

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## CENTRO DE POSGRADO

### MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP) EN GESTIÓN AMBIENTAL COHORTE 2021

---

**TEMA:** ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO PARA ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN LA UNIDAD HÍDRICA RÍO BLANCO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

---

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado académico de Magister en Gestión Ambiental Mención Planificación Ambiental.

**Modalidad del Trabajo de Titulación:** Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada.

**Autor:** Ingeniero David Patricio Mantilla Rivera.

**Directora:** Ingeniera Karina Gabriela Añazco Calderón, Master.

Ambato – Ecuador

2022

A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD, e integrado por los señores: Ingeniero Oscar Efrén Reyes Bustamante Magíster, Ingeniera Esthela Elizabeth Salazar Proaño PhD, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO PARA ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN LA UNIDAD HÍDRICA RÍO BLANCO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, elaborado y presentado por el *señor Ingeniero David Patricio Mantilla Rivera*, para optar por el Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
*Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD.*  
**Presidente y Miembro del Tribunal**

-----  
*Arq. Oscar Efrén Reyes Bustamante Mg.*  
**Miembro del Tribunal**

-----  
*Ing. Esthela Elizabeth Salazar Proaño PhD.*  
**Miembro del Tribunal**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Estudio Hidrometeorológico para estimación de caudales máximos en la Unidad Hídrica Río Blanco de la Provincia de Tungurahua, le corresponde exclusivamente al: Ingeniero David Patricio Mantilla Rivera, Autor bajo la Dirección de la Ingeniera Karina Gabriela Añazco Calderón Master, Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
*Ingeniero David Patricio Mantilla Rivera*

*c.c.: 0603181538*

**AUTOR**

-----  
*Ingeniera Karina Gabriela Añazco Calderón Master*

*c.c.: 1715572366*

**DIRECTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
Ingeniero David Patricio Mantilla Rivera  
*c.c.: 0603181538*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DEL CENTRO DE POSGRADOS.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
AGRADECIMIENTO .....	xii
DEDICATORIA .....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
EXECUTIVE SUMMARY .....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. General .....	3
1.3.2. Específicos .....	4
CAPÍTULO II .....	5
CAPÍTULO III.....	6
3.1. Ubicación.....	6
3.2. Equipos y materiales .....	6
3.3. Tipo de investigación .....	8
3.3.1. Investigación Descriptiva.....	8
3.3.2. Investigación Cuantitativa.....	8
3.3.3 Investigación Explicativa .....	9

3.3.4. Investigación Bibliográfica o Documental.....	9
3.4. Recolección de la Información.....	9
3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico .....	10
CAPÍTULO IV.....	12
4.1. Compilación de la Información.....	12
4.2. Caracterización general de unidad hídrica .....	12
4.3. . Área de estudio.....	13
4.3.1. Textura del Suelo .....	15
4.3.2. Taxonomía.....	17
4.3.3. Cobertura vegetal y uso de la tierra.....	17
4.4. Caracterización Físico - Geográfica .....	21
4.4.1 Determinación de parámetros morfométricos.....	21
4.4.2. Determinación de parámetros fisiográficos .....	21
4.4.3. Análisis de resultados obtenidos de los parámetros de forma y relieve... ..	22
4.5. Caracterización Hidrometeorológica.....	25
4.5.1. Disponibilidad de datos Meteorológicos.....	25
4.6. Análisis y validación de la Información.....	28
4.6.1. Análisis de series temporales (precipitación).....	28
4.6.2. Análisis de doble masa.....	29
4.7. Estudio Climático de la unidad hídrica Río Blanco .....	35
4.7.1. Precipitación.....	36
4.7.2. Temperatura .....	41
4.7.3. Humedad Relativa.....	44
4.7.4. Viento.....	46
4.8. Determinación de caudales máximos .....	48
4.8.1. Cálculo de intensidades de precipitación .....	48
4.8.2. Determinación del coeficiente de escorrentía .....	52

4.9. Modelo Hidrológico .....	55
4.10. Estimación del balance hídrico .....	58
4.10.1. Variables meteorológicas para la obtención del Balance hídrico .....	59
4.10.2. Estimación de la evapotranspiración real a través de la curva de Budyko .....	63
CAPÍTULO V .....	68
5.1. Conclusiones .....	68
5.2. Recomendaciones.....	69
5.3. Referencias bibliográficas .....	71
5.4. Anexos.....	77
ANEXO 1: Tablas utilizadas para análisis de parámetros físico-geomorfológicos	77
ANEXO 2: Datos meteorológicos del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua .....	79
ANEXO 3: Datos meteorológicos Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Procedimiento de recolección de información .....	10
<b>Tabla 2.</b> Información cartográfica utilizada para el estudio .....	13
<b>Tabla 3.</b> Textura unidad hídrica río Blanco.....	17
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de taxonomía unidad hídrica río Blanco .....	18
<b>Tabla 5.</b> Cobertura vegetal y uso del suelo en la unidad hídrica río Blanco.....	18
<b>Tabla 6.</b> Parámetros morfométricos de la unidad hídrica Río Blanco .....	22
<b>Tabla 7.</b> Parámetros fisiográficos de la unidad hídrica Río Blanco .....	22
<b>Tabla 8.</b> Codificación de las estaciones meteorológicas existentes en la zona de estudio .....	25
<b>Tabla 9.</b> Estaciones meteorológicas y pluviométricas existentes en el área de estudio .....	26
<b>Tabla 10.</b> Estaciones meteorológicas y pluviométricas existentes en el área de estudio .....	29
<b>Tabla 11.</b> Criterios OMM de cobertura geoespacial de estaciones meteorológicas..	36
<b>Tabla 12.</b> Precipitación media mensual multianual .....	38
<b>Tabla 13.</b> Precipitación media mensual multianual de la unidad hídrica.....	39
<b>Tabla 14.</b> Distribución de la precipitación media mensual de la unidad hídrica río Blanco .....	39
<b>Tabla 15.</b> Temperatura media mensual y multianual .....	42
<b>Tabla 16.</b> Humedad relativa media mensual y multianual .....	45
<b>Tabla 17.</b> Velocidad de viento media mensual y multianual .....	47
<b>Tabla 18.</b> Tiempo de concentración de la unidad hídrica río Blanco.....	50
<b>Tabla 19.</b> Intensidad de precipitación en la unidad hídrica río Blanco .....	50
<b>Tabla 20.</b> Valores de intensidad de precipitación para la zona 62 con un duración de 120 minutos.....	52
<b>Tabla 21.</b> Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad.....	53



