	106.0	51.8	29.7	33.1	37.3	45.0	21.2	99.4	123.7	463.2	124.6
2010	252.6	186.1	138.7	66.4	52.2	1.3	13.7	1.4	47.3	80.1	103.6	378.9	252.6
2011	206.7	297.7	162.1	88.8	34.6	1.4	11.8	17.5	48.1	121.5	95.2	387.0	206.7
2012	140.3	142.4	84.6	111.2	20.2	27.9	8.7	0.8	22.4	64.9	94.6	330.1	140.3
2013	130.9	163.0	153.1	71.0	42.2	29.1	23.8	33.2	44.1	109.0	69.1	137.5	130.9
2014	135.5	168.6	123.3	52.1	56.8	6.6	23.1	16.2	42.6	44.8	61.8	126.8	135.5
2015	130.9	88.8	111.5	40.6	49.0	10.5	2.7	14.6	20.2	53.8	64.9	111.1	130.9
2016	70.9	122.1	84.2	56.5	26.9	3.4	12.8	18.8	32.5	86.4	44.5	104.9	70.9
2017	117.7	115.7	131.6	70.6	41.1	4.6	0.1	3.6	45.2	43.5	60.1	141.0	117.7
2018	110.0	83.1	128.0	51.4	16.0	16.1	19.7	23.2	46.0	90.3	79.2	14.2	110.0
2019	93.6	147.4	129.0	52.5	23.7	16.7	17.3	8.3	33.5	75.9	100.0	248.3	93.6
2020	90.2	144.6	47.7	49.2	21.4	4.2	50.0	6.3	40.0	31.8	24.7	138.3	90.2
2021	119.6	65.4	73.7	73.6	21.5	26.0	3.4	19.5	31.3	35.3	118.7	58.5	119.6
2022	123.1	127.7	149.1	53.0	51.9	5.7	13.5	15.3	49.4	41.1	42.6	123.5	123.1
2023	61.7	80.8	100.2	19.0	41.6	2.9	4.1	13.8	53.0	41.1	83.1	119.9	61.7
2024	103.1	95.5	103.4	64.3	28.5	4.4	4.8	16.7	40.2	71.2	58.6	98.3	103.1
Promedio	114.2	119.8	107.8	55.1	29.6	13.0	13.3	14.8	42.9	70.8	74.7	136.8	114.2

Precipitación media areal (mm) - Microcuenca Yahuarmayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
1990	122.4	114.6	90.0	61.4	32.8	32.9	9.1	12.6	52.6	92.0	90.5	91.1	122.4
1991	95.6	103.2	119.6	53.0	30.4	13.4	7.2	8.6	45.5	66.4	77.4	96.6	95.6
1992	57.2	82.5	83.8	42.9	2.9	35.8	5.9	19.2	50.5	87.8	55.9	87.0	57.2
1993	126.6	157.3	101.8	77.5	32.7	7.8	11.1	11.7	72.5	69.1	142.8	104.3	126.6
1994	144.9	135.7	134.4	76.8	40.4	1.1	5.7	3.8	35.6	63.3	41.4	62.1	144.9
1995	88.6	101.3	152.6	49.2	24.6	8.2	12.8	2.6	25.9	41.4	94.0	99.7	88.6
1996	104.8	95.1	101.9	56.2	32.7	3.3	0.7	4.2	44.0	56.9	58.9	124.5	104.8
1997	94.0	103.3	84.6	39.9	30.2	2.4	1.7	26.5	73.2	91.7	72.7	93.3	94.0
1998	111.4	190.4	91.1	71.2	9.0	7.9	0.0	6.4	20.8	133.3	108.0	83.1	111.4
1999	126.9	148.1	123.7	58.7	27.7	20.8	8.3	4.5	73.8	38.7	46.4	97.8	126.9
2000	144.5	149.5	144.0	26.0	42.6	2.9	7.7	19.3	6.0	56.2	31.1	106.8	144.5
2001	149.3	79.5	118.6	51.7	38.8	23.5	28.2	11.9	37.7	57.8	74.2	149.1	149.3
2002	34.5	156.9	129.4	61.8	37.4	7.0	30.7	14.7	31.2	111.2	82.9	93.5	34.5
2003	101.7	89.4	147.4	55.1	22.1	1.4	3.4	36.0	43.1	25.1	98.9	110.5	101.7
2004	33.7	134.6	55.9	25.3	33.3	27.6	13.3	10.8	54.2	79.3	100.6	136.8	33.7
2005	86.8	107.6	124.2	42.8	32.1	5.6	3.5	12.6	46.3	75.6	70.9	56.9	86.8
2006	114.4	109.8	122.4	67.9	27.9	17.9	6.7	11.0	57.1	93.5	91.3	103.6	114.4
2007	109.0	79.2	124.4	63.3	33.2	6.6	13.2	10.1	37.9	67.9	74.4	92.2	109.0
2008	116.5	108.3	74.3	37.3	26.8	15.7	8.9	8.7	51.2	60.2	52.9	39.5	116.5
2009	124.8	143.0	127.3	47.3	33.9	14.0	17.6	27.4	44.5	63.3	108.6	171.5	124.8
2010	141.3	140.2	133.2	42.0	31.2	9.0	4.7	11.4	33.2	82.5	87.9	149.0	141.3
2011	138.4	162.3	123.9	76.9	31.4	7.0	10.2	12.1	45.0	73.4	75.8	153.5	138.4
2012	123.2	171.1	103.8	136.5	35.1	12.6	10.8	12.9	52.6	80.5	101.7	181.8	123.2
2013	129.3	158.9	152.9	88.6	31.7	13.8	19.2	20.1	52.9	89.8	75.6	119.5	129.3
2014	137.6	161.7	131.6	68.2	41.3	10.0	16.6	5.5	54.1	68.3	84.4	116.6	137.6
2015	125.2	98.7	115.6	80.4	41.9	12.1	10.4	9.2	43.9	69.0	80.8	106.9	125.2
2016	94.2	110.9	102.3	61.0	34.9	15.2	6.8	25.1	46.7	81.6	67.2	92.6	94.2
2017	116.7	139.1	115.4	60.6	37.3	11.1	3.8	9.9	51.0	57.3	66.0	99.8	116.7
2018	122.1	116.8	120.3	64.0	33.5	12.9	13.2	21.8	50.9	96.3	93.5	89.5	122.1
2019	125.6	144.5	112.0	65.3	31.6	14.8	13.8	14.2	45.0	83.2	91.3	146.5	125.6
2020	124.7	130.8	102.1	57.8	20.4	12.4	20.6	10.3	48.3	62.2	55.3	102.4	124.7
2021	109.5	91.6	92.6	50.3	26.8	13.1	9.9	13.7	45.1	49.7	85.6	89.7	109.5
2022	131.2	137.3	115.1	70.9	41.9	12.8	12.7	26.3	52.0	62.6	73.5	111.4	131.2
2023	90.6	118.0	109.5	46.5	35.1	9.7	2.8	10.4	52.7	61.3	82.7	111.6	90.6
2024	100.8	125.1	97.8	60.8	32.4	14.5	8.8	16.2	50.7	74.9	73.6	97.7	100.8
Promedio	111.4	125.6	113.7	59.9	31.4	12.5	10.3	13.8	46.5	72.1	79.1	107.7	111.4

ANEXO D

“Caudales medios modelados”

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Anascanchi

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30	107.2	28.74	46.83	34.9		0	0.3	10.4	24.5	**0.35**	351.1
Febrero	28	113.3	32.86	52.98	39.8		0	0.3	10.4	29.4	**0.45**	450.1
Marzo	31	101.1	24.93	41.00	30.5		0	0.05	1.7	28.7	**0.40**	397.8
Abril	30	52.4	6.34	11.49	8.1	0.5	5.86		0.0	14.0	**0.20**	200.0
Mayo	31	26.6	2.74	5.49	3.7	0.5	5.74		0.0	9.4	**0.13**	130.5
Junio	30	11.3	1.28	2.64	1.7	0.5	5.86		0.0	7.6	**0.11**	108.8
Julio	31	10.0	1.15	2.38	1.5	0.5	5.74		0.0	7.3	**0.10**	101.2
Agosto	31	12.0	1.35	2.78	1.8	0.5	5.74		0.0	7.6	**0.11**	105.0
Septiembre	30	39.6	4.23	8.06	5.5	0.5	5.86		0.0	11.4	**0.16**	163.3
Octubre	31	65.6	9.51	16.57	11.9		0	0.1	3.5	8.5	**0.12**	117.2
Noviembre	30	66.5	9.80	17.03	12.2		0	0	0.0	12.3	**0.18**	175.8
Diciembre	31	110.5	30.90	50.09	37.5		0	0.25	8.7	28.8	**0.40**	399.1
											0.23	225.0

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Antacocha

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.0	110.5	30.9	50.0	36.0		0.0	0.3	9.9	26.1	**0.3**	322.4
Febrero	28.0	115.8	34.6	55.5	40.2		0.0	0.3	9.9	30.3	**0.4**	400.5
Marzo	31.0	104.6	27.1	44.3	31.7		0.0	0.1	1.6	30.0	**0.4**	359.1
Abril	30.0	52.9	6.4	11.6	7.8	0.5	5.6		0.0	13.4	**0.2**	165.1
Mayo	31.0	27.9	2.9	5.7	3.6	0.5	5.4		0.0	9.1	**0.1**	108.3
Junio	30.0	12.3	1.4	2.8	1.8	0.5	5.6		0.0	7.3	**0.1**	90.4
Julio	31.0	12.1	1.4	2.8	1.7	0.5	5.4		0.0	7.2	**0.1**	85.8
Agosto	31.0	13.6	1.5	3.1	1.9	0.5	5.4		0.0	7.4	**0.1**	88.0
Septiembre	30.0	41.1	4.4	8.4	5.5	0.5	5.6		0.0	11.0	**0.1**	136.5
Octubre	31.0	67.9	10.2	17.7	12.2		0.0	0.1	3.3	8.9	**0.1**	106.4
Noviembre	30.0	70.8	11.1	19.2	13.3		0.0	0.0	0.0	13.3	**0.2**	163.9
Diciembre	31.0	126.5	42.8	66.9	49.2		0.0	0.3	8.2	41.0	**0.5**	489.7
		755.8	174.6	288.1	204.9	3.1	33.0	1.0	33.0		**0.21**	209.7

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Antara Ocupa

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	114.32	33.54	53.99	36.75		0.00	0.30	17.05	19.70	**0.20**	196.33
Febrero	28.00	126.51	42.81	66.96	46.60		0.00	0.30	17.05	29.55	**0.32**	315.50
Marzo	31.00	110.50	30.90	50.09	33.92		0.00	0.05	2.84	31.07	**0.30**	299.68
Abril	30.00	62.67	8.72	15.29	9.75	0.52	9.58		0.00	19.32	**0.19**	192.58
Mayo	31.00	30.82	3.17	6.26	3.66	0.51	9.37		0.00	13.03	**0.13**	125.63
Junio	30.00	12.09	1.36	2.80	1.59	0.52	9.58		0.00	11.16	**0.11**	111.25
Julio	31.00	9.74	1.12	2.32	1.31	0.51	9.37		0.00	10.68	**0.10**	103.01
Agosto	31.00	13.46	1.49	3.08	1.74	0.51	9.37		0.00	11.11	**0.11**	107.17
Septiembre	30.00	44.01	4.86	9.10	5.53	0.52	9.58		0.00	15.11	**0.15**	150.55
Octubre	31.00	73.90	12.17	20.83	13.53		0.00	0.10	5.68	7.85	**0.08**	75.69
Noviembre	30.00	77.59	13.53	23.01	15.02		0.00	0.00	0.00	15.02	**0.15**	149.66
Diciembre	31.00	110.75	31.07	50.34	34.10		0.00	0.25	14.21	19.89	**0.19**	191.78
		786.35	184.76	304.07	203.50	3.09	56.84	1.00	56.84		**0.17**	168.24

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Chacachimpa

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	117.87	36.12	57.71	35.22		0.00	0.30	0.42	34.80	**3.54**	3538.75
Febrero	28.00	129.11	44.94	69.41	43.92		0.00	0.30	0.42	43.50	**4.74**	4739.85
Marzo	31.00	118.09	36.28	57.94	35.37		0.00	0.05	0.07	35.30	**3.47**	3474.42
Abril	30.00	62.67	8.72	15.29	8.44	0.55	0.23		0.00	8.68	**0.88**	882.23
Mayo	31.00	33.99	3.53	6.87	3.39	0.54	0.23		0.00	3.62	**0.36**	355.87
Junio	30.00	13.56	1.50	3.10	1.44	0.55	0.23		0.00	1.67	**0.17**	169.96
Julio	31.00	15.66	1.70	3.50	1.63	0.54	0.23		0.00	1.86	**0.18**	182.83
Agosto	31.00	17.47	1.87	3.84	1.79	0.54	0.23		0.00	2.02	**0.20**	198.87
Septiembre	30.00	46.60	5.28	9.78	5.09	0.55	0.23		0.00	5.33	**0.54**	541.73
Octubre	31.00	78.37	13.83	23.49	13.43		0.00	0.10	0.14	13.29	**1.31**	1307.61
Noviembre	30.00	82.19	15.38	25.97	14.94		0.00	0.00	0.00	14.94	**1.52**	1519.33
Diciembre	31.00	149.65	63.39	89.95	62.28		0.00	0.25	0.35	61.93	**6.09**	6094.88
		865.23	232.55	366.84	226.92	3.27	1.40	1.00	1.40		**1.92**	1917.19

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Chuchucancha												
Mes	**N° días**	**Precipitación mensual**				**Contribución de la retención**				**Caudales generados**		
		PP total					**Gasto**		**Abastecimiento**	**Cmi**	**Qi**	**Qi**
	mes	**mm/mes**	**PE II mm/mes**	**PEIII mm/mes**	**PE mm/mes**	**bi**	**Gi (mm/mes)**	**ai**	**Ai (mm/mes)**	**mm/mes**	**m3/mes**	**lt/s**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	
Enero	30.00	131.06	46.58	71.36	48.02		0.00	0.30	1.00	47.02	**0.21**	208.09
Febrero	28.00	134.68	49.67	74.98	51.14		0.00	0.30	1.00	50.15	**0.24**	237.77
Marzo	31.00	127.90	43.95	68.20	45.36		0.00	0.05	0.17	45.19	**0.19**	193.53
Abril	30.00	79.45	14.26	24.17	14.83	0.49	0.56		0.00	15.39	**0.07**	68.12
Mayo	31.00	34.37	3.57	6.95	3.77	0.48	0.55		0.00	4.31	**0.02**	18.47
Junio	30.00	14.15	1.56	3.21	1.66	0.49	0.56		0.00	2.22	**0.01**	9.80
Julio	31.00	11.96	1.35	2.78	1.43	0.48	0.55		0.00	1.98	**0.01**	8.46
Agosto	31.00	14.95	1.64	3.37	1.74	0.48	0.55		0.00	2.28	**0.01**	9.78
Septiembre	30.00	45.16	5.05	9.40	5.30	0.49	0.56		0.00	5.86	**0.03**	25.92
Octubre	31.00	86.08	17.09	28.69	17.76		0.00	0.10	0.33	17.43	**0.07**	74.64
Noviembre	30.00	88.08	18.02	30.16	18.72		0.00	0.00	0.00	18.72	**0.08**	82.85
Diciembre	31.00	133.06	48.28	73.36	49.73		0.00	0.25	0.83	48.90	**0.21**	209.43
		900.90	251.00	396.63	259.46	2.90	3.32	1.00	3.32		**0.10**	95.57

*Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca C*uchucancha												
Mes	**N° días**	**Precipitación mensual**				**Contribución de la retención**				**Caudales generados**		
		PP total					**Gasto**		**Abastecimiento**	**Cmi**	**Qi**	**Qi**
	mes	**mm/mes**	**PE II mm/mes**	**PEIII mm/mes**	**PE mm/mes**	**bi**	**Gi (mm/mes)**	**ai**	**Ai (mm/mes)**	**mm/mes**	**m3/mes**	**lt/s**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	
Enero	30.00	136.01	50.84	76.31	51.22		0.00	0.30	0.00	51.22	**0.36**	361.99
Febrero	28.00	138.04	52.64	78.34	53.02		0.00	0.30	0.00	53.02	**0.40**	401.49
Marzo	31.00	129.50	45.26	69.80	45.63		0.00	0.05	0.00	45.63	**0.31**	312.08
Abril	30.00	85.24	16.71	28.08	16.88	0.51	0.00		0.00	16.88	**0.12**	119.28
Mayo	31.00	34.99	3.64	7.07	3.69	0.50	0.00		0.00	3.69	**0.03**	25.26
Junio	30.00	14.24	1.57	3.23	1.59	0.51	0.00		0.00	1.59	**0.01**	11.25
Julio	31.00	11.82	1.33	2.75	1.35	0.50	0.00		0.00	1.35	**0.01**	9.26
Agosto	31.00	15.37	1.68	3.45	1.70	0.50	0.00		0.00	1.70	**0.01**	11.64
Septiembre	30.00	46.33	5.24	9.70	5.30	0.51	0.00		0.00	5.30	**0.04**	37.47
Octubre	31.00	89.76	18.83	31.45	19.01		0.00	0.10	0.00	19.01	**0.13**	130.05
Noviembre	30.00	92.71	20.31	33.79	20.51		0.00	0.00	0.00	20.51	**0.14**	144.95
Diciembre	31.00	135.49	50.38	75.79	50.76		0.00	0.25	0.00	50.76	**0.35**	347.18
		929.50	268.43	419.77	270.66	3.01	0.00	1.00	0.00		**0.16**	159.32