<b>Tabla 22.</b> Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad.....	54
<b>Tabla 23.</b> Caudales máximos para distintos periodos de retorno en la unidad hídrica río Blanco .....	55
<b>Tabla 24.</b> Caudal de salida para un periodo de retorno de 100 años, en la unidad hídrica río Blanco mediante el software HEC-HMS .....	56
<b>Tabla 25.</b> Factores de corrección de evapotranspiración $E_j$ , daos para el método Thornthwaite para la zona ecuatorial. ....	60
<b>Tabla 26.</b> Método de Thornthwaite en la unidad hídrica río Blanco.....	61
<b>Tabla 27.</b> Evapotranspiración real método de Thornthwaite-Budyko .....	63
<b>Tabla 28.</b> Distribución de la evapotranspiración en la unidad hídrica río Blanco ....	65
<b>Tabla 29.</b> Distribución de la evapotranspiración real.....	66
<b>Tabla 30.</b> Ecuación de balance hídrico mediante datos anuales calculados.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Unidad hídrica Ambato nivel 7 y ubicación de la zona de estudio .....	7
<b>Figura 2.</b> Ubicación de la zona de estudio .....	14
<b>Figura 3.</b> Clasificación de suelos y textura de la unidad hídrica río Blanco.....	16
<b>Figura 4.</b> Clasificación de suelos de la unidad hídrica río Blanco.....	19
Figura 5. Cobertura y uso de la tierra de la unidad hídrica río Blanco .....	20
Figura 6. Alturas de la unidad hídrica río Blanco .....	23
Figura 7. Pendientes de la Unidad Hídrica río Blanco.....	24
Figura 8. Ubicación y distribución espacial estaciones meteorológicas y pluviométricas del HGPT e INAMHI.....	27
Figura 9. Análisis doble masa de la estación M0376 Pilahuín .....	30
Figura 10. Análisis doble masa de la estación M0377 Tisaleo .....	30
Figura 11 Análisis doble masa de la Estación M0377 Tisaleo corregida .....	31
Figura 12. Análisis doble masa de la estación Pampas de Salasaca .....	32
Figura 13. Análisis doble masa de la estación Pampas de Salasaca corregida .....	32
Figura 14. Análisis doble masa estación Chiquiurco .....	33
Figura 15. Análisis doble masa estación Calamaca .....	33
Figura 16. Análisis doble masa estación Mula Corral .....	34
Figura 17. Análisis doble masa estación Quisapincha.....	34
Figura 18. Análisis doble masa de la estación Pilahuín.....	35
Figura 19. Distribución de la precipitación en el tiempo.....	37
Figura 20. Distribución de Isoyetas en la unidad hídrica río Blanco.....	40
<b>Figura 21.</b> Distribución de la temperatura en el tiempo.....	41
Figura 22. Distribución de Isotermas en la unidad hídrica río Blanco.....	43
<b>Figura 23.</b> Distribución de la humedad relativa en el tiempo .....	44
<b>Figura 24.</b> Distribución de la velocidad de viento en el tiempo .....	46
<b>Figura 25.</b> Ubicación de la zona de estudio en la distribución de intensidades máximas del INAMHI.....	49
<b>Figura 26.</b> Curvas IDF para la unidad hídrica río Blanco.....	51
Figura 27. Esquema del modelo hídrico para la unidad hídrica río Blanco mediante el software HEC-HMS .....	56

<b>Figura 28.</b> Caudal de salida para un periodo de retorno de 100 años, en la unidad hídrica río Blanco mediante el software HEC-HMS.....	57
<b>Figura 29.</b> Hidrograma de salida para un periodo de retorno de 100 años, en la unidad hídrica río Blanco mediante el software HEC-HMS.....	57
<b>Figura 30.</b> Hidrogramas para distintos periodos de retorno en la unidad hídrica río Blanco .....	58
<b>Figura 31.</b> Esquema de entradas y salidas de agua en una unidad hídrica.....	64
<b>Figura 32.</b> Distribución de la evapotranspiración en la unidad hídrica río Blanco...	67

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO por haber compartido sus conocimientos y darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi directora de tesis, Ing. Karina Gabriela Añazco Calderón, Mg por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Al Ing. Juan Carlos Mena Freire Mg., por su colaboración y aporte en sus conocimientos, con los cuales se logró el desarrollo de tesis.

También me gustaría agradecer a todos mis los profesores que, durante toda la carrera profesional, han aportado con un granito de arena a mi formación académica.

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer, con toda la humildad de mi corazón, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A mi esposa amada Verito B., por su apoyo y paciencia en este proyecto de estudio y a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**CENTRO DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL**  
**(TP) EN GESTIÓN AMBIENTAL**  
**COHORTE 2021.**

**TEMA:**

*ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO PARA ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN LA UNIDAD HÍDRICA RÍO BLANCO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.*

**MODALIDAD DE TITULACIÓN:** *Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada.*

**AUTOR:** *Ingeniero David Patricio Mantilla Rivera*

**DIRECTORA:** *Ingeniera Karina Gabriela Añazco Calderón Master.*

**FECHA:** *Diez de mayo del dos mil veinte y dos.*

**RESUMEN EJECUTIVO**

El objetivo de este trabajo de titulación, es el estudio hidrometeorológico para la estimación de caudales máximos en la unidad hídrica río Blanco en Tungurahua, a través de la caracterización físico-geográfica e hidrometeorológica de la unidad hidrográfica del río Blanco, en un área de 38.21 km<sup>2</sup> determinada en el programa QGis 10.1 con cartografía de la provincia de Tungurahua escala 1:50000.

Dentro del capítulo uno se plantea los objetivos de la investigación, como también se plantea su justificación, en el capítulo dos se detalla los antecedentes de investigación del estudio, en el capítulo tres determina la ubicación del estudio, así como también la metodología empleada, además se realizó la recopilación de información hidrometeorológica, cartográfica y la metodología para el procesamiento de información.

En el capítulo cuarto se desarrolla la investigación donde se efectuó un análisis de parámetros geomorfológicos, análisis de variables meteorológicas como humedad relativa, temperatura media, precipitación diaria y mensual, de igual manera la determinación de evapotranspiración mediante el método de Thornthwaite, simultáneamente se obtuvieron hidrogramas de máxima crecida mediante el programa HEC-HMS para un periodo de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, el cual se basa en las características del método SCS, puesto que este método brinda resultados más

precisos al considerar los parámetros de las características físicas de la unidad hídrica y su cantidad de precipitación, el cual sirve para realizar el Balance Hídrico.

**DESCRIPTORES:** BALANCE, EVAPOTRANSPIRACIÓN,  
GEOMORFOLÓGICOS, HIDROGRAMAS, HIDROLÓGICAS,  
METEOROLÓGICAS, PARÁMETROS, PFAFSTETTER, PRECIPITACIÓN,  
THORNTHWAITE.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**CENTRO DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA ACADÉMICA CON TRAYECTORIA PROFESIONAL EN**  
**GESTIÓN AMBIENTAL**  
**COHORTE 2021.**

**TEMA:**

*ESTUDIO HIDROMETEOROLÓGICO PARA ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN LA UNIDAD HÍDRICA RÍO BLANCO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA*

**MODALITY DEGREE:** *Degree Project with Applied Research Component.*

**AUTHOR:** *Ingeniero David Patricio Mantilla Rivera*

**DIRECTED BY:** *Ingeniera Karina Gabriela Añezco Calderón, Master.*

**RESEARCH LINE:** *Clean Development Mechanisms*

**DATE:** *May tenth two thousand and twenty-two.*

**EXECUTIVE SUMMARY**

The objective of this titling work is the hydrometeorological study for the estimation of maximum flows in the river Blanco hydrographic unit in Tungurahua, through the physical-geographical and hydrometeorological characterization of the river Blanco hydrographic unit, in an area of 38.21 km<sup>2</sup> determined in the QGis 10.1 program with cartography of the province of Tungurahua at a scale of 1:50,000.

Within chapter one the objectives of the research are presented, as well as its justification, in chapter two the research background of the study is detailed, in chapter three it determines the location of the study, as well as the methodology used, in addition The compilation of hydrometeorological and cartographic information and the methodology for information processing was carried out.

In the fourth chapter, the investigation is carried out where an analysis of geomorphological parameters was carried out, analysis of meteorological variables such as relative humidity, average temperature, daily and monthly precipitation, in the same way the determination of evapotranspiration by means of the Thornthwaite method, simultaneously hydrographs will be obtained. of maximum flood through the HEC-HMS program for a return period of 5, 10, 25, 50 and 100 years, which is based on the characteristics of the SCS method, since this method provides more accurate results when considering the parameters of the physical characteristics of the water unit and its amount of precipitation, which is used to carry out the Water Balance.



**DESCRITORS:** BALANCE, EVAPOTRANSPIRATION,  
GEOMORPHOLOGICAL, HYDROGRAPHS, HYDROLOGICAL,  
METEOROLOGICAL, PARAMETERS, PFAFSTETTER, PRECIPITATION,  
THORNTHWAITE.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Introducción

Las unidades hidrográficas son el origen para conservar la estabilidad social actual mediante planificación y ordenamiento de los territorios, el cual entrega un recurso que se califica como no renovable y como sabemos la vida en el planeta depende de él (Sales, 2020). Siendo así importante cuidar el recurso hídrico, la cual es utilizada para diferentes fines, tales como: doméstico, agrícola e industrial. De ahí radica la disponibilidad de agua que puede suministrar de manera continua y conservar la flora y fauna de la unidad hídrica (Duque et al., 2019).

En el Ecuador como en muchos países del mundo, durante los últimos años, las actividades humanas han modificado significativamente el régimen hidrológico de los ríos y otros cuerpos de agua como lagos y embalses, así como también el ciclo hídrico y la calidad del agua han sido afectadas (Torres y Proaño, 2018).

Como efecto de estas transformaciones cuantitativas y cualitativas se ha visto la reducción de los recursos hídricos disponibles, y esto ha hecho que en muchos casos casi imposible solventar plenamente la demanda creciente (Luna-Romero et al., 2018), siendo un factor que ralentiza el crecimiento económico y el desarrollo de la población en general (Sales, 2020).

Está problemática, la cual está articulada con el aspecto social, económico, de conservación ambiental y científico, identifican la necesidad de mejorar significativamente el conocimiento sobre los recursos hídricos, es así que este estudio es de significativa importancia para estimar los caudales máximos en la unidad hídrica río Blanco de la provincia de Tungurahua, la misma que será una herramienta base para la toma de decisiones por parte de las autoridades provinciales.

Para el presente estudio, se solicitó al Honorable Gobierno provincial de Tungurahua (HGPT) y al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) que brindara

información de las estaciones meteorológicas y pluviométricas más cercanas al sitio del proyecto, los cuales mediante análisis estadísticos se calcularon medias mensuales anuales, de cada variable meteorológica registrada en cada una de las estaciones y con los datos temperatura y precipitación se calcula la evapotranspiración mediante el método directo de Thornthwaite.