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Chuyroc

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	109.79	30.42	49.37	36.25		0.00	0.30	0.78	35.46	**0.06**	61.98
Febrero	28.00	115.76	34.58	55.49	41.01		0.00	0.30	0.78	40.22	**0.08**	75.32
Marzo	31.00	101.80	25.36	41.68	30.38		0.00	0.05	0.13	30.25	**0.05**	51.16
Abril	30.00	56.19	7.14	12.76	8.87	0.46	0.44		0.00	9.30	**0.02**	16.26
Mayo	31.00	27.31	2.81	5.61	3.67	0.44	0.43		0.00	4.10	**0.01**	6.93
Junio	30.00	11.16	1.27	2.62	1.68	0.46	0.44		0.00	2.12	**0.00**	3.71
Julio	31.00	9.57	1.10	2.28	1.47	0.44	0.43		0.00	1.89	**0.00**	3.20
Agosto	31.00	11.92	1.34	2.77	1.78	0.44	0.43		0.00	2.21	**0.00**	3.74
Septiembre	30.00	39.82	4.26	8.10	5.44	0.46	0.44		0.00	5.88	**0.01**	10.27
Octubre	31.00	67.60	10.11	17.53	12.39		0.00	0.10	0.26	12.13	**0.02**	20.52
Noviembre	30.00	67.22	10.00	17.35	12.26		0.00	0.00	0.00	12.26	**0.02**	21.43
Diciembre	31.00	109.48	30.22	49.06	36.01		0.00	0.25	0.65	35.36	**0.06**	59.80
		727.62	158.62	264.64	191.20	2.70	2.60	1.00	2.60		**0.03**	27.86

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca De Chacpas

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	107.40	28.85	47.01	34.78		0.00	0.30	9.03	25.76	**0.31**	312.54
Febrero	28.00	112.88	32.53	52.50	39.06		0.00	0.30	9.03	30.03	**0.39**	390.40
Marzo	31.00	102.21	25.61	42.06	30.99		0.00	0.05	1.50	29.48	**0.35**	346.17
Abril	30.00	51.43	6.15	11.18	7.79	0.53	5.07		0.00	12.86	**0.16**	156.03
Mayo	31.00	26.60	2.74	5.49	3.64	0.52	4.96		0.00	8.60	**0.10**	100.94
Junio	30.00	11.65	1.32	2.72	1.77	0.53	5.07		0.00	6.84	**0.08**	83.00
Julio	31.00	11.01	1.25	2.58	1.69	0.52	4.96		0.00	6.65	**0.08**	78.05
Agosto	31.00	12.52	1.40	2.89	1.89	0.52	4.96		0.00	6.85	**0.08**	80.42
Septiembre	30.00	39.83	4.26	8.11	5.52	0.53	5.07		0.00	10.58	**0.13**	128.40
Octubre	31.00	65.78	9.58	16.67	11.89		0.00	0.10	3.01	8.89	**0.10**	104.33
Noviembre	30.00	67.67	10.14	17.57	12.57		0.00	0.00	0.00	12.57	**0.15**	152.46
Diciembre	31.00	117.28	35.68	57.08	42.67		0.00	0.25	7.52	35.15	**0.41**	412.77
		726.26	159.51	265.86	194.25	3.13	30.08	1.00	30.08		**0.20**	195.46

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Hualamayo

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total				Gasto		Abastecimiento		Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	125.74	42.19	66.13	43.54		0.00	0.30	0.00	43.54	**0.21**	209.12
Febrero	28.00	131.81	47.21	72.11	48.61		0.00	0.30	0.00	48.61	**0.25**	250.16
Marzo	31.00	126.29	42.64	66.73	43.99		0.00	0.05	0.00	43.99	**0.20**	204.49
Abril	30.00	73.66	12.09	20.70	12.58	0.49	0.00		0.00	12.58	**0.06**	60.40
Mayo	31.00	34.06	3.53	6.89	3.72	0.48	0.00		0.00	3.72	**0.02**	17.30
Junio	30.00	13.99	1.54	3.18	1.64	0.49	0.00		0.00	1.64	**0.01**	7.86
Julio	31.00	12.66	1.41	2.92	1.50	0.48	0.00		0.00	1.50	**0.01**	6.97
Agosto	31.00	15.07	1.65	3.39	1.74	0.48	0.00		0.00	1.74	**0.01**	8.11
Septiembre	30.00	44.70	4.97	9.28	5.21	0.49	0.00		0.00	5.21	**0.03**	25.05
Octubre	31.00	82.82	15.65	26.39	16.25		0.00	0.10	0.00	16.25	**0.08**	75.55
Noviembre	30.00	84.26	16.27	27.39	16.90		0.00	0.00	0.00	16.90	**0.08**	81.17
Diciembre	31.00	133.51	48.66	73.81	50.08		0.00	0.25	0.00	50.08	**0.23**	232.77
		878.56	237.82	378.91	245.76	2.92	0.00	1.00	0.00		**0.10**	98.25

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Huascán

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total				Gasto		Abastecimiento		Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	118.56	36.63	58.44	39.00		0.00	0.30	4.48	34.52	**1.84**	1837.89
Febrero	28.00	130.47	46.07	70.77	48.76		0.00	0.30	4.48	44.28	**2.53**	2525.64
Marzo	31.00	119.10	37.03	59.01	39.42		0.00	0.05	0.75	38.68	**1.99**	1992.64
Abril	30.00	71.09	11.22	19.30	12.10	0.59	2.51		0.00	14.61	**0.78**	777.78
Mayo	31.00	32.48	3.35	6.58	3.70	0.58	2.47		0.00	6.17	**0.32**	317.98
Junio	30.00	12.86	1.44	2.96	1.60	0.59	2.51		0.00	4.11	**0.22**	218.94
Julio	31.00	9.80	1.13	2.33	1.26	0.58	2.47		0.00	3.73	**0.19**	192.04
Agosto	31.00	14.10	1.56	3.20	1.73	0.58	2.47		0.00	4.20	**0.22**	216.50
Septiembre	30.00	46.20	5.21	9.67	5.70	0.59	2.51		0.00	8.21	**0.44**	437.10
Octubre	31.00	78.94	14.06	23.85	15.12		0.00	0.10	1.49	13.63	**0.70**	702.02
Noviembre	30.00	83.16	15.80	26.63	16.97		0.00	0.00	0.00	16.97	**0.90**	903.66
Diciembre	31.00	116.74	35.29	56.51	37.60		0.00	0.25	3.73	33.86	**1.74**	1744.50
		833.51	208.79	339.24	222.97	3.51	14.94	1.00	14.94		**0.99**	988.89

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Llacsa Llacsa

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	120.77	38.30	60.79	41.11		0.00	0.30	0.00	41.11	**0.30**	296.73
Febrero	28.00	132.54	47.83	72.84	50.95		0.00	0.30	0.00	50.95	**0.39**	394.05
Marzo	31.00	122.76	39.83	62.93	42.71		0.00	0.05	0.00	42.71	**0.30**	298.38
Abril	30.00	76.17	13.00	22.15	14.14	0.51	0.00		0.00	14.14	**0.10**	102.06
Mayo	31.00	32.97	3.41	6.67	3.82	0.50	0.00		0.00	3.82	**0.03**	26.66
Junio	30.00	13.08	1.46	3.00	1.65	0.51	0.00		0.00	1.65	**0.01**	11.91
Julio	31.00	9.47	1.09	2.26	1.24	0.50	0.00		0.00	1.24	**0.01**	8.66
Agosto	31.00	14.34	1.58	3.25	1.79	0.50	0.00		0.00	1.79	**0.01**	12.48
Septiembre	30.00	45.54	5.11	9.50	5.65	0.51	0.00		0.00	5.65	**0.04**	40.81
Octubre	31.00	82.17	15.37	25.95	16.69		0.00	0.10	0.00	16.69	**0.12**	116.59
Noviembre	30.00	84.76	16.50	27.74	17.90		0.00	0.00	0.00	17.90	**0.13**	129.20
Diciembre	31.00	121.76	39.06	61.85	41.90		0.00	0.25	0.00	41.90	**0.29**	292.71
		856.34	222.53	358.94	239.55	3.01	0.00	1.00	0.00		**0.14**	144.19

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Maraychaca

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	121.89	39.16	61.99	39.21		0.00	0.30	17.81	21.39	0.04	42.84
Febrero	28.00	133.10	48.31	73.40	48.36		0.00	0.30	17.81	30.55	0.07	65.53
Marzo	31.00	124.05	40.85	64.32	40.90		0.00	0.05	2.97	37.93	0.07	73.49
Abril	30.00	78.00	13.69	23.26	13.71	0.46	10.02		0.00	23.73	0.05	47.52
Mayo	31.00	33.35	3.45	6.75	3.46	0.45	9.77		0.00	13.23	0.03	25.63
Junio	30.00	13.20	1.47	3.02	1.47	0.46	10.02		0.00	11.49	0.02	23.02
Julio	31.00	9.48	1.10	2.26	1.10	0.45	9.77		0.00	10.87	0.02	21.06
Agosto	31.00	14.43	1.59	3.26	1.59	0.45	9.77		0.00	11.36	0.02	22.01
Septiembre	30.00	46.01	5.18	9.62	5.19	0.46	10.02		0.00	15.22	0.03	30.47
Octubre	31.00	83.01	15.73	26.52	15.75		0.00	0.10	5.94	9.81	0.02	19.01
Noviembre	30.00	85.25	16.71	28.09	16.74		0.00	0.00	0.00	16.74	0.03	33.51
Diciembre	31.00	123.06	40.07	63.24	40.11		0.00	0.25	14.84	25.27	0.05	48.96
		864.83	227.30	365.74	227.58	2.73	59.38	1.00	59.38		0.04	37.75

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Ocshapampa

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	138.07	52.66	78.37	52.04		0.00	0.30	4.76	47.28	**1.80**	1796.44
Febrero	28.00	138.00	52.60	78.30	51.98		0.00	0.30	4.76	47.22	**1.92**	1922.18
Marzo	31.00	133.41	48.58	73.71	47.97		0.00	0.05	0.79	47.18	**1.73**	1734.70
Abril	30.00	95.95	22.02	36.49	21.67	0.58	2.67		0.00	24.34	**0.92**	924.87
Mayo	31.00	38.47	4.08	7.80	3.99	0.56	2.62		0.00	6.61	**0.24**	242.93
Junio	30.00	14.43	1.59	3.27	1.55	0.58	2.67		0.00	4.21	**0.16**	160.14
Julio	31.00	11.03	1.25	2.59	1.22	0.56	2.62		0.00	3.84	**0.14**	141.25
Agosto	31.00	15.40	1.68	3.45	1.64	0.56	2.62		0.00	4.26	**0.16**	156.47
Septiembre	30.00	57.53	7.44	13.25	7.30	0.58	2.67		0.00	9.97	**0.38**	378.79
Octubre	31.00	89.04	18.48	30.90	18.18		0.00	0.10	1.59	16.59	**0.61**	610.03
Noviembre	30.00	91.94	19.91	33.17	19.59		0.00	0.00	0.00	19.59	**0.74**	744.39
Diciembre	31.00	131.13	46.63	71.43	46.04		0.00	0.25	3.97	42.07	**1.55**	1546.81
		954.40	276.92	432.72	273.16	3.42	15.87	1.00	15.87		**0.86**	863.25

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Ondores

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	126.81	43.06	67.29	43.99		0.00	0.30	2.90	41.09	**0.08**	84.19
Febrero	28.00	131.91	47.29	72.21	48.25		0.00	0.30	2.90	45.35	**0.10**	99.55
Marzo	31.00	123.63	40.51	63.86	41.41		0.00	0.05	0.48	40.93	**0.08**	81.14
Abril	30.00	74.90	12.53	21.40	12.87	0.46	1.63		0.00	14.50	**0.03**	29.71
Mayo	31.00	33.31	3.45	6.74	3.57	0.45	1.59		0.00	5.16	**0.01**	10.24
Junio	30.00	13.68	1.51	3.12	1.58	0.46	1.63		0.00	3.21	**0.01**	6.57
Julio	31.00	11.80	1.33	2.75	1.39	0.45	1.59		0.00	2.97	**0.01**	5.90
Agosto	31.00	14.70	1.61	3.32	1.68	0.45	1.59		0.00	3.27	**0.01**	6.47
Septiembre	30.00	44.40	4.93	9.20	5.09	0.46	1.63		0.00	6.72	**0.01**	13.77
Octubre	31.00	83.04	15.74	26.54	16.16		0.00	0.10	0.97	15.19	**0.03**	30.12
Noviembre	30.00	84.95	16.58	27.87	17.01		0.00	0.00	0.00	17.01	**0.03**	34.85
Diciembre	31.00	130.60	46.19	70.90	47.14		0.00	0.25	2.41	44.73	**0.09**	88.67
		873.71	234.72	375.19	240.13	2.73	9.66	1.00	9.66		**0.04**	40.93

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Palay Palcamayo

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	111.75	31.75	51.35	37.46		0.00	0.30	4.69	32.77	**2.08**	2077.73
Febrero	28.00	122.65	39.75	62.80	46.46		0.00	0.30	4.69	41.77	**2.84**	2837.73
Marzo	31.00	106.48	28.26	46.12	33.46		0.00	0.05	0.78	32.68	**2.01**	2005.23
Abril	30.00	58.21	7.60	13.50	9.32	0.60	2.63		0.00	11.94	**0.76**	757.39
Mayo	31.00	30.04	3.09	6.12	3.97	0.59	2.58		0.00	6.55	**0.40**	402.12
Junio	30.00	11.77	1.33	2.74	1.74	0.60	2.63		0.00	4.37	**0.28**	276.85
Julio	31.00	9.95	1.14	2.36	1.50	0.59	2.58		0.00	4.08	**0.25**	250.45
Agosto	31.00	13.20	1.47	3.02	1.92	0.59	2.58		0.00	4.50	**0.28**	276.37
Septiembre	30.00	43.21	4.74	8.90	5.95	0.60	2.63		0.00	8.58	**0.54**	544.14
Octubre	31.00	70.36	10.98	18.92	13.29		0.00	0.10	1.56	11.73	**0.72**	719.69
Noviembre	30.00	73.00	11.86	20.33	14.33		0.00	0.00	0.00	14.33	**0.91**	908.50
Diciembre	31.00	109.94	30.53	49.53	36.06		0.00	0.25	3.91	32.15	**1.97**	1972.78
		760.56	172.50	285.69	205.44	3.56	15.63	1.00	15.63		**1.09**	1085.75

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Quiblan

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	104.92	27.27	44.61	32.71		0.00	0.30	0.00	32.71	**0.12**	119.90
Febrero	28.00	108.88	29.82	48.47	35.67		0.00	0.30	0.00	35.67	**0.14**	140.09
Marzo	31.00	100.06	24.34	40.09	29.28		0.00	0.05	0.00	29.28	**0.10**	103.86
Abril	30.00	50.46	5.97	10.88	7.51	0.48	0.00		0.00	7.51	**0.03**	27.52
Mayo	31.00	24.77	2.56	5.16	3.37	0.47	0.00		0.00	3.37	**0.01**	11.97
Junio	30.00	11.09	1.26	2.60	1.68	0.48	0.00		0.00	1.68	**0.01**	6.16
Julio	31.00	9.97	1.15	2.37	1.53	0.47	0.00		0.00	1.53	**0.01**	5.42
Agosto	31.00	11.24	1.27	2.63	1.70	0.47	0.00		0.00	1.70	**0.01**	6.03
Septiembre	30.00	37.91	4.00	7.68	5.16	0.48	0.00		0.00	5.16	**0.02**	18.91
Octubre	31.00	63.82	9.03	15.79	11.15		0.00	0.10	0.00	11.15	**0.04**	39.54
Noviembre	30.00	64.52	9.22	16.10	11.38		0.00	0.00	0.00	11.38	**0.04**	41.71
Diciembre	31.00	109.58	30.28	49.16	36.21		0.00	0.25	0.00	36.21	**0.13**	128.43
		697.21	146.17	245.54	177.36	2.86	0.00	1.00	0.00		**0.05**	54.13

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Quillamachay

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	123.24	40.21	63.44	42.44		0.00	0.30	0.00	42.44	**0.16**	161.94
Febrero	28.00	130.34	45.97	70.64	48.35		0.00	0.30	0.00	48.35	**0.20**	197.64
Marzo	31.00	123.74	40.60	63.97	42.85		0.00	0.05	0.00	42.85	**0.16**	158.22
Abril	30.00	70.82	11.13	19.16	11.90	0.48	0.00		0.00	11.90	**0.05**	45.41
Mayo	31.00	33.62	3.48	6.80	3.80	0.47	0.00		0.00	3.80	**0.01**	14.04
Junio	30.00	13.73	1.52	3.13	1.67	0.48	0.00		0.00	1.67	**0.01**	6.39
Julio	31.00	12.95	1.44	2.98	1.59	0.47	0.00		0.00	1.59	**0.01**	5.87
Agosto	31.00	15.23	1.66	3.42	1.83	0.47	0.00		0.00	1.83	**0.01**	6.76
Septiembre	30.00	44.61	4.96	9.25	5.37	0.48	0.00		0.00	5.37	**0.02**	20.50
Octubre	31.00	81.19	14.96	25.30	15.96		0.00	0.10	0.00	15.96	**0.06**	58.93
Noviembre	30.00	82.79	15.63	26.37	16.67		0.00	0.00	0.00	16.67	**0.06**	63.60
Diciembre	31.00	134.35	49.39	74.65	51.82		0.00	0.25	0.00	51.82	**0.19**	191.36
		866.61	230.96	369.12	244.26	2.87	0.00	1.00	0.00		**0.08**	77.56