De igual manera para determinar la morfología de la unidad hídrica se utilizaron información del Sistema Nacional de Información (SNI) y software Qgis, el cual es de gran utilidad para evaluar los parámetros morfológicos de la unidad hídrica.

Con esta información se procede a determinar los caudales máximos que puede generar la unidad hídrica río Blanco de la provincia de Tungurahua.

## **1.2. Justificación**

Una de las principales actividades económicas de la provincia de Tungurahua es la producción agrícola y la ganadera, la cual demanda un alto consumo de agua o recurso hídrico para su óptima producción.

La abundancia del recurso hídrico (agua) en ciertas zonas y, por el contrario, la escasez en otras durante la época de verano en la provincia de Tungurahua constituye un problema de especial importancia para la población.

Un factor directamente relacionado con dicho problema es la falta de estrategias y políticas públicas para la conservación de los ecosistemas páramos debido a la variabilidad climática, el aumento de la frontera agrícola y los efectos del cambio climático

Debido a la necesidad de la población de abastecerse de agua potable, agua de regadío, agua de uso ganadero, entre otros usos, especialmente durante la época de verano, el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, construye dos Embalses, Chiquiurco y Mula Corral, los cuales logran mitigar en algo la demanda del recurso hídrico para ciertas zonas de la provincia.

Siendo así vale la pena preguntarnos:

¿Cómo el estudio hidrometeorológico contribuye a la estimación de la oferta y demanda del recurso hídrico en la Unidad Hídrica Río Blanco de la provincia de Tungurahua teniendo en cuenta la información hidrometeorológica?

Lo que se pretende con este trabajo de investigación es colaborar con el tratamiento estadístico de las diferentes variables meteorológicas e hidrológicas, con la finalidad de contar con una información íntegra climática y del estado actual de los recursos hídricos en la Unidad Hídrica Río Blanco, y la difusión de la información para futuras investigaciones.

Siendo esta, la que nos permitirá saber si hay la suficiente cantidad de recurso hídrico en el área de estudio, a través del análisis climático (variabilidad climática), con el cual se determine la posibilidad de construir algún tipo de infraestructura civil que ayude a minimizar los impactos negativos de la escasez del recurso hídrico, ya que existen varios canales de riego, los cuales son importantes para el desarrollo agrícola del sector.

La información obtenida servirá principalmente como línea base para contribuir en los diseños definitivos de las obras hidráulicas en el sector, que se puedan a futuro construir por parte de las autoridades provinciales.

Para disminuir la problemática se debe efectuar una adecuada distribución del agua mediante estructuras hidráulicas como embalses, reservorios, canales de riego entre otros. Por lo que mediante esta tesis se determinarán los caudales máximos en la Unidad Hídrica Río Blanco de la provincia de Tungurahua, a través de la caracterización hidrometeorológica.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. General**

Determinar los caudales máximos en la Unidad Hídrica Río Blanco de la provincia de Tungurahua, a través de la caracterización hidrometeorológica.

### **1.3.2. Específicos**

Obtener una base de datos históricos de la información hidrometeorológica para la Unidad Hídrica Río Blanco, de las estaciones meteorológicas del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Caracterizar climática, hidrológica y geomorfológicamente la Unidad Hídrica Río Blanco

Determinar el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años a partir de método hidrológico en el software HEC-HMS.

Valorar la disponibilidad del recurso hídrico a través de la estimación de un balance hídrico.

## CAPÍTULO II

### ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La zona de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, específicamente en la zona alta de la parroquia Pilahuín del cantón Ambato, zona cubierta de páramos andinos mismos que durante años han sido referentes de reserva hídrica para la provincia. Los territorios comprenden sectores como: Cunucyacu, Yatzaputzan, San Isidro, Tamboloma, Chiquicahua, entre otros.

Los páramos son considerados ecosistemas de montaña acumuladores de agua y reguladores de flujos hídricos, toda la estructura del suelo y la vegetación han desarrollado mecanismos que almacenan y regulan la salida de agua. Se desarrollan por encima de los bosques andinos, a alturas superiores a los 3750 metros sobre el nivel del mar; tienen clima frío todo el año y sus suelos de origen volcánico son muy fértiles, características que permiten recoger, filtrar y regular el agua que llega por lluvias, neblinas y deshielos.

Los páramos prestan servicios ecosistémicos muy importantes, ya que son hogar de especies únicas y que solamente habitan allí, mismas que cumplen funciones de mitigación y adaptación al cambio climático, ya que permiten la concentración de materia orgánica en los suelos capaz de almacenar carbono en mayor proporción que en otros ecosistemas (Herrera Santoyo, 2013).

El presente estudio consiste en generar la información hidrológica necesaria para estimar los caudales máximos en la unidad hídrica río Blanco a través de datos meteorológicos e hidrológicos, el cual permitirá determinar la variabilidad climática y establecer la cantidad disponible de agua el cual permitirá regular los caudales disponibles en la unidad hídrica río Blanco; considerando que la mejora de la producción agrícola se orienta con la mejora de la tecnificación del riego, fortaleciendo estas tecnologías para la mejora sustancial del campo agrícola.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Ubicación**

El proyecto se encuentra ubicado en las estribaciones norte del volcán Carihuairazo, el acceso se realiza desde la ciudad de Ambato a través de la carretera Ambato-Guaranda, kilómetro 26.

La unidad hídrica de estudio se ubica al oeste de la provincia de Tungurahua, en la parroquia de Pilahuín cantón Ambato y corresponden a la zona alta de la unidad hídrica Ambato (ver Figura 1), de acuerdo con la metodología Pfafstetter en nivel 7 se encuentran dentro de la unidad hídrica 4996929 (HGPT, 2014).

La metodología Pfafstetter es un método ampliamente aplicado por ser de fácil implementación y de aplicación global, esta metodología permite la delimitación y codificación de las unidades hídricas, a través de la jerarquización de las unidades hídricas basado en la topología de la red hídrica o área del terreno, a esta se le asigna un único código (Anchundia-Solorzano, 2021).

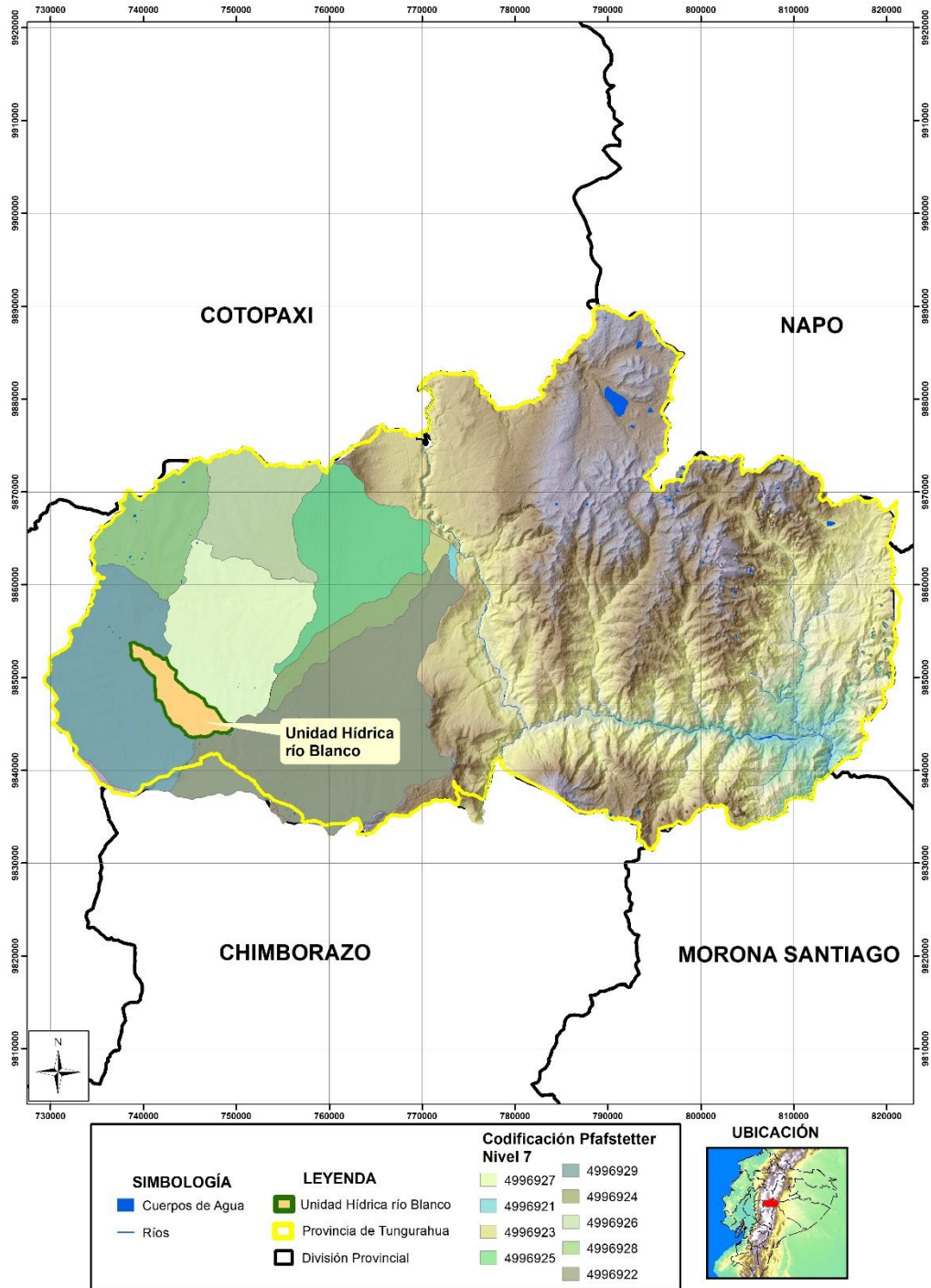
#### **3.2. Equipos y materiales**

Para la realización de la presente investigación se detallan los recursos humanos y materiales que se necesitarán para ejecutarlo

- ⌘ Computador
- ⌘ Libreta de Apuntes
- ⌘ Software Qgis.
- ⌘ Software Hec-Hms
- ⌘ Cámara Fotográfica
- ⌘ GPS
- ⌘ Movilización propia.

**Figura 1.**

*Unidad hídrica Ambato nivel 7 y ubicación de la zona de estudio*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información cartográfica Perfil Provincial y División Parroquial, 2017 – CONALI-HGPT; Centros Poblados, 2010-INEC.



### **3.3. Tipo de investigación**

Para Cárdenas (2018) la determinación del método de investigación se refiere básicamente a especificar la metodología o plan de investigación a seguir, es decir, se trata principalmente a las técnicas y lineamientos que permitirán la recopilación y procesamiento de datos, validación, análisis e interpretación con el propósito de dar respuesta a los problemas planteados en los objetivos específicos de la investigación.

#### **3.3.1. Investigación Descriptiva**

Este método de investigación descriptiva, es utilizado para describir con la mayor precisión posible los diferentes escenarios de los fenómenos existentes (Atmowardoyo, 2018) siendo su principal propósito el recolectar información y datos sobre los eventos, realidades, aspectos exclusivos y características (Esteban Nieto, 2018), propias del área de interés a investigar (Guevara et al., 2020).

Mediante herramientas del software QGis se obtuvieron los datos morfométricos y la distribución espacial de la precipitación en la unidad hídrica río Blanco, los cuales establece su influencia en la generación de caudales máximos en la mencionada unidad hídrica.