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Racramin

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	114.17	33.44	53.83	35.77		0.00	0.30	9.06	26.71	**0.49**	485.50
Febrero	28.00	119.78	37.54	59.73	40.08		0.00	0.30	9.06	31.02	**0.60**	604.11
Marzo	31.00	107.76	29.09	47.36	31.18		0.00	0.05	1.51	29.67	**0.52**	521.80
Abril	30.00	55.14	6.91	12.39	7.53	0.54	5.08		0.00	12.62	**0.23**	229.31
Mayo	31.00	29.61	3.04	6.03	3.39	0.53	4.98		0.00	8.37	**0.15**	147.14
Junio	30.00	12.97	1.45	2.98	1.62	0.54	5.08		0.00	6.70	**0.12**	121.83
Julio	31.00	13.34	1.48	3.05	1.66	0.53	4.98		0.00	6.64	**0.12**	116.80
Agosto	31.00	14.84	1.63	3.34	1.82	0.53	4.98		0.00	6.80	**0.12**	119.65
Septiembre	30.00	42.88	4.69	8.82	5.17	0.54	5.08		0.00	10.25	**0.19**	186.26
Octubre	31.00	70.76	11.11	19.13	12.03		0.00	0.10	3.02	9.01	**0.16**	158.42
Noviembre	30.00	74.73	12.47	21.31	13.48		0.00	0.00	0.00	13.48	**0.25**	245.02
Diciembre	31.00	136.81	51.55	77.11	54.47		0.00	0.25	7.55	46.92	**0.83**	825.25
		792.79	194.39	315.10	208.18	3.23	30.19	1.00	30.19		**0.31**	313.42

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Santa Catalina

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	119.57	37.39	59.51	37.57		0.00	0.30	2.82	34.74	**1.53**	1527.06
Febrero	28.00	125.44	41.95	65.81	42.14		0.00	0.30	2.82	39.32	**1.85**	1851.66
Marzo	31.00	112.97	32.60	52.59	32.75		0.00	0.05	0.47	32.28	**1.37**	1373.14
Abril	30.00	59.91	8.01	14.16	8.06	0.58	1.58		0.00	9.64	**0.42**	423.58
Mayo	31.00	31.97	3.30	6.48	3.32	0.57	1.55		0.00	4.88	**0.21**	207.39
Junio	30.00	13.79	1.52	3.14	1.54	0.58	1.58		0.00	3.12	**0.14**	137.07
Julio	31.00	14.68	1.61	3.31	1.62	0.57	1.55		0.00	3.18	**0.14**	135.13
Agosto	31.00	16.34	1.77	3.63	1.78	0.57	1.55		0.00	3.34	**0.14**	141.85
Septiembre	30.00	45.06	5.03	9.37	5.06	0.58	1.58		0.00	6.64	**0.29**	292.03
Octubre	31.00	75.36	12.70	21.67	12.77		0.00	0.10	0.94	11.83	**0.50**	503.13
Noviembre	30.00	80.02	14.49	24.54	14.57		0.00	0.00	0.00	14.57	**0.64**	640.19
Diciembre	31.00	148.74	62.52	89.04	62.73		0.00	0.25	2.35	60.38	**2.57**	2568.13
		843.86	222.88	353.26	223.91	3.46	9.40	1.00	9.40		**0.82**	816.70

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Upamayo

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total					Gasto		Abastecimiento	Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	108.64	29.67	48.23	34.44		0.00	0.30	11.22	23.21	**0.04**	41.37
Febrero	28.00	112.99	32.61	52.62	37.75		0.00	0.30	11.22	26.53	**0.05**	50.66
Marzo	31.00	102.90	26.03	42.70	30.31		0.00	0.05	1.87	28.44	**0.05**	49.06
Abril	30.00	51.99	6.26	11.35	7.57	0.46	6.32		0.00	13.88	**0.02**	24.75
Mayo	31.00	26.60	2.74	5.49	3.44	0.44	6.15		0.00	9.60	**0.02**	16.55
Junio	30.00	11.88	1.34	2.76	1.70	0.46	6.32		0.00	8.02	**0.01**	14.30
Julio	31.00	11.29	1.28	2.64	1.63	0.44	6.15		0.00	7.78	**0.01**	13.42
Agosto	31.00	12.63	1.41	2.91	1.80	0.44	6.15		0.00	7.95	**0.01**	13.72
Septiembre	30.00	39.82	4.26	8.11	5.25	0.46	6.32		0.00	11.56	**0.02**	20.61
Octubre	31.00	66.35	9.74	16.94	11.59		0.00	0.10	3.74	7.85	**0.01**	13.54
Noviembre	30.00	68.46	10.38	17.95	12.32		0.00	0.00	0.00	12.32	**0.02**	21.96
Diciembre	31.00	120.56	38.13	60.56	43.89		0.00	0.25	9.35	34.54	**0.06**	59.58
		734.11	163.84	272.26	191.69	2.70	37.41	1.00	37.41		**0.03**	28.29

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Ventanilla

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total				Gasto		Abastecimiento		Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	114.17	33.44	53.83	82.63		0.00	0.30	4.59	78.04	**1.13**	1133.57
Febrero	28.00	119.78	37.54	59.73	91.06		0.00	0.30	4.59	86.47	**1.35**	1345.78
Marzo	31.00	107.76	29.09	47.36	73.18		0.00	0.05	0.77	72.41	**1.02**	1017.89
Abril	30.00	55.14	6.91	12.39	20.14	0.53	2.58		0.00	22.72	**0.33**	330.05
Mayo	31.00	29.61	3.04	6.03	10.26	0.52	2.52		0.00	12.78	**0.18**	179.68
Junio	30.00	12.97	1.45	2.98	5.15	0.53	2.58		0.00	7.72	**0.11**	112.20
Julio	31.00	13.34	1.48	3.05	5.27	0.52	2.52		0.00	7.80	**0.11**	109.58
Agosto	31.00	14.84	1.63	3.34	5.77	0.52	2.52		0.00	8.30	**0.12**	116.63
Septiembre	30.00	42.88	4.69	8.82	14.65	0.53	2.58		0.00	17.23	**0.25**	250.29
Octubre	31.00	70.76	11.11	19.13	30.45		0.00	0.10	1.53	28.92	**0.41**	406.51
Noviembre	30.00	74.73	12.47	21.31	33.79		0.00	0.00	0.00	33.79	**0.49**	490.82
Diciembre	31.00	136.81	51.55	77.11	113.22		0.00	0.25	3.83	109.40	**1.54**	1537.77
		792.79	194.39	315.10	485.58	3.18	15.31	1.00	15.31		**0.59**	585.90

Caudales medio modelados (m^3/s) – Microcuenca Yahuarmayo

Mes	N° días	Precipitación mensual				Contribución de la retención				Caudales generados		
		PP total				Gasto		Abastecimiento		Cmi	Qi	Qi
	mes	mm/mes	PE II mm/mes	PEIII mm/mes	PE mm/mes	bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)	mm/mes	m3/mes	lt/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Enero	30.00	114.17	33.44	53.83	37.13		0.00	0.30	4.44	32.69	**1.81**	1813.68
Febrero	28.00	119.78	37.54	59.73	41.56		0.00	0.30	4.44	37.12	**2.21**	2206.51
Marzo	31.00	107.76	29.09	47.36	32.40		0.00	0.05	0.74	31.66	**1.70**	1699.52
Abril	30.00	55.14	6.91	12.39	7.90	0.59	2.49		0.00	10.39	**0.58**	576.23
Mayo	31.00	29.61	3.04	6.03	3.59	0.58	2.44		0.00	6.03	**0.32**	323.65
Junio	30.00	12.97	1.45	2.98	1.72	0.59	2.49		0.00	4.21	**0.23**	233.54
Julio	31.00	13.34	1.48	3.05	1.77	0.58	2.44		0.00	4.21	**0.23**	225.96
Agosto	31.00	14.84	1.63	3.34	1.94	0.58	2.44		0.00	4.38	**0.24**	235.17
Septiembre	30.00	42.88	4.69	8.82	5.44	0.59	2.49		0.00	7.93	**0.44**	439.79
Octubre	31.00	70.76	11.11	19.13	12.56		0.00	0.10	1.48	11.08	**0.59**	594.96
Noviembre	30.00	74.73	12.47	21.31	14.07		0.00	0.00	0.00	14.07	**0.78**	780.61
Diciembre	31.00	136.81	51.55	77.11	56.17		0.00	0.25	3.70	52.48	**2.82**	2817.19
Enero		792.79	194.39	315.10	216.25	3.52	14.79	1.00	14.79		**1.00**	995.57

ANEXO E

“Series de caudales medios 1990 - 2024”

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Anascanchi

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.54	0.31	0.21	0.23	0.14	0.35	0.06	0.16	0.28	0.48	0.17	0.32	0.27
1991	0.27	0.28	0.38	0.20	0.13	0.12	0.11	0.10	0.22	0.20	0.27	0.28	0.21
1992	0.30	0.33	0.25	0.19	0.10	0.20	0.11	0.16	0.23	0.25	0.20	0.22	0.21
1993	0.42	0.51	0.29	0.23	0.19	0.13	0.14	0.12	0.23	0.15	0.47	0.32	0.27
1994	0.47	0.44	0.29	0.21	0.20	0.08	0.11	0.11	0.21	0.31	0.13	0.36	0.24
1995	0.29	0.43	0.49	0.14	0.12	0.12	0.13	0.10	0.18	0.21	0.29	0.31	0.23
1996	0.31	0.28	0.37	0.22	0.15	0.10	0.11	0.11	0.20	0.21	0.25	0.31	0.22
1997	0.36	0.39	0.26	0.24	0.14	0.11	0.11	0.18	0.26	0.35	0.28	0.29	0.25
1998	0.35	0.67	0.25	0.20	0.10	0.13	0.10	0.10	0.18	0.32	0.28	0.34	0.25
1999	0.42	0.40	0.36	0.15	0.12	0.14	0.13	0.11	0.31	0.14	0.24	0.40	0.24
2000	0.39	0.40	0.52	0.08	0.18	0.12	0.13	0.13	0.14	0.25	0.14	0.40	0.24
2001	0.59	0.36	0.34	0.22	0.23	0.11	0.18	0.12	0.22	0.30	0.28	0.51	0.29
2002	0.09	0.57	0.44	0.20	0.18	0.10	0.22	0.12	0.21	0.39	0.29	0.34	0.26
2003	0.29	0.30	0.41	0.20	0.19	0.10	0.12	0.21	0.21	0.16	0.32	0.37	0.24
2004	0.18	0.46	0.17	0.20	0.15	0.19	0.13	0.14	0.31	0.32	0.34	0.51	0.26
2005	0.21	0.38	0.40	0.15	0.17	0.10	0.12	0.15	0.28	0.30	0.23	0.39	0.24
2006	0.38	0.34	0.37	0.23	0.13	0.15	0.10	0.14	0.24	0.39	0.26	0.36	0.26
2007	0.34	0.24	0.35	0.27	0.13	0.11	0.14	0.11	0.19	0.27	0.27	0.35	0.23
2008	0.34	0.37	0.21	0.19	0.15	0.12	0.11	0.12	0.19	0.29	0.18	0.25	0.21
2009	0.48	0.40	0.28	0.20	0.15	0.16	0.14	0.19	0.12	0.23	0.40	0.72	0.29
2010	0.46	0.44	0.36	0.19	0.18	0.10	0.13	0.11	0.15	0.30	0.26	0.58	0.27
2011	0.48	0.64	0.31	0.32	0.14	0.10	0.14	0.12	0.23	0.34	0.26	0.59	0.30
2012	0.40	0.59	0.29	0.48	0.10	0.15	0.11	0.11	0.18	0.33	0.33	0.74	0.32
2013	0.35	0.63	0.47	0.26	0.15	0.15	0.18	0.19	0.23	0.34	0.22	0.45	0.30
2014	0.41	0.60	0.38	0.28	0.21	0.10	0.18	0.12	0.24	0.19	0.29	0.35	0.28
2015	0.46	0.33	0.48	0.20	0.21	0.10	0.12	0.13	0.20	0.21	0.28	0.39	0.26
2016	0.32	0.40	0.29	0.24	0.16	0.13	0.12	0.15	0.19	0.30	0.14	0.36	0.23
2017	0.38	0.40	0.38	0.18	0.19	0.10	0.11	0.12	0.24	0.19	0.26	0.38	0.24
2018	0.38	0.34	0.38	0.22	0.14	0.15	0.16	0.16	0.23	0.35	0.37	0.14	0.25
2019	0.44	0.47	0.36	0.16	0.18	0.12	0.13	0.12	0.20	0.29	0.31	0.53	0.28
2020	0.31	0.45	0.22	0.24	0.11	0.13	0.18	0.11	0.23	0.19	0.19	0.39	0.23
2021	0.39	0.29	0.25	0.24	0.13	0.17	0.10	0.13	0.19	0.19	0.42	0.24	0.23
2022	0.47	0.44	0.35	0.18	0.23	0.11	0.12	0.15	0.27	0.20	0.24	0.40	0.26
2023	0.21	0.35	0.30	0.13	0.19	0.10	0.10	0.13	0.26	0.19	0.33	0.37	0.22
2024	0.34	0.33	0.33	0.19	0.17	0.10	0.12	0.13	0.22	0.26	0.23	0.32	0.23
QMed	0.37	0.42	0.34	0.21	0.16	0.13	0.13	0.13	0.22	0.27	0.27	0.39	0.25
Q Min	0.09	0.24	0.17	0.08	0.10	0.08	0.06	0.10	0.12	0.14	0.13	0.14	0.21
Q Max	0.59	0.67	0.52	0.48	0.23	0.35	0.22	0.21	0.31	0.48	0.47	0.74	0.32

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Antacocha

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.56	0.29	0.19	0.19	0.16	0.32	0.05	0.13	0.27	0.45	0.15	0.33	0.26
1991	0.21	0.24	0.31	0.19	0.14	0.10	0.09	0.08	0.21	0.19	0.27	0.26	0.19
1992	0.27	0.33	0.21	0.17	0.07	0.19	0.09	0.14	0.17	0.23	0.19	0.22	0.19
1993	0.46	0.54	0.26	0.27	0.16	0.09	0.15	0.08	0.23	0.13	0.51	0.32	0.27
1994	0.50	0.41	0.28	0.17	0.14	0.08	0.07	0.09	0.20	0.27	0.12	0.34	0.22
1995	0.27	0.39	0.52	0.13	0.12	0.08	0.11	0.08	0.17	0.20	0.29	0.26	0.22
1996	0.36	0.23	0.36	0.28	0.12	0.07	0.08	0.10	0.18	0.21	0.25	0.30	0.21
1997	0.32	0.38	0.25	0.22	0.11	0.09	0.08	0.18	0.24	0.32	0.28	0.26	0.23
1998	0.37	0.59	0.27	0.19	0.08	0.11	0.08	0.09	0.16	0.34	0.23	0.30	0.23
1999	0.38	0.37	0.33	0.15	0.10	0.11	0.09	0.10	0.30	0.13	0.25	0.34	0.22
2000	0.35	0.39	0.48	0.08	0.16	0.10	0.13	0.12	0.12	0.25	0.14	0.35	0.22
2001	0.57	0.35	0.32	0.17	0.22	0.08	0.18	0.10	0.20	0.27	0.28	0.43	0.26
2002	0.10	0.55	0.42	0.19	0.15	0.08	0.20	0.11	0.18	0.35	0.24	0.33	0.24
2003	0.26	0.30	0.42	0.20	0.16	0.07	0.10	0.19	0.20	0.11	0.29	0.40	0.23
2004	0.16	0.39	0.14	0.20	0.12	0.17	0.12	0.11	0.29	0.29	0.34	0.44	0.23
2005	0.20	0.33	0.44	0.11	0.16	0.08	0.09	0.12	0.27	0.27	0.23	0.34	0.22
2006	0.32	0.30	0.31	0.16	0.11	0.14	0.08	0.11	0.18	0.36	0.26	0.35	0.22
2007	0.31	0.26	0.30	0.25	0.11	0.09	0.11	0.08	0.17	0.24	0.23	0.27	0.20
2008	0.32	0.33	0.18	0.14	0.13	0.09	0.09	0.10	0.16	0.27	0.16	0.20	0.18
2009	0.42	0.30	0.33	0.18	0.13	0.15	0.16	0.18	0.11	0.30	0.38	1.09	0.31
2010	0.53	0.50	0.37	0.19	0.18	0.07	0.12	0.08	0.18	0.27	0.30	0.87	0.31
2011	0.50	0.81	0.35	0.28	0.14	0.08	0.11	0.12	0.21	0.37	0.28	0.91	0.35
2012	0.33	0.50	0.25	0.36	0.08	0.16	0.08	0.08	0.14	0.26	0.30	0.85	0.28
2013	0.32	0.56	0.44	0.22	0.15	0.14	0.14	0.16	0.20	0.34	0.22	0.42	0.28
2014	0.40	0.56	0.35	0.20	0.21	0.07	0.15	0.11	0.20	0.18	0.25	0.37	0.25
2015	0.42	0.30	0.39	0.17	0.19	0.08	0.09	0.11	0.15	0.20	0.24	0.36	0.23
2016	0.25	0.41	0.27	0.20	0.13	0.09	0.11	0.12	0.16	0.29	0.15	0.35	0.21
2017	0.35	0.38	0.38	0.21	0.17	0.07	0.09	0.10	0.20	0.18	0.23	0.41	0.23
2018	0.34	0.29	0.38	0.18	0.11	0.12	0.13	0.13	0.20	0.32	0.30	0.09	0.22
2019	0.36	0.47	0.35	0.16	0.14	0.11	0.12	0.10	0.17	0.27	0.32	0.64	0.27
2020	0.24	0.48	0.16	0.21	0.11	0.10	0.20	0.07	0.21	0.14	0.15	0.42	0.21
2021	0.36	0.26	0.25	0.24	0.11	0.15	0.08	0.13	0.16	0.17	0.40	0.20	0.21
2022	0.41	0.43	0.39	0.16	0.21	0.08	0.12	0.11	0.23	0.16	0.19	0.40	0.24
2023	0.18	0.32	0.31	0.10	0.18	0.07	0.09	0.11	0.23	0.17	0.30	0.36	0.20
2024	0.33	0.31	0.32	0.20	0.13	0.08	0.10	0.12	0.18	0.25	0.22	0.32	0.21
Qmed	0.34	0.40	0.32	0.19	0.14	0.11	0.11	0.11	0.19	0.25	0.26	0.40	0.24
Qmáx	0.57	0.81	0.52	0.36	0.22	0.32	0.20	0.19	0.30	0.45	0.51	1.09	0.35
Qmin	0.10	0.23	0.14	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.11	0.11	0.12	0.09	0.18

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Antara Ocupa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.34	0.16	0.20	0.19	0.13	0.17	0.12	0.13	0.17	0.25	0.20	0.19	0.19
1991	0.22	0.19	0.23	0.13	0.18	0.09	0.13	0.14	0.18	0.15	0.17	0.21	0.17
1992	0.15	0.22	0.19	0.14	0.11	0.13	0.12	0.14	0.18	0.23	0.15	0.19	0.16
1993	0.23	0.28	0.22	0.19	0.16	0.12	0.11	0.13	0.22	0.14	0.25	0.18	0.19
1994	0.28	0.26	0.21	0.14	0.17	0.11	0.11	0.13	0.16	0.17	0.13	0.18	0.17
1995	0.20	0.22	0.26	0.11	0.14	0.11	0.12	0.12	0.11	0.16	0.21	0.22	0.16
1996	0.17	0.22	0.21	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	0.19	0.18	0.20	0.24	0.17
1997	0.19	0.25	0.18	0.15	0.13	0.12	0.13	0.15	0.17	0.22	0.17	0.21	0.17
1998	0.23	0.31	0.18	0.19	0.12	0.11	0.12	0.13	0.15	0.26	0.19	0.18	0.18
1999	0.26	0.26	0.21	0.17	0.16	0.12	0.13	0.12	0.21	0.14	0.14	0.24	0.18
2000	0.24	0.24	0.26	0.08	0.18	0.12	0.13	0.14	0.12	0.20	0.11	0.26	0.17
2001	0.29	0.21	0.22	0.13	0.16	0.14	0.12	0.09	0.20	0.18	0.22	0.26	0.18
2002	0.09	0.32	0.19	0.17	0.14	0.11	0.13	0.15	0.14	0.21	0.20	0.20	0.17
2003	0.20	0.23	0.23	0.15	0.14	0.12	0.12	0.14	0.16	0.12	0.22	0.21	0.17
2004	0.13	0.29	0.12	0.16	0.16	0.15	0.12	0.13	0.19	0.20	0.20	0.28	0.18
2005	0.17	0.26	0.22	0.15	0.16	0.09	0.14	0.13	0.16	0.21	0.17	0.21	0.17
2006	0.25	0.23	0.26	0.18	0.11	0.16	0.11	0.16	0.19	0.21	0.18	0.22	0.19
2007	0.24	0.18	0.24	0.16	0.14	0.11	0.15	0.11	0.17	0.17	0.18	0.23	0.17
2008	0.23	0.24	0.14	0.14	0.15	0.14	0.11	0.13	0.18	0.16	0.18	0.15	0.16
2009	0.23	0.28	0.15	0.15	0.17	0.13	0.13	0.15	0.16	0.19	0.26	0.27	0.19
2010	0.26	0.28	0.20	0.13	0.14	0.11	0.11	0.12	0.14	0.20	0.18	0.26	0.18
2011	0.25	0.29	0.21	0.24	0.12	0.14	0.12	0.13	0.16	0.22	0.18	0.29	0.20
2012	0.21	0.36	0.15	0.35	0.10	0.13	0.15	0.09	0.20	0.21	0.23	0.33	0.21
2013	0.20	0.37	0.25	0.27	0.09	0.16	0.12	0.14	0.16	0.20	0.17	0.28	0.20
2014	0.24	0.33	0.23	0.16	0.16	0.11	0.18	0.10	0.19	0.18	0.18	0.21	0.19
2015	0.25	0.19	0.25	0.20	0.15	0.13	0.11	0.12	0.16	0.18	0.23	0.21	0.18
2016	0.23	0.22	0.20	0.17	0.12	0.11	0.12	0.13	0.15	0.18	0.18	0.21	0.17
2017	0.25	0.25	0.23	0.14	0.17	0.11	0.12	0.14	0.18	0.17	0.18	0.21	0.18
2018	0.22	0.24	0.22	0.17	0.12	0.14	0.15	0.15	0.17	0.23	0.21	0.17	0.18
2019	0.25	0.27	0.23	0.12	0.16	0.13	0.15	0.10	0.16	0.21	0.22	0.22	0.19
2020	0.27	0.24	0.20	0.18	0.14	0.14	0.11	0.13	0.18	0.15	0.13	0.23	0.17
2021	0.26	0.20	0.21	0.14	0.13	0.14	0.09	0.10	0.19	0.18	0.20	0.20	0.17
2022	0.23	0.28	0.20	0.17	0.13	0.16	0.13	0.14	0.18	0.17	0.17	0.20	0.18
2023	0.16	0.21	0.21	0.12	0.15	0.11	0.12	0.12	0.18	0.16	0.19	0.25	0.16
2024	0.17	0.25	0.19	0.17	0.14	0.10	0.16	0.15	0.18	0.17	0.18	0.20	0.17
Qmed	0.22	0.25	0.21	0.16	0.14	0.13	0.13	0.13	0.17	0.19	0.19	0.22	0.18
Qmáx	0.34	0.37	0.26	0.35	0.18	0.17	0.18	0.16	0.22	0.26	0.26	0.33	0.21
Qmin	0.09	0.18	0.12	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.12	0.11	0.15	0.16

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Chacachimpa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1991	1.23	2.22	2.95	1.34	1.45	0.55	0.11	0.06	1.73	1.55	2.83	2.07	1.51
1992	1.46	3.42	1.90	1.32	0.02	1.09	0.44	0.74	0.73	2.34	2.02	2.22	1.48
1993	5.64	6.28	3.57	3.13	1.05	0.05	0.98	0.09	2.41	1.79	6.10	3.17	2.86
1994	5.44	5.10	3.47	2.25	0.85	0.03	0.09	0.11	1.47	2.07	1.46	3.20	2.13
1995	2.60	3.60	5.77	1.27	0.75	0.10	0.38	0.13	0.86	1.65	2.81	2.07	1.83
1996	4.21	2.39	3.06	3.88	1.00	0.02	0.04	0.53	1.18	2.22	2.47	2.79	1.98
1997	2.95	4.41	2.65	1.84	0.48	0.14	0.13	1.56	2.00	2.36	2.79	2.47	1.98
1998	4.37	5.36	3.29	2.03	0.27	0.22	0.03	0.32	1.05	3.72	1.68	1.87	2.02
1999	3.69	4.12	3.20	2.04	0.89	0.68	0.40	0.18	2.57	1.44	2.44	2.86	2.04
2000	3.92	3.76	4.54	1.12	0.86	0.44	0.94	0.82	0.58	2.29	1.93	3.38	2.05
2001	5.41	3.82	3.50	1.21	1.60	0.19	1.10	0.43	1.42	2.34	3.17	2.89	2.26
2002	1.25	5.45	4.28	1.58	0.79	0.17	1.09	0.89	1.35	2.86	2.28	3.68	2.14
2003	2.86	3.79	4.57	2.30	0.89	0.13	0.34	1.35	1.62	0.97	1.98	4.59	2.12
2004	1.51	3.53	1.56	1.43	0.76	1.11	0.93	0.55	2.39	2.77	3.22	4.14	1.99
2005	2.39	3.24	5.07	0.98	1.10	0.05	0.09	0.52	2.07	2.18	2.13	2.79	1.88
2006	2.62	2.83	2.92	0.92	0.58	0.59	0.13	0.40	1.02	3.06	2.43	3.47	1.75
2007	3.11	3.38	2.99	1.90	0.67	0.03	0.40	0.27	1.33	2.09	1.57	1.88	1.64
2008	2.75	3.51	1.27	0.56	0.66	0.26	0.32	0.29	1.15	2.52	1.47	1.45	1.35
2009	3.56	2.76	3.68	1.70	1.10	1.18	1.30	1.48	0.93	3.70	4.10	15.64	3.43
2010	8.48	7.14	4.39	2.42	1.90	0.09	0.55	0.12	1.98	2.55	3.63	13.42	3.89
2011	6.37	10.89	5.48	2.76	1.23	0.06	0.47	0.65	1.59	3.75	3.47	13.66	4.20
2012	4.00	4.34	2.41	3.62	0.78	0.98	0.27	0.13	1.06	1.83	3.04	10.28	2.73
2013	3.85	5.02	4.34	2.33	1.48	1.00	0.61	0.94	1.30	3.54	2.30	3.76	2.54
2014	4.34	5.28	3.68	1.41	1.77	0.25	0.64	0.56	1.38	1.64	1.80	4.34	2.26
2015	3.62	3.37	2.76	1.32	1.58	0.50	0.21	0.60	0.55	1.92	2.44	3.33	1.85
2016	1.86	4.40	2.61	2.03	0.89	0.11	0.54	0.69	1.14	2.69	1.71	3.37	1.84
2017	3.78	4.10	4.13	2.65	1.32	0.29	0.09	0.23	1.48	1.64	1.98	4.67	2.20
2018	3.44	3.08	3.99	1.78	0.63	0.50	0.66	0.71	1.45	2.63	1.87	0.91	1.80
2019	2.81	4.56	4.48	2.23	0.77	0.69	0.67	0.38	1.13	2.27	3.04	8.16	2.60
2020	2.96	5.12	1.47	1.53	0.93	0.14	1.63	0.30	1.20	1.16	0.87	4.34	1.80
2021	3.64	2.21	2.70	2.49	0.75	0.74	0.20	0.73	1.14	1.50	3.70	1.92	1.81
2022	3.60	3.66	5.35	2.27	1.45	0.19	0.55	0.51	1.25	1.47	1.28	3.73	2.11
2023	2.38	3.03	3.40	0.79	1.39	0.15	0.20	0.47	1.67	1.44	2.72	3.83	1.79
2024	3.22	3.64	3.44	2.36	0.99	0.17	0.23	0.62	1.39	2.40	2.14	3.31	1.99
Media	3.55	4.18	3.45	1.90	1.01	0.43	0.48	0.53	1.43	2.30	2.49	4.37	2.18
Q Min	1.23	2.21	1.27	0.56	0.02	0.02	0.03	0.06	0.55	0.97	0.87	0.91	1.35
Q Max	8.48	10.89	5.77	3.88	1.90	2.17	1.63	1.56	2.57	4.22	6.10	15.64	4.20
1990	5.04	3.43	1.80	1.55	1.60	2.17	0.07	0.31	2.35	4.22	2.28	3.45	2.36

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Chuchucancha

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.21	0.11	0.09	0.09	0.06	0.10	0.02	0.02	0.12	0.17	0.13	0.11	0.10
1991	0.12	0.09	0.27	0.08	0.05	0.03	0.00	0.00	0.10	0.12	0.13	0.11	0.09
1992	0.09	0.15	0.17	0.07	0.01	0.04	0.01	0.02	0.03	0.15	0.07	0.08	0.07
1993	0.23	0.28	0.18	0.12	0.05	0.02	0.02	0.02	0.12	0.13	0.24	0.20	0.13
1994	0.27	0.21	0.17	0.14	0.05	0.01	0.01	0.01	0.05	0.12	0.15	0.12	0.11
1995	0.14	0.19	0.26	0.11	0.05	0.01	0.01	0.01	0.05	0.12	0.15	0.17	0.11
1996	0.15	0.13	0.17	0.12	0.04	0.01	0.00	0.02	0.04	0.13	0.09	0.21	0.09
1997	0.14	0.27	0.14	0.09	0.03	0.01	0.01	0.03	0.09	0.10	0.15	0.17	0.10
1998	0.19	0.28	0.17	0.10	0.02	0.02	0.00	0.02	0.08	0.18	0.10	0.14	0.11
1999	0.20	0.29	0.19	0.14	0.05	0.03	0.04	0.01	0.13	0.09	0.09	0.17	0.12
2000	0.26	0.25	0.25	0.09	0.09	0.02	0.04	0.05	0.02	0.17	0.09	0.24	0.13
2001	0.32	0.21	0.24	0.08	0.07	0.01	0.03	0.01	0.09	0.14	0.18	0.25	0.14
2002	0.09	0.29	0.26	0.14	0.04	0.02	0.05	0.02	0.07	0.17	0.17	0.19	0.12
2003	0.15	0.17	0.23	0.13	0.05	0.01	0.01	0.05	0.06	0.07	0.11	0.19	0.10
2004	0.08	0.21	0.10	0.05	0.06	0.05	0.03	0.05	0.08	0.15	0.14	0.25	0.10
2005	0.14	0.20	0.18	0.09	0.06	0.00	0.01	0.04	0.07	0.16	0.11	0.18	0.10
2006	0.28	0.15	0.24	0.16	0.03	0.03	0.01	0.03	0.09	0.17	0.13	0.21	0.13
2007	0.24	0.21	0.25	0.14	0.05	0.01	0.01	0.01	0.05	0.16	0.16	0.21	0.12
2008	0.26	0.25	0.10	0.06	0.02	0.03	0.00	0.01	0.09	0.18	0.12	0.16	0.11
2009	0.19	0.20	0.23	0.11	0.07	0.02	0.03	0.06	0.05	0.16	0.31	0.36	0.15
2010	0.35	0.34	0.22	0.06	0.04	0.01	0.01	0.01	0.05	0.15	0.18	0.36	0.15
2011	0.31	0.44	0.22	0.21	0.07	0.01	0.04	0.02	0.10	0.15	0.19	0.40	0.18
2012	0.25	0.33	0.16	0.45	0.06	0.03	0.02	0.01	0.11	0.16	0.19	0.39	0.18
2013	0.30	0.32	0.32	0.27	0.06	0.04	0.04	0.05	0.09	0.19	0.13	0.25	0.17
2014	0.40	0.41	0.25	0.15	0.11	0.01	0.03	0.02	0.12	0.12	0.17	0.24	0.17
2015	0.27	0.18	0.23	0.26	0.10	0.05	0.02	0.04	0.08	0.10	0.15	0.24	0.14
2016	0.13	0.22	0.17	0.13	0.06	0.04	0.03	0.04	0.06	0.14	0.06	0.17	0.10
2017	0.22	0.23	0.20	0.08	0.07	0.04	0.02	0.02	0.07	0.10	0.12	0.18	0.11
2018	0.21	0.20	0.17	0.15	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.17	0.15	0.12	0.12
2019	0.17	0.22	0.19	0.10	0.06	0.03	0.03	0.03	0.05	0.12	0.16	0.28	0.12
2020	0.24	0.28	0.16	0.10	0.04	0.01	0.05	0.01	0.06	0.06	0.08	0.17	0.10
2021	0.19	0.13	0.16	0.08	0.02	0.04	0.02	0.02	0.05	0.10	0.18	0.16	0.10
2022	0.20	0.23	0.21	0.14	0.08	0.02	0.01	0.04	0.05	0.08	0.07	0.18	0.11
2023	0.14	0.17	0.17	0.06	0.07	0.02	0.00	0.02	0.10	0.09	0.18	0.19	0.10
2024	0.19	0.19	0.19	0.11	0.07	0.01	0.01	0.03	0.09	0.14	0.11	0.17	0.11
Qmed	0.21	0.23	0.20	0.13	0.05	0.03	0.02	0.03	0.07	0.13	0.14	0.21	0.12
Qmáx	0.40	0.44	0.32	0.45	0.11	0.10	0.05	0.06	0.13	0.19	0.31	0.40	0.18
Qmin	0.08	0.09	0.10	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.06	0.08	0.07