#### **3.3.2. Investigación Cuantitativa**

Para Sánchez (2019) esta investigación se ocupa de fenómenos que pueden ser medidos, en la cual la recopilación objetiva de información, datos (Guevara et al., 2020), es convertida a valores numéricos (Cárdenas, 2018), a los cuales se aplican análisis estadísticos con la cual se puede identificar la frecuencia del fenómeno de estudio y sus características generales (Ramos Galarza, 2020).

La presente realiza un análisis de los datos hidrometeorológicos recolectados por la Red de Monitoreo Hidrometeorológico del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, la misma que permite conocer el comportamiento meteorológico e hidrológico, con la cual se obtiene la estimación de caudales máximos en la Unidad Hídrica Río Blanco en la provincia de Tungurahua.

### **3.3.3 Investigación Explicativa**

Para Álvarez (2020) se busca instaurar las conexiones de causa y efecto, el cual permite instaurar relaciones de causalidad. Como es el caso de la relación directa entre intensidad y duración de la precipitación para generar caudales máximos en la Unidad Hídrica Río Blanco en la provincia de Tungurahua.

### **3.3.4. Investigación Bibliográfica o Documental**

Para González y Camila (2021) la investigación documental es un método cualitativo importante para acceder y comprender el contexto histórico, espacial y temporal del estudio en particular, en el que se revela un tema en particular, mediante la lectura de documentos, libros, artículos científicos o revistas.

Esta investigación ha recolectado información histórica de caudales y variables meteorológicas generadas por la Red de Monitoreo Hidrometeorológico del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, así como también mediante los parámetros geomorfológicos, se seleccionó la metodología y fórmulas a utilizar obtenidos mediante libros y artículos.

### **3.4.Recolección de la Información**

Para investigar, estudiar y evaluar la información con relación al comportamiento Hidrometeorológico para estimación de caudales máximos en la Unidad Hídrica Río Blanco en la provincia de Tungurahua, se considerará la información Hidrometeorológica entregada por el Honorable Gobierno provincial de Tungurahua (HGPT), a través del Administrador de la Red de Monitoreo Hidrometeorológico, y de igual manera la información histórica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), a esto se suma la información cartográfica disponible en el Sistema Nacional de Información (SNI).

En la tabla 1 se detalla el método y el procedimiento para recopilar la información necesaria para la investigación:

**Tabla 1.**

*Procedimiento de recolección de información*

Método	Procedimiento
Documental	¿Cómo? Recolección histórica de aforos de caudal Recolección datos históricos de variables meteorológicas
	¿Dónde? Red de Monitoreo Hidrometeorológico del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
	¿Para qué? Para realizar el estudio Hidrometeorológico para la estimación de caudales máximos en la Unidad hídrica río Blanco en Tungurahua
	¿Cómo? Recolección archivos Shapefile en diferentes instituciones, ¿Dónde? Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua Instituto Nacional de Estadística y Censos Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Cartográfico	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica Ministerio de Agricultura y Ganadería Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites Internos ¿Para qué? Para análisis de los parámetros geomorfológicos y descubrir de qué manera influye en la estimación de caudales máximos en la Unidad Hídrica Río Blanco en Tungurahua

**Nota:** Elaboración propia.

**Análisis de resultados estadísticos.** - se destacan las tendencias, según el análisis de doble masa, así como también la generación de Modelos Hidrológicos en el software HEC-HMS.

### **3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico**

Obtenida y mediante su análisis e interpretación de la información Hidrometeorológica para estimación de caudales máximos en la unidad hídrica río Blanco en la provincia

de Tungurahua, se formularán las conclusiones, las cuales permitirán desarrollar alternativas de posible solución a la problemática, a través de las siguientes etapas.

**Revisión de la Información.** – en esta sección, se depuran los datos incorrectos, inconsistentes o no pertinentes, revisando la información recolectada, filtrando la información defectuosa, contradictoria, incompleta, entre otras.

**Tabulación según las variables.** – Análisis estadístico de la información en el software excel e hydraces, la cual sirve para verificar la consistencia de la información, y de esta manera obtener resultados hidrometeorológicos, los cuales se representarán en tablas y figuras.

**Representación gráfica.** - es la presentación visual del comportamiento de cada variable meteorológica, de los valores obtenidos en el análisis estadístico, y de igual manera con esta información se generará los mapas de Isotermas y Evapotranspiración, mediante el programa Qgis.

**Interpretación de resultados.** – Con la guía del Marco Teórico, se alcanzará el objeto de problema a investigar.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Compilación de la Información**

Con la finalidad de llevar a cabo este estudio se ha recopilado toda la información referente y necesaria disponible de tipo: meteorológica, hidrométrica, cartográfica, cobertura vegetal, entre otros.

La información cartográfica se adquirió en mayor parte del Sistema Nacional de Información (SNI), así como también de varias instituciones nacionales, las mismas se encuentran detallada en la tabla 2.

#### **4.2. Caracterización general de unidad hídrica**

Para Moreira et al. (2020) la unidad hídrica es considerada como la esencia de la planificación ambiental e hídrica la cual deriva en el ordenamiento territorial y uso del suelo, delimitadas de forma natural la cual reúne las precipitaciones para establecer su oferta y distribución hídrica en forma de escurrimiento superficial, a través de su red de drenaje natural (Jiménez y Benegas, 2019).

Para evaluar, conocer, calcular los procesos e interacciones de la unidad hídrica hay que considerarla como una unidad básica de análisis (Moreira et al., 2020), la cual debe ser examinada y estudiada mediante sus características físicas, climáticas, parámetros morfométricos (Gaspari et al., 2019, p.35).

Durante el estudio hidrológico, se tomó en cuenta varios elementos, mismos que son características primordiales de la unidad hídrica, como: textura y uso del suelo, precipitación, cobertura vegetal, pendientes, taxonomía.