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Chuchucancha 2

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.36	0.19	0.15	0.16	0.11	0.16	0.03	0.02	0.19	0.27	0.25	0.19	0.17
1991	0.21	0.15	0.48	0.15	0.09	0.05	0.00	0.00	0.17	0.22	0.23	0.19	0.16
1992	0.15	0.24	0.29	0.11	0.02	0.04	0.01	0.03	0.04	0.23	0.09	0.12	0.11
1993	0.37	0.45	0.29	0.20	0.09	0.03	0.03	0.02	0.20	0.23	0.38	0.32	0.22
1994	0.44	0.36	0.30	0.24	0.09	0.01	0.02	0.01	0.08	0.20	0.25	0.20	0.18
1995	0.24	0.30	0.43	0.18	0.08	0.01	0.02	0.02	0.08	0.20	0.27	0.30	0.18
1996	0.23	0.22	0.29	0.19	0.06	0.02	0.00	0.03	0.05	0.24	0.14	0.38	0.16
1997	0.22	0.44	0.24	0.14	0.04	0.01	0.02	0.04	0.14	0.16	0.26	0.30	0.17
1998	0.33	0.45	0.28	0.18	0.02	0.02	0.00	0.03	0.12	0.31	0.18	0.22	0.18
1999	0.32	0.50	0.32	0.24	0.08	0.06	0.06	0.01	0.22	0.16	0.15	0.30	0.20
2000	0.43	0.43	0.42	0.15	0.16	0.03	0.06	0.08	0.03	0.29	0.15	0.44	0.22
2001	0.54	0.36	0.40	0.14	0.11	0.01	0.04	0.01	0.14	0.24	0.32	0.44	0.23
2002	0.16	0.46	0.44	0.23	0.07	0.03	0.08	0.02	0.10	0.29	0.27	0.31	0.20
2003	0.26	0.29	0.37	0.23	0.07	0.01	0.02	0.08	0.09	0.12	0.18	0.30	0.17
2004	0.14	0.34	0.17	0.08	0.10	0.08	0.05	0.07	0.12	0.24	0.22	0.42	0.17
2005	0.25	0.36	0.28	0.15	0.09	0.00	0.00	0.06	0.10	0.27	0.18	0.31	0.17
2006	0.50	0.26	0.43	0.31	0.04	0.05	0.02	0.05	0.15	0.28	0.22	0.33	0.22
2007	0.44	0.37	0.43	0.24	0.07	0.01	0.01	0.02	0.08	0.28	0.31	0.38	0.22
2008	0.50	0.49	0.16	0.09	0.03	0.06	0.00	0.02	0.18	0.30	0.23	0.29	0.20
2009	0.28	0.35	0.37	0.19	0.13	0.02	0.04	0.10	0.10	0.27	0.59	0.59	0.25
2010	0.62	0.61	0.39	0.08	0.05	0.02	0.02	0.01	0.07	0.28	0.33	0.59	0.25
2011	0.57	0.75	0.38	0.39	0.12	0.01	0.06	0.03	0.17	0.28	0.33	0.66	0.31
2012	0.45	0.61	0.28	0.91	0.12	0.04	0.03	0.02	0.18	0.29	0.35	0.66	0.33
2013	0.56	0.57	0.55	0.56	0.09	0.07	0.05	0.08	0.15	0.34	0.24	0.45	0.31
2014	0.77	0.77	0.44	0.29	0.18	0.02	0.04	0.03	0.23	0.22	0.32	0.44	0.31
2015	0.48	0.33	0.38	0.53	0.17	0.08	0.04	0.06	0.13	0.17	0.25	0.42	0.25
2016	0.23	0.37	0.29	0.22	0.11	0.05	0.05	0.08	0.10	0.23	0.11	0.27	0.17
2017	0.36	0.38	0.33	0.13	0.12	0.05	0.03	0.02	0.12	0.17	0.20	0.28	0.18
2018	0.35	0.34	0.28	0.25	0.09	0.08	0.07	0.06	0.10	0.31	0.26	0.22	0.20
2019	0.27	0.36	0.32	0.17	0.11	0.05	0.05	0.04	0.08	0.21	0.28	0.46	0.20
2020	0.43	0.47	0.29	0.17	0.06	0.01	0.07	0.02	0.09	0.10	0.15	0.27	0.18
2021	0.33	0.22	0.26	0.14	0.02	0.05	0.03	0.04	0.09	0.17	0.29	0.27	0.16
2022	0.34	0.39	0.35	0.24	0.14	0.04	0.02	0.08	0.09	0.14	0.12	0.29	0.19
2023	0.23	0.28	0.29	0.10	0.12	0.02	0.00	0.04	0.16	0.15	0.32	0.32	0.17
2024	0.31	0.32	0.32	0.18	0.11	0.02	0.01	0.05	0.16	0.24	0.21	0.29	0.19
Qmed	0.36	0.39	0.33	0.23	0.09	0.04	0.03	0.04	0.12	0.23	0.25	0.35	0.21
Qmáx	0.77	0.77	0.55	0.91	0.18	0.16	0.08	0.10	0.23	0.34	0.59	0.66	0.33
Qmin	0.14	0.15	0.16	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.09	0.12	0.11

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Chuyroc

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.08	0.05	0.02	0.03	0.01	0.05	0.00	0.01	0.04	0.08	0.03	0.04	0.04
1991	0.04	0.04	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03
1992	0.04	0.05	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03
1993	0.06	0.08	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.07	0.06	0.04
1994	0.08	0.08	0.05	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.02	0.05	0.03
1995	0.05	0.07	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.03
1996	0.05	0.04	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03
1997	0.06	0.07	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03
1998	0.05	0.12	0.05	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04	0.05	0.03
1999	0.07	0.07	0.06	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.02	0.03	0.07	0.03
2000	0.07	0.07	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.06	0.03
2001	0.11	0.07	0.06	0.03	0.03	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.09	0.04
2002	0.01	0.08	0.08	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.06	0.05	0.05	0.04
2003	0.04	0.04	0.06	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03
2004	0.03	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.04	0.05	0.05	0.09	0.03
2005	0.04	0.06	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.03	0.06	0.03
2006	0.07	0.05	0.07	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.06	0.04	0.06	0.04
2007	0.06	0.03	0.05	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.06	0.03
2008	0.06	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03
2009	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.07	0.11	0.04
2010	0.09	0.08	0.06	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.08	0.04
2011	0.09	0.11	0.05	0.06	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.05	0.04	0.08	0.04
2012	0.08	0.11	0.05	0.11	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.05	0.06	0.13	0.05
2013	0.08	0.12	0.09	0.06	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03	0.08	0.05
2014	0.08	0.11	0.07	0.05	0.03	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02	0.04	0.06	0.04
2015	0.08	0.06	0.09	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.07	0.04
2016	0.06	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04	0.02	0.05	0.03
2017	0.07	0.07	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.04	0.05	0.03
2018	0.06	0.06	0.06	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.06	0.02	0.04
2019	0.07	0.08	0.06	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.05	0.09	0.04
2020	0.07	0.07	0.04	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03
2021	0.07	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.07	0.04	0.03
2022	0.08	0.08	0.06	0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.03	0.06	0.04
2023	0.03	0.05	0.05	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.05	0.06	0.03
2024	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03
Qmed	0.06	0.07	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.06	0.03
Qmáx	0.11	0.12	0.09	0.11	0.03	0.05	0.02	0.02	0.04	0.08	0.07	0.13	0.05
Qmin	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca De Chacpas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.51	0.28	0.20	0.19	0.14	0.31	0.05	0.13	0.24	0.44	0.15	0.30	0.24
1991	0.22	0.23	0.33	0.19	0.11	0.09	0.08	0.08	0.19	0.17	0.25	0.25	0.18
1992	0.29	0.29	0.21	0.16	0.07	0.18	0.08	0.13	0.17	0.21	0.17	0.19	0.18
1993	0.41	0.49	0.25	0.23	0.15	0.10	0.12	0.08	0.20	0.12	0.46	0.31	0.24
1994	0.45	0.38	0.25	0.17	0.14	0.07	0.08	0.08	0.17	0.27	0.11	0.32	0.21
1995	0.26	0.38	0.47	0.13	0.10	0.09	0.10	0.07	0.15	0.18	0.26	0.26	0.20
1996	0.31	0.24	0.34	0.21	0.11	0.07	0.08	0.09	0.16	0.18	0.21	0.28	0.19
1997	0.31	0.36	0.22	0.21	0.11	0.08	0.08	0.15	0.22	0.31	0.27	0.25	0.21
1998	0.34	0.60	0.24	0.18	0.07	0.10	0.07	0.08	0.14	0.30	0.23	0.30	0.22
1999	0.38	0.36	0.31	0.13	0.09	0.10	0.10	0.09	0.28	0.12	0.22	0.35	0.21
2000	0.34	0.37	0.47	0.07	0.15	0.09	0.11	0.12	0.11	0.22	0.12	0.34	0.21
2001	0.54	0.33	0.31	0.18	0.20	0.08	0.15	0.09	0.19	0.26	0.26	0.43	0.25
2002	0.09	0.51	0.41	0.18	0.14	0.07	0.19	0.10	0.17	0.35	0.24	0.30	0.23
2003	0.24	0.28	0.39	0.17	0.15	0.06	0.08	0.17	0.18	0.12	0.27	0.36	0.21
2004	0.14	0.39	0.13	0.18	0.11	0.14	0.10	0.10	0.27	0.28	0.32	0.44	0.22
2005	0.18	0.32	0.40	0.11	0.15	0.06	0.08	0.12	0.25	0.27	0.20	0.34	0.21
2006	0.33	0.30	0.30	0.18	0.11	0.13	0.08	0.11	0.17	0.34	0.23	0.33	0.22
2007	0.30	0.23	0.29	0.24	0.11	0.08	0.10	0.09	0.15	0.23	0.23	0.29	0.20
2008	0.31	0.32	0.18	0.15	0.12	0.09	0.08	0.09	0.15	0.25	0.15	0.20	0.18
2009	0.41	0.31	0.30	0.16	0.13	0.13	0.12	0.16	0.10	0.24	0.35	0.84	0.27
2010	0.47	0.43	0.34	0.16	0.15	0.07	0.10	0.08	0.15	0.26	0.26	0.67	0.26
2011	0.46	0.68	0.31	0.27	0.13	0.07	0.10	0.11	0.19	0.33	0.25	0.68	0.30
2012	0.34	0.48	0.26	0.35	0.07	0.13	0.09	0.07	0.13	0.27	0.27	0.74	0.27
2013	0.32	0.56	0.44	0.21	0.14	0.12	0.14	0.16	0.19	0.30	0.21	0.41	0.27
2014	0.37	0.54	0.34	0.22	0.18	0.07	0.14	0.09	0.20	0.16	0.24	0.33	0.24
2015	0.42	0.28	0.42	0.16	0.18	0.08	0.09	0.10	0.15	0.19	0.24	0.35	0.22
2016	0.25	0.38	0.26	0.19	0.13	0.09	0.10	0.11	0.16	0.26	0.13	0.33	0.20
2017	0.34	0.36	0.36	0.18	0.16	0.07	0.07	0.08	0.20	0.16	0.22	0.37	0.21
2018	0.32	0.30	0.36	0.18	0.10	0.12	0.12	0.12	0.19	0.31	0.31	0.09	0.21
2019	0.35	0.45	0.33	0.14	0.14	0.10	0.09	0.09	0.16	0.26	0.29	0.54	0.25
2020	0.25	0.43	0.18	0.20	0.09	0.08	0.17	0.08	0.19	0.14	0.15	0.38	0.19
2021	0.34	0.25	0.22	0.21	0.11	0.14	0.08	0.11	0.15	0.15	0.39	0.20	0.20
2022	0.39	0.42	0.35	0.15	0.20	0.08	0.10	0.11	0.24	0.16	0.18	0.38	0.23
2023	0.17	0.31	0.27	0.11	0.17	0.07	0.08	0.10	0.22	0.16	0.29	0.33	0.19
2024	0.31	0.29	0.30	0.18	0.13	0.08	0.08	0.11	0.18	0.22	0.19	0.29	0.20
Qmed	0.33	0.38	0.31	0.18	0.13	0.10	0.10	0.10	0.18	0.23	0.24	0.36	0.22
Qmáx	0.54	0.68	0.47	0.35	0.20	0.31	0.19	0.17	0.28	0.44	0.46	0.84	0.30
Qmin	0.09	0.23	0.13	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.10	0.12	0.11	0.09	0.18

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Hualamayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.22	0.13	0.09	0.08	0.07	0.10	0.02	0.02	0.12	0.18	0.12	0.13	0.11
1991	0.10	0.10	0.26	0.08	0.05	0.03	0.00	0.00	0.10	0.11	0.14	0.11	0.09
1992	0.08	0.16	0.17	0.07	0.01	0.04	0.01	0.02	0.03	0.15	0.08	0.08	0.08
1993	0.25	0.31	0.19	0.14	0.05	0.01	0.02	0.01	0.12	0.12	0.27	0.21	0.14
1994	0.29	0.22	0.18	0.14	0.05	0.01	0.01	0.01	0.05	0.12	0.14	0.14	0.11
1995	0.15	0.20	0.27	0.11	0.04	0.00	0.01	0.01	0.05	0.12	0.15	0.16	0.11
1996	0.17	0.14	0.18	0.15	0.05	0.01	0.00	0.02	0.04	0.11	0.10	0.19	0.10
1997	0.16	0.29	0.14	0.10	0.02	0.01	0.01	0.04	0.09	0.10	0.15	0.16	0.11
1998	0.20	0.29	0.18	0.10	0.02	0.01	0.00	0.01	0.08	0.18	0.09	0.14	0.11
1999	0.21	0.29	0.20	0.15	0.05	0.03	0.03	0.01	0.14	0.09	0.10	0.17	0.12
2000	0.28	0.25	0.26	0.08	0.08	0.02	0.04	0.04	0.02	0.17	0.09	0.23	0.13
2001	0.33	0.22	0.24	0.08	0.07	0.01	0.03	0.01	0.10	0.14	0.17	0.23	0.14
2002	0.09	0.31	0.27	0.14	0.04	0.02	0.05	0.03	0.07	0.17	0.17	0.20	0.13
2003	0.16	0.18	0.24	0.13	0.06	0.01	0.01	0.05	0.07	0.07	0.10	0.21	0.11
2004	0.08	0.21	0.10	0.06	0.06	0.05	0.03	0.05	0.10	0.16	0.15	0.25	0.11
2005	0.14	0.19	0.21	0.08	0.06	0.00	0.00	0.03	0.08	0.15	0.10	0.18	0.10
2006	0.26	0.16	0.23	0.13	0.03	0.03	0.01	0.03	0.08	0.18	0.14	0.23	0.12
2007	0.22	0.21	0.25	0.14	0.05	0.00	0.01	0.01	0.05	0.15	0.14	0.19	0.12
2008	0.23	0.23	0.11	0.05	0.02	0.02	0.00	0.01	0.08	0.17	0.10	0.14	0.10
2009	0.21	0.20	0.24	0.11	0.07	0.03	0.03	0.06	0.05	0.17	0.28	0.44	0.16
2010	0.37	0.35	0.23	0.07	0.05	0.01	0.01	0.01	0.05	0.15	0.18	0.42	0.16
2011	0.30	0.47	0.24	0.19	0.07	0.00	0.03	0.02	0.10	0.16	0.19	0.46	0.19
2012	0.24	0.31	0.15	0.36	0.06	0.03	0.02	0.01	0.10	0.14	0.18	0.41	0.17
2013	0.27	0.32	0.31	0.22	0.06	0.04	0.04	0.05	0.08	0.18	0.13	0.23	0.16
2014	0.35	0.37	0.24	0.13	0.11	0.01	0.03	0.02	0.11	0.11	0.15	0.24	0.16
2015	0.26	0.18	0.22	0.21	0.10	0.05	0.02	0.03	0.07	0.11	0.15	0.23	0.14
2016	0.12	0.22	0.17	0.14	0.06	0.03	0.03	0.04	0.06	0.14	0.06	0.18	0.10
2017	0.23	0.24	0.22	0.10	0.07	0.03	0.02	0.01	0.07	0.10	0.12	0.20	0.12
2018	0.21	0.20	0.19	0.14	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.16	0.14	0.11	0.12
2019	0.17	0.24	0.20	0.11	0.06	0.04	0.04	0.03	0.05	0.12	0.16	0.31	0.13
2020	0.23	0.29	0.15	0.09	0.04	0.01	0.06	0.01	0.06	0.06	0.07	0.19	0.10
2021	0.20	0.13	0.17	0.09	0.02	0.04	0.02	0.02	0.05	0.11	0.20	0.15	0.10
2022	0.20	0.23	0.23	0.14	0.08	0.02	0.01	0.04	0.05	0.08	0.07	0.19	0.11
2023	0.15	0.18	0.19	0.06	0.08	0.01	0.00	0.02	0.10	0.09	0.18	0.20	0.10
2024	0.20	0.20	0.20	0.11	0.07	0.01	0.01	0.03	0.09	0.14	0.11	0.18	0.11
Qmed	0.21	0.23	0.20	0.12	0.05	0.02	0.02	0.02	0.07	0.13	0.14	0.21	0.12
Qmáx	0.37	0.47	0.31	0.36	0.11	0.10	0.06	0.06	0.14	0.18	0.28	0.46	0.19
Qmin	0.08	0.10	0.10	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.06	0.08	0.08

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Huascán

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	2.62	1.54	1.35	1.25	0.73	0.86	0.29	0.28	1.03	1.55	1.79	1.30	1.21
1991	1.47	1.28	2.17	0.93	0.68	0.35	0.23	0.26	0.88	1.32	1.22	1.32	1.01
1992	0.95	1.58	1.65	0.82	0.26	0.51	0.19	0.43	0.77	1.38	0.64	1.21	0.87
1993	2.22	2.49	1.80	1.36	0.72	0.25	0.30	0.35	1.52	1.45	2.12	1.72	1.36
1994	2.13	2.24	1.94	1.86	0.67	0.20	0.24	0.19	0.71	1.07	1.04	1.13	1.12
1995	1.40	1.65	2.43	0.79	0.67	0.21	0.34	0.29	0.58	0.95	1.67	1.62	1.05
1996	1.36	1.28	1.46	0.81	0.43	0.32	0.16	0.28	0.69	1.51	0.85	2.21	0.95
1997	1.76	2.09	1.43	0.80	0.48	0.20	0.23	0.42	1.03	1.31	1.45	1.56	1.06
1998	1.59	3.02	1.59	1.32	0.17	0.34	0.16	0.40	0.52	2.37	1.60	1.22	1.19
1999	1.84	2.75	1.86	1.12	0.55	0.81	0.32	0.21	1.40	0.85	0.86	1.79	1.20
2000	2.07	2.51	2.24	0.69	0.77	0.19	0.30	0.49	0.27	1.15	0.90	2.90	1.21
2001	2.82	1.54	1.94	0.79	0.67	0.33	0.51	0.35	0.86	1.28	1.60	2.64	1.28
2002	0.75	2.46	2.02	1.06	0.55	0.28	0.55	0.49	0.59	1.70	1.46	1.66	1.13
2003	1.63	1.64	2.16	1.15	0.49	0.17	0.28	0.51	0.66	0.47	1.58	1.93	1.06
2004	0.46	3.11	0.91	0.55	0.66	0.66	0.37	0.34	0.98	1.41	1.49	2.20	1.10
2005	1.30	1.96	1.61	0.90	0.50	0.21	0.19	0.33	0.90	1.29	0.98	1.34	0.96
2006	2.25	1.68	2.43	1.43	0.45	0.40	0.23	0.32	0.99	1.34	1.25	1.52	1.19
2007	1.96	1.69	1.97	1.17	0.73	0.22	0.29	0.25	0.59	1.35	1.32	1.65	1.10
2008	1.95	2.13	0.90	0.73	0.36	0.54	0.22	0.24	1.01	1.29	1.04	1.07	0.96
2009	1.99	2.35	2.14	0.97	0.66	0.25	0.46	0.56	1.02	1.21	2.24	2.78	1.39
2010	2.40	2.96	2.23	0.72	0.52	0.26	0.21	0.25	0.49	1.64	1.61	2.25	1.29
2011	2.44	2.96	1.78	1.57	0.50	0.28	0.33	0.32	0.82	1.30	1.40	2.51	1.35
2012	2.07	3.12	1.39	2.73	0.52	0.31	0.32	0.28	0.90	1.39	1.73	3.34	1.51
2013	2.36	2.96	2.95	2.02	0.50	0.36	0.49	0.52	0.99	1.60	1.14	1.95	1.49
2014	2.84	3.18	2.25	1.19	0.90	0.33	0.35	0.22	1.09	1.24	1.44	1.90	1.41
2015	2.19	1.72	1.96	1.70	0.77	0.30	0.34	0.34	0.84	1.12	1.40	2.15	1.24
2016	1.50	2.07	1.54	1.21	0.60	0.35	0.30	0.79	0.76	1.46	1.04	1.50	1.10
2017	2.09	2.35	1.72	1.12	0.76	0.32	0.23	0.28	1.02	0.93	1.17	1.56	1.13
2018	2.14	2.02	1.75	1.27	0.66	0.42	0.34	0.41	0.97	1.82	1.75	1.58	1.26
2019	2.27	2.23	1.74	1.22	0.66	0.33	0.33	0.32	0.74	1.51	1.73	2.46	1.30
2020	2.26	2.32	1.73	1.16	0.41	0.27	0.49	0.24	0.85	0.96	1.03	1.47	1.10
2021	1.99	1.73	1.60	0.85	0.38	0.36	0.30	0.33	0.83	0.82	1.73	1.45	1.03
2022	2.26	2.65	1.76	1.31	0.82	0.28	0.29	0.91	0.99	0.91	1.09	1.64	1.24
2023	1.11	2.02	1.79	0.87	0.78	0.26	0.19	0.30	1.00	1.05	1.58	1.84	1.07
2024	1.67	2.26	1.57	1.17	0.73	0.33	0.28	0.40	1.04	1.34	1.26	1.51	1.13
Qmed	1.89	2.22	1.82	1.16	0.59	0.35	0.30	0.37	0.87	1.30	1.38	1.83	1.17
Qmáx	2.84	3.18	2.95	2.73	0.90	0.86	0.55	0.91	1.52	2.37	2.24	3.34	1.51
Qmin	0.46	1.28	0.90	0.55	0.17	0.17	0.16	0.19	0.27	0.47	0.64	1.07	0.87

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Llacsa Llacsa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.46	0.21	0.20	0.20	0.12	0.14	0.03	0.01	0.14	0.23	0.31	0.19	0.19
1991	0.20	0.14	0.34	0.15	0.10	0.03	0.01	0.01	0.11	0.21	0.17	0.17	0.14
1992	0.13	0.24	0.29	0.13	0.03	0.04	0.00	0.04	0.08	0.19	0.06	0.15	0.12
1993	0.36	0.38	0.31	0.22	0.11	0.02	0.02	0.04	0.25	0.26	0.32	0.29	0.21
1994	0.31	0.35	0.29	0.32	0.09	0.02	0.01	0.00	0.09	0.15	0.17	0.18	0.16
1995	0.20	0.23	0.39	0.12	0.11	0.00	0.03	0.03	0.07	0.15	0.26	0.25	0.15
1996	0.17	0.15	0.20	0.10	0.03	0.04	0.00	0.02	0.07	0.27	0.11	0.35	0.13
1997	0.31	0.36	0.23	0.12	0.05	0.01	0.01	0.03	0.11	0.17	0.24	0.24	0.16
1998	0.21	0.45	0.28	0.22	0.00	0.03	0.00	0.05	0.06	0.39	0.25	0.17	0.18
1999	0.25	0.45	0.30	0.18	0.07	0.15	0.04	0.01	0.20	0.14	0.12	0.28	0.18
2000	0.30	0.39	0.36	0.13	0.10	0.01	0.02	0.05	0.02	0.17	0.16	0.58	0.19
2001	0.50	0.26	0.30	0.11	0.08	0.01	0.05	0.04	0.13	0.21	0.27	0.44	0.20
2002	0.14	0.35	0.32	0.17	0.06	0.02	0.06	0.07	0.06	0.24	0.23	0.28	0.17
2003	0.25	0.26	0.33	0.21	0.07	0.00	0.02	0.03	0.07	0.04	0.22	0.33	0.15
2004	0.04	0.57	0.15	0.07	0.08	0.10	0.04	0.03	0.14	0.22	0.21	0.34	0.17
2005	0.19	0.30	0.22	0.15	0.05	0.01	0.00	0.02	0.13	0.18	0.11	0.23	0.13
2006	0.38	0.25	0.43	0.25	0.05	0.04	0.01	0.02	0.12	0.18	0.16	0.22	0.18
2007	0.30	0.29	0.30	0.20	0.12	0.01	0.01	0.01	0.05	0.21	0.19	0.25	0.16
2008	0.29	0.34	0.11	0.11	0.02	0.07	0.00	0.00	0.14	0.21	0.15	0.18	0.14
2009	0.31	0.36	0.38	0.17	0.09	0.01	0.06	0.06	0.17	0.19	0.36	0.47	0.22
2010	0.39	0.52	0.39	0.13	0.06	0.01	0.00	0.00	0.03	0.26	0.25	0.34	0.20
2011	0.40	0.48	0.28	0.25	0.06	0.02	0.03	0.02	0.10	0.19	0.21	0.40	0.20
2012	0.33	0.49	0.20	0.40	0.07	0.02	0.02	0.01	0.10	0.19	0.25	0.58	0.22
2013	0.40	0.48	0.54	0.35	0.07	0.03	0.06	0.06	0.14	0.24	0.15	0.29	0.23
2014	0.47	0.53	0.39	0.17	0.14	0.04	0.02	0.01	0.15	0.19	0.20	0.28	0.22
2015	0.35	0.26	0.31	0.26	0.11	0.02	0.03	0.03	0.11	0.16	0.21	0.38	0.19
2016	0.23	0.33	0.23	0.20	0.07	0.03	0.03	0.13	0.09	0.23	0.15	0.22	0.16
2017	0.34	0.37	0.27	0.19	0.11	0.03	0.01	0.02	0.14	0.12	0.17	0.24	0.17
2018	0.35	0.32	0.26	0.21	0.09	0.05	0.03	0.03	0.13	0.29	0.30	0.25	0.19
2019	0.38	0.33	0.27	0.20	0.09	0.03	0.03	0.02	0.08	0.24	0.29	0.40	0.20
2020	0.38	0.37	0.29	0.20	0.05	0.01	0.05	0.01	0.10	0.13	0.15	0.20	0.16
2021	0.33	0.29	0.26	0.13	0.03	0.03	0.02	0.02	0.11	0.11	0.29	0.22	0.15
2022	0.36	0.45	0.28	0.21	0.12	0.02	0.02	0.16	0.15	0.12	0.14	0.23	0.19
2023	0.12	0.31	0.29	0.14	0.12	0.02	0.00	0.02	0.13	0.15	0.25	0.29	0.15
2024	0.26	0.37	0.25	0.19	0.11	0.02	0.02	0.04	0.15	0.20	0.19	0.22	0.17
Qmed	0.30	0.35	0.29	0.19	0.08	0.03	0.02	0.03	0.11	0.20	0.21	0.29	0.17
Qmáx	0.50	0.57	0.54	0.40	0.14	0.15	0.06	0.16	0.25	0.39	0.36	0.58	0.23
Qmin	0.04	0.14	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.15	0.12

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Maraychaca

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.09	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04
1991	0.04	0.04	0.06	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1992	0.03	0.05	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	0.02	0.04	0.04
1993	0.07	0.06	0.06	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.06	0.04	0.06	0.05	0.05
1994	0.05	0.06	0.04	0.06	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04
1995	0.04	0.05	0.07	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04
1996	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06	0.03	0.06	0.04
1997	0.05	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04
1998	0.04	0.07	0.06	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.07	0.03	0.05	0.04
1999	0.04	0.07	0.04	0.04	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04
2000	0.04	0.06	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.05	0.03	0.10	0.04
2001	0.06	0.05	0.05	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.04
2002	0.02	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06	0.04	0.05	0.04
2003	0.04	0.05	0.06	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.05	0.06	0.04
2004	0.02	0.10	0.02	0.04	0.03	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04
2005	0.04	0.06	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
2006	0.06	0.05	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04
2007	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
2008	0.05	0.06	0.03	0.05	0.01	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
2009	0.06	0.06	0.07	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.06	0.07	0.04
2010	0.06	0.08	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.04
2011	0.06	0.07	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04
2012	0.05	0.07	0.03	0.06	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.09	0.04
2013	0.05	0.07	0.07	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.06	0.04
2014	0.07	0.07	0.06	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
2015	0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04
2016	0.04	0.06	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.04
2017	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.05	0.04
2018	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
2019	0.07	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.04
2020	0.06	0.06	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04
2021	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06	0.04	0.04
2022	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
2023	0.03	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04
2024	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Qmed	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
Qmáx	0.09	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.07	0.06	0.10	0.05
Qmin	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Ocshapampa

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	2.92	1.29	1.27	1.10	0.69	0.82	0.25	0.19	0.79	1.44	1.48	1.15	1.12
1991	1.36	0.90	3.34	0.69	0.60	0.35	0.20	0.17	0.79	1.31	1.13	1.10	0.99
1992	0.84	1.57	1.33	0.80	0.30	0.43	0.16	0.39	1.47	1.18	0.51	1.11	0.84
1993	2.22	2.27	1.77	2.02	0.88	0.18	0.23	0.35	1.41	1.35	1.79	1.72	1.35
1994	2.06	1.66	1.78	7.24	0.54	0.19	0.21	0.17	0.57	0.86	1.00	1.09	1.45
1995	1.21	1.54	2.41	0.70	0.68	0.15	0.27	0.26	0.50	0.84	1.43	1.47	0.95
1996	1.08	0.95	1.23	0.76	0.32	0.29	0.13	0.30	0.78	1.56	0.79	1.96	0.85
1997	1.93	1.69	1.27	0.79	0.38	0.17	0.20	0.31	0.94	1.16	1.52	1.37	0.98
1998	1.25	2.33	1.50	1.34	0.20	0.27	0.13	0.37	0.44	2.13	1.33	1.01	1.02
1999	1.74	2.37	1.56	1.14	0.48	0.76	0.31	0.16	1.43	0.79	0.86	1.63	1.10
2000	1.84	2.13	1.83	0.68	0.64	0.16	0.25	0.44	0.29	1.18	0.87	2.78	1.09
2001	2.53	1.53	1.76	0.64	0.61	0.18	0.43	0.30	0.73	1.24	1.46	2.27	1.14
2002	0.69	2.05	1.77	0.95	0.46	0.24	0.48	0.41	0.54	1.49	1.29	1.56	0.99
2003	1.45	1.53	1.92	1.23	0.46	0.21	0.23	0.33	0.54	0.37	1.31	1.78	0.95
2004	0.46	2.85	0.81	0.59	0.54	0.58	0.34	0.33	1.01	1.20	1.32	1.87	0.99
2005	1.11	1.76	1.45	0.81	0.32	0.17	0.16	0.27	0.71	1.09	0.84	1.29	0.83
2006	1.90	1.39	2.23	1.37	0.31	0.39	0.17	0.27	0.81	1.35	1.15	1.35	1.06
2007	1.61	1.49	1.88	1.13	0.74	0.14	0.24	0.17	0.44	1.23	1.20	1.40	0.97
2008	1.74	1.77	0.67	0.73	0.22	0.50	0.14	0.19	0.89	1.24	0.94	1.11	0.85
2009	1.64	1.83	2.13	0.89	0.56	0.24	0.41	0.57	0.81	1.07	2.02	2.60	1.23
2010	2.18	2.53	1.96	0.71	0.37	0.18	0.17	0.13	0.34	1.45	1.32	1.83	1.10
2011	2.21	2.51	1.61	1.30	0.38	0.20	0.29	0.25	0.73	1.10	1.20	2.33	1.18
2012	1.86	2.56	1.10	2.16	0.47	0.25	0.23	0.19	0.71	1.20	1.47	2.95	1.26
2013	2.24	2.39	2.68	1.77	0.46	0.33	0.40	0.48	0.82	1.59	0.93	1.62	1.31
2014	3.02	2.71	2.04	1.04	0.87	0.31	0.26	0.18	1.19	1.04	1.21	1.61	1.29
2015	2.11	1.30	1.68	1.62	0.71	0.24	0.32	0.28	0.89	0.97	1.32	1.94	1.11
2016	1.50	1.93	1.29	1.18	0.50	0.30	0.25	0.75	0.61	1.41	0.71	1.34	0.98
2017	2.13	2.10	1.50	1.16	0.82	0.21	0.19	0.21	1.02	0.77	1.16	1.37	1.05
2018	2.06	1.65	1.44	1.24	0.61	0.37	0.28	0.30	1.92	2.38	1.89	2.43	1.38
2019	3.06	2.35	2.10	1.49	0.74	0.23	0.26	0.23	0.76	1.41	1.73	3.02	1.45
2020	2.54	2.26	1.43	1.06	0.37	0.18	0.48	0.18	0.72	0.72	0.97	1.28	1.02
2021	1.93	1.65	1.41	0.76	0.29	0.31	0.26	0.26	0.73	0.52	1.97	1.30	0.95
2022	2.73	3.10	2.08	1.41	0.95	0.34	0.22	0.89	1.70	0.73	0.95	1.50	1.38
2023	0.84	1.76	1.59	0.88	0.87	0.19	0.13	0.27	1.02	0.99	1.50	1.67	0.98
2024	1.45	2.03	1.40	1.21	0.77	0.22	0.24	0.35	0.92	1.30	1.11	1.37	1.03
Qmed	1.81	1.94	1.69	1.27	0.55	0.29	0.26	0.31	0.86	1.19	1.25	1.69	1.09
Qmáx	3.06	3.10	3.34	7.24	0.95	0.82	0.48	0.89	1.92	2.38	2.02	3.02	1.45
Qmin	0.46	0.90	0.67	0.59	0.20	0.14	0.13	0.13	0.29	0.37	0.51	1.01	0.83