La influencia geológica es otro factor a considerar, la cual es responsable directa en la densidad de la red hídrica.

**Tabla 2.***Información cartográfica utilizada para el estudio.*

<b>INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA</b>	<b>FORMATO</b>	<b>AÑO</b>	<b>ESCALA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>INSTITUCIÓN RESPONSABLE</b>
Provincia de Tungurahua	shapefile	2017	1:50000	Perfil de la provincia	CONALI-HGPT
División Cantonal	shapefile	2017	1:50000	División por cantones	CONALI-HGPT
División Parroquial	shapefile	2017	1:50000	División por parroquias	CONALI-HGPT
Ríos	shapefile	2018	1:50000	Capa de información base	IGM-HGPT
Cuerpos de Agua	shapefile	2018	1:50000	Capa de información base	IGM
Estaciones Meteorológicas	shapefile	2014	1:50000	Estaciones que se utilizaron en el estudio	INHAMI
Estaciones Meteorológicas	shapefile	2013	1:50000	Estaciones utilizadas en estudio	HGPT
Cobertura y Uso de la Tierra	shapefile	2018	1:25000	Caracterización del uso y cobertura de la tierra	MAAE-MAG
Suelos	shapefile	2003	1:50000	Caracterización del suelo por orden	MAG-SIGAGRO
Suelos-Textura	shapefile	2003	1:50000	Caracterización del suelo por Textura	MAG-SIGAGRO
Acequias y Acequias	shapefile	2004	1:50000	Ubicación de las acequias y acequias de Tungurahua	HGPT
DTM	Ráster	2012	1:5000	Modelo Digital de Terreno 5m	SIGTIERRAS
Isotermas	Ráster	2020	1:50000	Isoyetas generadas a partir de datos meteorológicos	HGPT-INHAMI
Isoyetas	Ráster	2020	1:50000	Isotermas generadas a partir de datos meteorológicos	HGPT
Pendientes	Ráster	2020	1:5000	Pendientes en base al Modelo Digital de Terreno 5m	SIGTIERRAS-HGPT
Alturas	Ráster	2020	1:5000	Alturas en base al Modelo Digital de Terreno 5m	SIGTIERRAS-HGPT

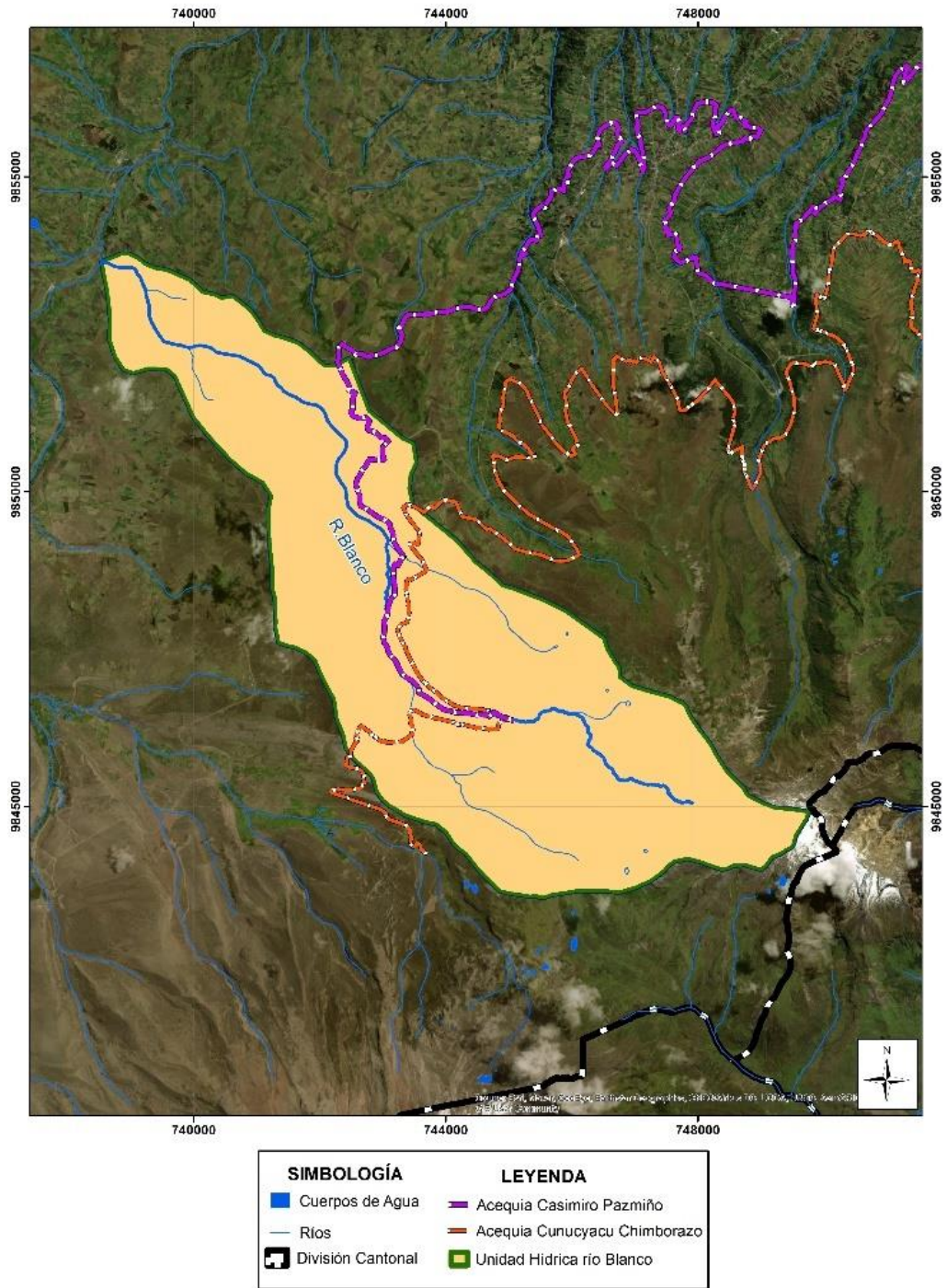
**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información cartográfica recolectada.