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Ondores

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.09	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.01	0.01	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05
1991	0.05	0.04	0.10	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04
1992	0.04	0.06	0.07	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.06	0.03	0.03	0.03
1993	0.10	0.12	0.07	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.10	0.08	0.06
1994	0.11	0.09	0.07	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.06	0.05	0.05
1995	0.06	0.08	0.11	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.06	0.07	0.04
1996	0.06	0.06	0.07	0.05	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.05	0.04	0.08	0.04
1997	0.06	0.11	0.06	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.04
1998	0.08	0.12	0.07	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.07	0.04	0.06	0.05
1999	0.08	0.12	0.08	0.05	0.02	0.02	0.02	0.01	0.06	0.04	0.04	0.07	0.05
2000	0.10	0.10	0.10	0.03	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01	0.07	0.04	0.10	0.05
2001	0.13	0.09	0.09	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.04	0.06	0.07	0.10	0.06
2002	0.04	0.12	0.10	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.07	0.07	0.08	0.05
2003	0.06	0.07	0.09	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.05	0.08	0.04
2004	0.03	0.09	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.07	0.06	0.10	0.05
2005	0.06	0.08	0.08	0.04	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.07	0.04	0.07	0.04
2006	0.11	0.06	0.10	0.06	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.07	0.06	0.09	0.05
2007	0.09	0.08	0.10	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.06	0.08	0.05
2008	0.10	0.10	0.04	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.04	0.07	0.05	0.06	0.04
2009	0.08	0.08	0.09	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.06	0.12	0.16	0.06
2010	0.14	0.14	0.09	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.07	0.15	0.06
2011	0.12	0.18	0.09	0.08	0.03	0.00	0.02	0.01	0.04	0.07	0.08	0.17	0.07
2012	0.10	0.14	0.06	0.17	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.06	0.08	0.16	0.07
2013	0.12	0.13	0.13	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.08	0.05	0.10	0.07
2014	0.15	0.16	0.10	0.06	0.04	0.01	0.02	0.01	0.05	0.05	0.07	0.10	0.07
2015	0.11	0.08	0.09	0.10	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.10	0.06
2016	0.05	0.09	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.06	0.03	0.07	0.04
2017	0.09	0.09	0.08	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.05	0.08	0.05
2018	0.08	0.08	0.07	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.07	0.06	0.05	0.05
2019	0.07	0.09	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.05	0.07	0.12	0.05
2020	0.09	0.11	0.06	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03	0.07	0.04
2021	0.08	0.06	0.07	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.08	0.06	0.04
2022	0.08	0.10	0.09	0.06	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.08	0.05
2023	0.06	0.07	0.07	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.07	0.08	0.04
2024	0.08	0.08	0.08	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.04	0.06	0.05	0.07	0.05
Qmed	0.09	0.09	0.08	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.06	0.09	0.05
Qmáx	0.15	0.18	0.13	0.17	0.04	0.05	0.02	0.03	0.06	0.08	0.12	0.17	0.07
Qmin	0.03	0.04	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Palay Palcamayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	2.46	2.02	0.97	1.33	0.64	1.22	0.26	0.48	1.27	2.34	1.61	1.53	1.34
1991	1.70	1.72	1.92	0.96	0.57	0.42	0.27	0.27	0.98	0.97	1.39	1.56	1.06
1992	1.22	1.78	1.46	0.84	0.24	0.79	0.28	0.61	1.15	1.70	1.03	1.32	1.04
1993	2.25	2.88	1.94	1.14	0.74	0.37	0.47	0.39	1.33	1.03	2.49	1.67	1.39
1994	2.68	2.78	2.17	1.04	1.22	0.15	0.25	0.28	0.87	1.40	0.69	1.65	1.26
1995	1.77	2.32	2.67	0.82	0.40	0.35	0.34	0.22	0.61	0.97	1.65	1.82	1.16
1996	1.88	1.54	1.78	1.13	0.66	0.20	0.22	0.25	0.96	1.01	1.35	1.79	1.06
1997	1.84	2.17	1.73	0.99	0.69	0.23	0.24	0.73	1.39	1.76	1.38	1.52	1.22
1998	2.02	3.84	1.64	1.12	0.25	0.39	0.20	0.25	0.58	1.89	1.70	1.66	1.30
1999	2.51	2.54	2.16	0.80	0.45	0.44	0.33	0.25	1.42	0.67	1.01	2.12	1.22
2000	2.40	2.42	2.75	0.49	0.74	0.29	0.37	0.52	0.37	1.18	0.61	2.01	1.18
2001	3.25	2.01	1.95	1.10	0.99	0.44	0.65	0.36	0.84	1.30	1.49	2.89	1.44
2002	0.51	3.21	2.55	0.92	0.77	0.31	0.80	0.47	0.85	1.97	1.70	1.92	1.33
2003	1.78	1.74	2.28	1.00	0.63	0.20	0.24	0.85	0.98	0.68	1.59	1.85	1.15
2004	0.90	2.63	1.03	0.68	0.73	0.67	0.39	0.39	1.30	1.75	1.91	2.80	1.26
2005	1.53	2.28	2.08	0.90	0.74	0.25	0.27	0.52	1.03	1.66	1.33	1.59	1.18
2006	2.14	2.02	2.42	1.24	0.56	0.57	0.29	0.41	1.47	1.95	1.65	1.89	1.38
2007	2.04	1.31	1.99	1.29	0.61	0.28	0.39	0.35	0.76	1.42	1.43	1.90	1.15
2008	1.92	2.27	1.10	0.75	0.57	0.47	0.29	0.34	0.94	1.41	0.87	1.08	1.00
2009	2.53	2.90	1.63	0.89	0.66	0.41	0.46	0.72	0.62	1.01	2.11	3.78	1.48
2010	2.67	2.83	2.11	0.99	0.66	0.30	0.33	0.36	0.66	1.54	1.50	3.03	1.41
2011	2.62	3.57	2.02	1.84	0.58	0.28	0.37	0.40	0.91	1.62	1.33	3.02	1.55
2012	2.48	3.95	1.85	3.65	0.62	0.42	0.42	0.35	1.12	1.86	2.09	4.11	1.91
2013	2.34	3.65	2.82	1.85	0.60	0.42	0.58	0.71	1.13	1.74	1.22	2.53	1.63
2014	2.41	3.35	2.28	1.79	0.85	0.30	0.65	0.31	1.07	1.08	1.54	2.20	1.49
2015	2.48	2.24	2.48	1.49	0.99	0.29	0.31	0.34	0.88	1.22	1.44	2.10	1.36
2016	2.00	2.35	1.69	1.26	0.78	0.44	0.32	0.52	0.90	1.49	1.04	1.76	1.21
2017	2.38	2.56	2.04	0.95	0.84	0.31	0.25	0.35	1.06	1.09	1.35	1.86	1.25
2018	2.24	2.15	2.13	1.22	0.69	0.42	0.51	0.58	1.02	1.82	1.96	1.14	1.32
2019	2.62	2.84	1.94	0.94	0.83	0.39	0.43	0.38	0.90	1.59	1.69	2.86	1.45
2020	2.38	2.55	1.46	1.20	0.45	0.38	0.59	0.33	1.08	1.05	0.84	1.93	1.19
2021	2.27	1.77	1.51	1.02	0.54	0.49	0.30	0.41	0.88	1.02	2.00	1.47	1.14
2022	2.77	2.55	2.02	1.22	1.03	0.35	0.39	0.56	1.09	1.12	1.28	1.97	1.36
2023	1.43	2.03	1.77	0.71	0.70	0.31	0.24	0.37	1.11	1.10	1.54	2.04	1.11
2024	1.79	2.11	1.78	0.91	0.72	0.38	0.34	0.43	0.94	1.38	1.28	1.72	1.15
Qmed	2.12	2.48	1.95	1.16	0.68	0.40	0.37	0.43	0.98	1.39	1.46	2.06	1.29
Qmáx	3.25	3.95	2.82	3.65	1.22	1.22	0.80	0.85	1.47	2.34	2.49	4.11	1.91
Qmin	0.51	1.31	1.03	0.49	0.24	0.15	0.20	0.22	0.37	0.67	0.61	1.08	1.00

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Quiblan

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.17	0.11	0.06	0.05	0.03	0.11	0.00	0.02	0.07	0.16	0.04	0.08	0.07
1991	0.07	0.07	0.13	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	0.06	0.08	0.05
1992	0.11	0.09	0.07	0.04	0.00	0.04	0.01	0.02	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
1993	0.13	0.18	0.09	0.06	0.04	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.14	0.13	0.07
1994	0.16	0.14	0.08	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.03	0.10	0.06
1995	0.08	0.13	0.18	0.05	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.05	0.07	0.09	0.06
1996	0.09	0.09	0.12	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.05	0.10	0.05
1997	0.11	0.13	0.07	0.07	0.02	0.00	0.00	0.02	0.06	0.10	0.09	0.09	0.06
1998	0.11	0.23	0.10	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.09	0.07	0.11	0.07
1999	0.14	0.13	0.11	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08	0.03	0.05	0.13	0.06
2000	0.13	0.14	0.18	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.07	0.02	0.12	0.06
2001	0.21	0.14	0.11	0.06	0.06	0.01	0.03	0.01	0.05	0.09	0.08	0.17	0.08
2002	0.03	0.16	0.16	0.07	0.03	0.00	0.05	0.01	0.04	0.13	0.09	0.10	0.07
2003	0.08	0.08	0.13	0.06	0.04	0.00	0.00	0.04	0.04	0.02	0.08	0.12	0.06
2004	0.04	0.13	0.04	0.04	0.02	0.03	0.01	0.01	0.08	0.10	0.11	0.17	0.07
2005	0.06	0.10	0.14	0.04	0.03	0.00	0.00	0.02	0.08	0.09	0.06	0.13	0.06
2006	0.14	0.11	0.11	0.07	0.02	0.02	0.00	0.01	0.04	0.12	0.08	0.11	0.07
2007	0.10	0.07	0.10	0.09	0.03	0.00	0.01	0.00	0.03	0.07	0.08	0.11	0.06
2008	0.12	0.11	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.08	0.05	0.06	0.05
2009	0.15	0.11	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05	0.13	0.25	0.08
2010	0.19	0.15	0.12	0.04	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.08	0.07	0.18	0.07
2011	0.19	0.24	0.11	0.09	0.03	0.00	0.01	0.01	0.05	0.11	0.08	0.19	0.09
2012	0.15	0.18	0.10	0.12	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.09	0.09	0.25	0.09
2013	0.15	0.22	0.19	0.08	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.10	0.07	0.14	0.09
2014	0.16	0.22	0.14	0.08	0.06	0.01	0.03	0.01	0.05	0.04	0.08	0.10	0.08
2015	0.17	0.10	0.17	0.08	0.05	0.01	0.00	0.01	0.04	0.05	0.08	0.13	0.07
2016	0.09	0.13	0.10	0.06	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.08	0.02	0.10	0.06
2017	0.12	0.12	0.13	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.06	0.12	0.06
2018	0.12	0.10	0.12	0.06	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.11	0.12	0.02	0.07
2019	0.11	0.16	0.12	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.08	0.10	0.18	0.07
2020	0.10	0.14	0.07	0.06	0.01	0.00	0.04	0.00	0.05	0.03	0.04	0.12	0.06
2021	0.12	0.09	0.06	0.06	0.02	0.03	0.00	0.01	0.03	0.03	0.13	0.08	0.06
2022	0.13	0.16	0.12	0.04	0.06	0.01	0.01	0.02	0.07	0.04	0.05	0.13	0.07
2023	0.05	0.09	0.09	0.02	0.04	0.00	0.00	0.01	0.06	0.04	0.10	0.12	0.05
2024	0.11	0.09	0.10	0.06	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.06	0.05	0.09	0.06
Qmed	0.12	0.13	0.11	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04	0.07	0.07	0.12	0.07
Qmáx	0.21	0.24	0.19	0.12	0.06	0.11	0.05	0.04	0.08	0.16	0.14	0.25	0.09
Qmin	0.03	0.07	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Quillamachay

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.18	0.11	0.07	0.06	0.05	0.09	0.01	0.01	0.10	0.15	0.09	0.11	0.09
1991	0.08	0.08	0.19	0.06	0.04	0.02	0.00	0.00	0.08	0.08	0.11	0.09	0.07
1992	0.07	0.13	0.12	0.05	0.00	0.03	0.01	0.02	0.02	0.12	0.07	0.07	0.06
1993	0.20	0.25	0.15	0.11	0.04	0.01	0.02	0.01	0.09	0.09	0.22	0.16	0.11
1994	0.23	0.18	0.14	0.10	0.04	0.00	0.01	0.01	0.04	0.10	0.10	0.11	0.09
1995	0.11	0.16	0.22	0.08	0.03	0.00	0.01	0.01	0.04	0.09	0.11	0.12	0.08
1996	0.14	0.11	0.14	0.12	0.04	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.08	0.14	0.08
1997	0.13	0.22	0.11	0.08	0.02	0.01	0.01	0.03	0.07	0.09	0.12	0.12	0.08
1998	0.16	0.23	0.14	0.08	0.01	0.01	0.00	0.01	0.06	0.14	0.07	0.10	0.09
1999	0.17	0.22	0.15	0.11	0.04	0.02	0.03	0.01	0.11	0.07	0.08	0.13	0.09
2000	0.21	0.19	0.20	0.06	0.06	0.01	0.03	0.03	0.02	0.12	0.07	0.18	0.10
2001	0.25	0.17	0.18	0.06	0.06	0.01	0.03	0.01	0.08	0.11	0.14	0.17	0.11
2002	0.07	0.24	0.20	0.10	0.03	0.01	0.04	0.02	0.06	0.14	0.13	0.16	0.10
2003	0.12	0.15	0.19	0.10	0.04	0.01	0.01	0.04	0.06	0.05	0.08	0.17	0.09
2004	0.06	0.17	0.07	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.08	0.13	0.12	0.20	0.09
2005	0.10	0.15	0.17	0.06	0.05	0.00	0.00	0.03	0.07	0.12	0.08	0.14	0.08
2006	0.19	0.13	0.17	0.09	0.02	0.02	0.01	0.02	0.06	0.14	0.11	0.18	0.09
2007	0.16	0.16	0.19	0.10	0.03	0.00	0.01	0.01	0.04	0.12	0.10	0.14	0.09
2008	0.17	0.17	0.08	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.06	0.13	0.08	0.10	0.07
2009	0.16	0.15	0.18	0.08	0.05	0.02	0.03	0.05	0.04	0.13	0.21	0.39	0.13
2010	0.30	0.27	0.18	0.07	0.04	0.01	0.01	0.00	0.05	0.11	0.14	0.36	0.13
2011	0.24	0.38	0.19	0.14	0.06	0.00	0.02	0.02	0.07	0.13	0.15	0.39	0.15
2012	0.19	0.23	0.12	0.26	0.04	0.03	0.01	0.01	0.07	0.11	0.14	0.34	0.13
2013	0.21	0.25	0.23	0.16	0.05	0.03	0.03	0.04	0.06	0.14	0.10	0.18	0.12
2014	0.26	0.28	0.19	0.10	0.08	0.01	0.02	0.02	0.08	0.08	0.11	0.18	0.12
2015	0.20	0.14	0.17	0.15	0.08	0.04	0.01	0.03	0.05	0.08	0.11	0.18	0.10
2016	0.09	0.18	0.13	0.10	0.05	0.02	0.02	0.03	0.04	0.11	0.05	0.14	0.08
2017	0.17	0.18	0.17	0.08	0.06	0.02	0.01	0.01	0.06	0.07	0.09	0.17	0.09
2018	0.16	0.15	0.15	0.11	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.13	0.11	0.08	0.09
2019	0.14	0.19	0.17	0.09	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.10	0.13	0.26	0.10
2020	0.17	0.22	0.11	0.07	0.03	0.00	0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.16	0.08
2021	0.16	0.10	0.13	0.08	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.08	0.16	0.11	0.08
2022	0.16	0.18	0.19	0.11	0.07	0.01	0.01	0.03	0.04	0.06	0.06	0.15	0.09
2023	0.11	0.14	0.14	0.04	0.06	0.01	0.00	0.02	0.08	0.07	0.13	0.16	0.08
2024	0.15	0.15	0.15	0.09	0.05	0.01	0.01	0.03	0.07	0.10	0.09	0.14	0.09
Qmed	0.16	0.18	0.16	0.09	0.04	0.02	0.02	0.02	0.06	0.10	0.11	0.17	0.09
Qmáx	0.30	0.38	0.23	0.26	0.08	0.09	0.05	0.05	0.11	0.15	0.22	0.39	0.15
Qmin	0.06	0.08	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.05	0.07	0.06

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Racramin

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.85	0.46	0.28	0.28	0.26	0.46	0.06	0.15	0.40	0.70	0.27	0.52	0.39
1991	0.27	0.34	0.43	0.27	0.21	0.14	0.11	0.11	0.31	0.27	0.45	0.37	0.27
1992	0.37	0.53	0.31	0.24	0.09	0.28	0.12	0.20	0.22	0.36	0.32	0.34	0.28
1993	0.77	0.85	0.43	0.43	0.22	0.12	0.22	0.11	0.38	0.20	0.84	0.42	0.42
1994	0.80	0.66	0.44	0.27	0.19	0.08	0.11	0.10	0.29	0.39	0.18	0.52	0.34
1995	0.41	0.57	0.80	0.18	0.16	0.12	0.15	0.10	0.22	0.29	0.44	0.35	0.32
1996	0.58	0.33	0.51	0.49	0.16	0.10	0.11	0.15	0.26	0.33	0.38	0.44	0.32
1997	0.46	0.59	0.37	0.31	0.14	0.11	0.10	0.29	0.36	0.46	0.43	0.38	0.33
1998	0.60	0.88	0.42	0.29	0.10	0.13	0.09	0.14	0.20	0.53	0.32	0.41	0.34
1999	0.59	0.56	0.48	0.24	0.14	0.17	0.13	0.13	0.45	0.21	0.37	0.48	0.33
2000	0.51	0.56	0.71	0.13	0.20	0.14	0.19	0.17	0.16	0.34	0.23	0.53	0.32
2001	0.85	0.53	0.48	0.24	0.31	0.10	0.25	0.14	0.28	0.41	0.46	0.58	0.39
2002	0.16	0.85	0.64	0.24	0.20	0.11	0.29	0.18	0.26	0.49	0.34	0.53	0.36
2003	0.40	0.51	0.64	0.32	0.20	0.11	0.13	0.29	0.29	0.16	0.41	0.64	0.34
2004	0.23	0.58	0.21	0.28	0.17	0.25	0.19	0.14	0.44	0.43	0.51	0.64	0.34
2005	0.32	0.49	0.71	0.15	0.23	0.09	0.11	0.17	0.40	0.38	0.34	0.48	0.32
2006	0.45	0.44	0.45	0.22	0.14	0.18	0.10	0.15	0.25	0.52	0.37	0.53	0.32
2007	0.47	0.42	0.44	0.34	0.16	0.10	0.15	0.12	0.26	0.36	0.30	0.37	0.29
2008	0.46	0.49	0.24	0.19	0.17	0.12	0.14	0.14	0.24	0.39	0.23	0.26	0.26
2009	0.62	0.41	0.50	0.26	0.21	0.24	0.25	0.27	0.18	0.51	0.57	1.97	0.50
2010	0.91	0.85	0.59	0.31	0.30	0.09	0.16	0.10	0.31	0.42	0.51	1.63	0.51
2011	0.77	1.39	0.61	0.42	0.21	0.09	0.16	0.16	0.30	0.58	0.45	1.67	0.57
2012	0.48	0.71	0.38	0.54	0.13	0.22	0.13	0.10	0.20	0.36	0.49	1.42	0.43
2013	0.48	0.80	0.65	0.33	0.25	0.20	0.18	0.22	0.28	0.54	0.33	0.65	0.41
2014	0.61	0.81	0.53	0.26	0.32	0.11	0.20	0.16	0.28	0.26	0.35	0.60	0.38
2015	0.60	0.45	0.53	0.23	0.27	0.13	0.11	0.16	0.18	0.33	0.36	0.54	0.32
2016	0.34	0.65	0.39	0.30	0.19	0.11	0.15	0.19	0.25	0.46	0.24	0.52	0.31
2017	0.55	0.58	0.59	0.34	0.25	0.10	0.11	0.11	0.30	0.25	0.35	0.66	0.35
2018	0.50	0.45	0.60	0.25	0.15	0.16	0.19	0.18	0.30	0.46	0.39	0.12	0.31
2019	0.51	0.74	0.55	0.27	0.19	0.17	0.16	0.13	0.24	0.40	0.50	1.08	0.41
2020	0.35	0.75	0.22	0.30	0.17	0.12	0.31	0.11	0.28	0.21	0.19	0.67	0.31
2021	0.53	0.35	0.37	0.38	0.16	0.20	0.11	0.18	0.22	0.23	0.60	0.28	0.30
2022	0.61	0.63	0.66	0.26	0.29	0.09	0.16	0.16	0.31	0.25	0.26	0.60	0.36
2023	0.29	0.46	0.47	0.15	0.26	0.10	0.11	0.15	0.32	0.26	0.44	0.56	0.30
2024	0.48	0.48	0.49	0.32	0.19	0.10	0.13	0.17	0.27	0.39	0.32	0.47	0.32
Qmed	0.52	0.60	0.49	0.29	0.20	0.15	0.15	0.16	0.28	0.38	0.39	0.64	0.35
Qmáx	0.91	1.39	0.80	0.54	0.32	0.46	0.31	0.29	0.45	0.70	0.84	1.97	0.57
Qmin	0.16	0.33	0.21	0.13	0.09	0.08	0.09	0.10	0.16	0.16	0.18	0.12	0.26

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Santa Catalina

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	2.36	1.39	0.67	0.68	0.71	1.15	0.05	0.20	1.09	1.96	0.92	1.47	1.05
1991	0.66	0.79	1.11	0.68	0.56	0.26	0.08	0.09	0.77	0.73	1.31	0.98	0.67
1992	0.80	1.52	0.84	0.58	0.06	0.57	0.22	0.38	0.36	0.96	0.85	0.94	0.67
1993	2.39	2.71	1.38	1.31	0.51	0.10	0.49	0.07	1.07	0.63	2.52	1.27	1.20
1994	2.45	2.07	1.33	0.87	0.40	0.07	0.08	0.08	0.66	0.99	0.51	1.40	0.91
1995	1.17	1.58	2.46	0.51	0.35	0.11	0.22	0.10	0.38	0.74	1.26	0.93	0.82
1996	1.79	0.84	1.37	1.58	0.41	0.07	0.07	0.28	0.56	0.94	1.09	1.21	0.85
1997	1.26	1.73	1.08	0.79	0.24	0.11	0.08	0.71	0.92	1.14	1.23	1.05	0.86
1998	1.81	2.43	1.33	0.86	0.12	0.16	0.07	0.19	0.44	1.58	0.82	0.95	0.90
1999	1.65	1.69	1.36	0.76	0.33	0.31	0.19	0.14	1.20	0.58	1.03	1.23	0.87
2000	1.48	1.58	2.01	0.42	0.41	0.26	0.41	0.35	0.28	0.92	0.68	1.45	0.85
2001	2.50	1.64	1.43	0.56	0.76	0.13	0.54	0.25	0.63	1.06	1.40	1.50	1.03
2002	0.48	2.47	1.91	0.65	0.39	0.11	0.59	0.42	0.59	1.21	0.89	1.52	0.93
2003	1.17	1.49	1.92	0.93	0.42	0.10	0.21	0.64	0.73	0.34	0.99	1.90	0.90
2004	0.65	1.54	0.59	0.69	0.34	0.55	0.44	0.27	1.13	1.17	1.43	1.78	0.88
2005	0.96	1.36	2.12	0.40	0.49	0.07	0.10	0.28	0.99	1.01	0.93	1.25	0.83
2006	1.24	1.11	1.25	0.44	0.25	0.33	0.10	0.23	0.50	1.36	1.06	1.46	0.78
2007	1.41	1.26	1.22	0.88	0.31	0.08	0.23	0.15	0.58	0.91	0.77	0.84	0.72
2008	1.29	1.43	0.54	0.30	0.30	0.17	0.18	0.17	0.51	1.08	0.59	0.59	0.60
2009	1.61	1.09	1.50	0.76	0.48	0.56	0.61	0.69	0.40	1.60	1.80	6.84	1.49
2010	3.58	2.95	1.88	1.00	0.80	0.07	0.27	0.08	0.84	1.14	1.60	5.76	1.66
2011	2.78	4.70	2.25	1.24	0.52	0.07	0.24	0.31	0.73	1.71	1.43	5.89	1.82
2012	1.73	1.98	1.04	1.66	0.31	0.48	0.17	0.08	0.44	0.83	1.37	4.64	1.23
2013	1.70	2.24	1.93	1.05	0.65	0.49	0.32	0.48	0.62	1.56	0.99	1.83	1.16
2014	1.95	2.40	1.57	0.64	0.83	0.14	0.35	0.30	0.65	0.69	0.85	1.85	1.02
2015	1.69	1.31	1.27	0.59	0.73	0.23	0.12	0.30	0.29	0.80	0.92	1.49	0.81
2016	0.88	1.87	1.09	0.83	0.41	0.09	0.27	0.34	0.51	1.22	0.71	1.43	0.80
2017	1.66	1.72	1.77	1.06	0.60	0.15	0.08	0.13	0.68	0.65	0.87	1.98	0.94
2018	1.48	1.20	1.72	0.72	0.27	0.28	0.33	0.35	0.68	1.19	0.93	0.26	0.79
2019	1.26	2.14	1.75	0.83	0.36	0.34	0.33	0.19	0.51	1.04	1.41	3.57	1.14
2020	1.19	2.23	0.58	0.70	0.38	0.11	0.77	0.14	0.57	0.46	0.35	1.93	0.78
2021	1.63	0.90	1.09	1.09	0.31	0.41	0.11	0.36	0.50	0.56	1.63	0.75	0.78
2022	1.67	1.79	2.13	0.83	0.70	0.12	0.27	0.27	0.64	0.58	0.58	1.65	0.94
2023	0.91	1.20	1.40	0.28	0.65	0.10	0.14	0.26	0.77	0.59	1.19	1.63	0.76
2024	1.41	1.47	1.42	0.97	0.44	0.12	0.14	0.30	0.63	1.04	0.87	1.37	0.85
Qmed	1.56	1.77	1.44	0.80	0.45	0.24	0.25	0.27	0.65	1.00	1.08	1.90	0.95
Qmáx	3.58	4.70	2.46	1.66	0.83	1.15	0.77	0.71	1.20	1.96	2.52	6.84	1.82
Qmin	0.48	0.79	0.54	0.28	0.06	0.07	0.07	0.07	0.28	0.34	0.35	0.26	0.60

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Upamayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.01	0.02	0.04	0.06	0.02	0.04	0.03
1991	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03
1992	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
1993	0.06	0.07	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.06	0.04	0.03
1994	0.06	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03
1995	0.04	0.05	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03
1996	0.04	0.03	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
1997	0.04	0.05	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
1998	0.05	0.08	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03
1999	0.05	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	0.05	0.03
2000	0.04	0.05	0.06	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.03
2001	0.07	0.04	0.04	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04
2002	0.01	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03
2003	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.05	0.03
2004	0.02	0.06	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.06	0.03
2005	0.02	0.05	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.03
2006	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03
2007	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03
2008	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
2009	0.06	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.12	0.04
2010	0.06	0.06	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.04	0.10	0.04
2011	0.06	0.10	0.04	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.04	0.10	0.04
2012	0.04	0.06	0.03	0.05	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.04	0.10	0.04
2013	0.04	0.08	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.06	0.04
2014	0.05	0.07	0.04	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03
2015	0.06	0.04	0.06	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03
2016	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.05	0.03
2017	0.04	0.05	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03
2018	0.04	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.01	0.03
2019	0.05	0.06	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.07	0.03
2020	0.03	0.06	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03
2021	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03
2022	0.05	0.05	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03
2023	0.02	0.04	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.04	0.05	0.03
2024	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
Qmed	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03
Qmáx	0.07	0.10	0.06	0.05	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04	0.06	0.06	0.12	0.04
Qmin	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Ventanilla

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	1.72	1.07	0.52	0.50	0.46	0.89	0.03	0.17	0.76	1.49	0.60	1.05	0.77
1991	0.56	0.63	0.85	0.53	0.34	0.15	0.05	0.06	0.52	0.50	0.89	0.75	0.49
1992	0.72	1.06	0.61	0.42	0.04	0.43	0.15	0.28	0.33	0.66	0.59	0.65	0.49
1993	1.62	1.95	0.96	0.87	0.39	0.10	0.32	0.06	0.67	0.37	1.75	1.00	0.84
1994	1.74	1.50	0.92	0.51	0.30	0.04	0.05	0.05	0.47	0.76	0.30	1.02	0.64
1995	0.85	1.20	1.78	0.40	0.21	0.09	0.15	0.05	0.29	0.51	0.87	0.72	0.59
1996	1.23	0.68	1.06	1.02	0.29	0.04	0.05	0.16	0.41	0.60	0.74	0.88	0.60
1997	0.97	1.23	0.77	0.60	0.19	0.07	0.05	0.46	0.68	0.91	0.89	0.77	0.63
1998	1.26	1.95	0.95	0.58	0.08	0.12	0.04	0.10	0.30	1.08	0.67	0.80	0.66
1999	1.26	1.22	1.02	0.48	0.19	0.19	0.12	0.10	0.85	0.37	0.70	0.98	0.62
2000	1.10	1.20	1.55	0.27	0.30	0.17	0.25	0.23	0.20	0.62	0.40	1.03	0.61
2001	1.87	1.22	1.03	0.45	0.57	0.10	0.39	0.17	0.46	0.78	0.95	1.24	0.77
2002	0.32	1.77	1.44	0.51	0.31	0.07	0.45	0.27	0.42	0.97	0.68	1.07	0.69
2003	0.85	1.01	1.39	0.65	0.34	0.06	0.12	0.46	0.53	0.23	0.77	1.34	0.64
2004	0.47	1.16	0.42	0.49	0.24	0.38	0.28	0.17	0.83	0.88	1.08	1.38	0.65
2005	0.68	0.99	1.53	0.30	0.34	0.05	0.07	0.20	0.75	0.78	0.67	0.98	0.61
2006	0.97	0.88	0.91	0.38	0.19	0.24	0.07	0.16	0.38	1.05	0.79	1.07	0.59
2007	1.00	0.82	0.89	0.70	0.23	0.05	0.17	0.10	0.40	0.66	0.61	0.70	0.53
2008	0.95	1.02	0.45	0.27	0.24	0.12	0.11	0.12	0.35	0.76	0.41	0.43	0.44
2009	1.27	0.89	1.04	0.53	0.32	0.37	0.40	0.47	0.25	0.99	1.25	4.46	1.02
2010	2.44	1.96	1.33	0.67	0.53	0.05	0.18	0.05	0.52	0.80	1.05	3.66	1.10
2011	2.00	3.16	1.53	0.89	0.36	0.05	0.16	0.21	0.52	1.20	0.96	3.74	1.23
2012	1.34	1.53	0.82	1.13	0.21	0.32	0.12	0.05	0.27	0.66	0.97	3.19	0.89
2013	1.26	1.75	1.48	0.71	0.43	0.33	0.27	0.36	0.48	1.08	0.70	1.35	0.85
2014	1.36	1.81	1.19	0.53	0.58	0.10	0.27	0.20	0.46	0.47	0.65	1.25	0.74
2015	1.31	0.96	1.09	0.42	0.51	0.14	0.07	0.19	0.24	0.56	0.68	1.10	0.61
2016	0.72	1.33	0.82	0.59	0.29	0.07	0.17	0.22	0.36	0.87	0.47	1.04	0.58
2017	1.19	1.25	1.28	0.72	0.42	0.08	0.05	0.08	0.49	0.45	0.63	1.38	0.67
2018	1.10	0.90	1.26	0.52	0.19	0.20	0.23	0.26	0.50	0.90	0.81	0.16	0.59
2019	0.97	1.59	1.25	0.54	0.26	0.21	0.21	0.12	0.38	0.77	1.02	2.40	0.81
2020	0.88	1.56	0.47	0.52	0.24	0.08	0.52	0.09	0.44	0.34	0.28	1.37	0.57
2021	1.20	0.71	0.74	0.76	0.23	0.30	0.07	0.23	0.35	0.38	1.22	0.58	0.56
2022	1.25	1.37	1.45	0.54	0.53	0.09	0.17	0.19	0.53	0.43	0.46	1.22	0.69
2023	0.63	0.89	0.99	0.21	0.44	0.07	0.08	0.18	0.57	0.43	0.86	1.18	0.54
2024	1.04	1.04	1.02	0.66	0.30	0.08	0.09	0.21	0.44	0.72	0.61	0.98	0.60
Qmed	1.15	1.29	1.05	0.57	0.32	0.17	0.17	0.18	0.47	0.71	0.77	1.34	0.68
Qmáx	2.44	3.16	1.78	1.13	0.58	0.89	0.52	0.47	0.85	1.49	1.75	4.46	1.23
Qmin	0.32	0.63	0.42	0.21	0.04	0.04	0.04	0.05	0.20	0.23	0.28	0.16	0.44

Serie sintética de caudales medios mensuales (m^3/s) - Microcuenca Yahuarmayo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Q anual
1990	2.86	1.72	0.87	0.87	0.79	1.51	0.09	0.35	1.31	2.45	0.98	1.75	1.30
1991	0.93	1.08	1.43	0.90	0.61	0.32	0.17	0.18	0.92	0.87	1.50	1.26	0.85
1992	1.21	1.78	1.02	0.73	0.12	0.78	0.30	0.53	0.60	1.13	1.01	1.10	0.86
1993	2.67	3.16	1.56	1.45	0.67	0.23	0.61	0.15	1.17	0.64	2.89	1.61	1.40
1994	2.84	2.42	1.51	0.86	0.55	0.14	0.16	0.17	0.84	1.29	0.53	1.73	1.09
1995	1.42	1.99	2.90	0.65	0.40	0.23	0.33	0.16	0.54	0.89	1.47	1.21	1.01
1996	2.04	1.12	1.77	1.68	0.50	0.13	0.16	0.35	0.74	1.03	1.26	1.47	1.02
1997	1.60	2.02	1.27	1.01	0.37	0.19	0.15	0.83	1.16	1.52	1.47	1.29	1.07
1998	2.09	3.17	1.54	0.98	0.18	0.28	0.15	0.25	0.56	1.82	1.11	1.34	1.12
1999	2.07	1.99	1.68	0.81	0.37	0.38	0.27	0.24	1.46	0.64	1.20	1.64	1.06
2000	1.83	1.98	2.54	0.44	0.55	0.36	0.49	0.43	0.40	1.08	0.71	1.73	1.04
2001	3.06	1.97	1.70	0.77	0.98	0.22	0.70	0.35	0.81	1.33	1.58	2.05	1.29
2002	0.54	2.94	2.32	0.84	0.56	0.18	0.81	0.50	0.75	1.63	1.14	1.79	1.17
2003	1.41	1.68	2.29	1.06	0.60	0.17	0.27	0.81	0.91	0.43	1.32	2.20	1.10
2004	0.78	1.95	0.70	0.85	0.44	0.68	0.51	0.35	1.43	1.45	1.78	2.26	1.10
2005	1.11	1.66	2.51	0.50	0.62	0.15	0.19	0.41	1.29	1.30	1.13	1.63	1.04
2006	1.60	1.46	1.53	0.64	0.38	0.46	0.19	0.34	0.70	1.76	1.31	1.79	1.01
2007	1.65	1.36	1.49	1.17	0.42	0.16	0.34	0.23	0.73	1.12	1.04	1.19	0.91
2008	1.59	1.69	0.77	0.51	0.46	0.26	0.27	0.26	0.64	1.29	0.72	0.77	0.77
2009	2.13	1.46	1.73	0.89	0.57	0.67	0.70	0.83	0.46	1.68	2.05	7.23	1.70
2010	3.79	3.15	2.16	1.11	0.92	0.13	0.37	0.17	0.93	1.36	1.75	5.94	1.81
2011	3.13	5.10	2.41	1.46	0.62	0.15	0.33	0.41	0.92	2.00	1.58	6.07	2.02
2012	2.06	2.50	1.35	1.87	0.36	0.60	0.27	0.16	0.51	1.15	1.62	5.19	1.47
2013	1.96	2.86	2.39	1.17	0.76	0.60	0.50	0.65	0.84	1.81	1.17	2.23	1.41
2014	2.20	2.94	1.93	0.89	1.00	0.22	0.50	0.38	0.83	0.81	1.11	2.08	1.24
2015	2.14	1.58	1.81	0.71	0.88	0.28	0.19	0.38	0.47	0.98	1.15	1.82	1.03
2016	1.20	2.20	1.36	1.00	0.52	0.19	0.35	0.43	0.66	1.47	0.80	1.74	1.00
2017	1.95	2.04	2.10	1.18	0.74	0.20	0.16	0.21	0.88	0.79	1.09	2.30	1.13
2018	1.80	1.50	2.07	0.87	0.36	0.41	0.45	0.50	0.88	1.51	1.35	0.31	1.00
2019	1.65	2.61	2.03	0.89	0.49	0.40	0.41	0.27	0.69	1.30	1.69	3.92	1.36
2020	1.38	2.58	0.77	0.91	0.45	0.20	0.93	0.21	0.79	0.61	0.52	2.28	0.97
2021	1.95	1.18	1.25	1.27	0.42	0.56	0.19	0.45	0.65	0.68	2.03	0.96	0.97
2022	2.09	2.24	2.36	0.88	0.92	0.20	0.36	0.38	0.94	0.75	0.81	2.03	1.16
2023	1.03	1.50	1.64	0.38	0.78	0.17	0.23	0.36	0.99	0.74	1.45	1.95	0.94
2024	1.70	1.71	1.68	1.10	0.55	0.21	0.22	0.41	0.79	1.23	1.03	1.63	1.02
Qmed	1.87	2.12	1.73	0.95	0.57	0.34	0.35	0.37	0.83	1.22	1.30	2.21	1.16
Qmáx	3.79	5.10	2.90	1.87	1.00	1.51	0.93	0.83	1.46	2.45	2.89	7.23	2.02
Qmin	0.54	1.08	0.70	0.38	0.12	0.13	0.15	0.15	0.40	0.43	0.52	0.31	0.77