### **4.3.. Área de estudio**

La unidad hídrica río Blanco nace en la parte nor oeste del Carihuairazo y comprende la unión de la fuente denominada Paila Cocha: laguna y humedal concesionada para la acequia Cunucyacu-Chimborazo y entre la denominada cascada Río Blanco que a su vez es concesionada para la acequia Casimiro Pazmiño. ver Figura 2.

**Figura 2.**

*Ubicación de la zona de estudio*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información ESRI, Earthstar geographics.

Pertenece a la cuenca alta del río Pastaza, está ubicada en la cordillera de los Andes del Ecuador, ocupa alrededor del 1,13 % de superficie de la provincia de Tungurahua.

El área de la unidad hídrica es de 38,21 km, siendo su punto más alto el volcán Carihuairazo a una altura de 4.842,92 msnm y su punto más bajo se encuentra a 3.577,41 msnm en la unión del río Blanco con el río Colorado siendo así este el punto de cierre de la unidad hídrica.

Su río principal es el río Blanco el cual es formado por la confluencia del río Pailacocha y varios drenajes menores que se producen por los deshielos del volcán Carihuairazo, desde su confluencia con el río Colorado, se convierte en el río Ambato el cual continúa hacia el sur este a través del cantón Ambato hasta llegar al límite del cantón Pillaro en donde confluye con el río Cutuchi para convertirse en el río Patate, este atraviesa el cantón Patate hacia el sur, para unirse al río Chambo para formar el río Pastaza.

#### **4.3.1. Textura del Suelo**

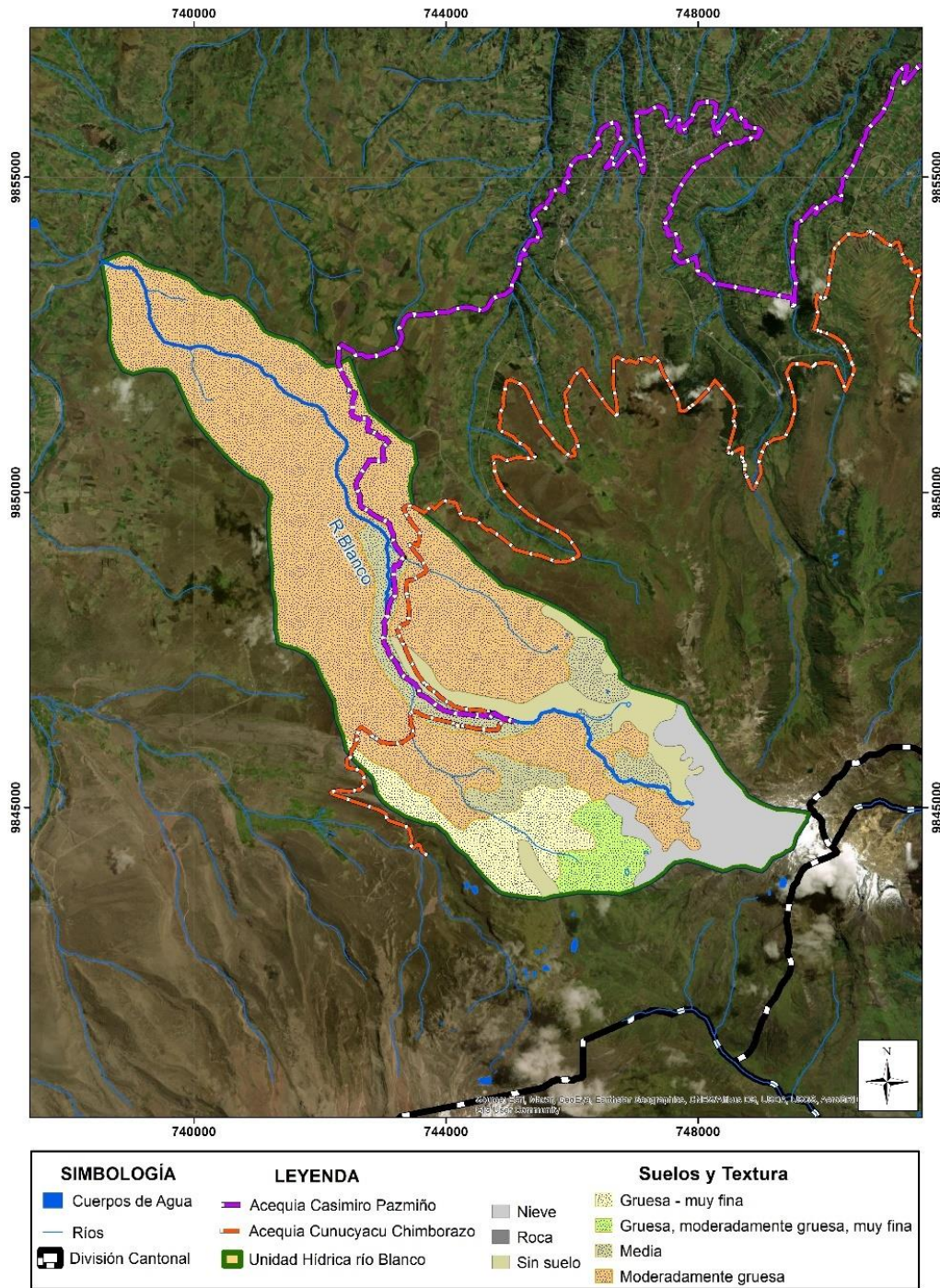
Según Novillo et al. (2018) la relación de cada elemento inorgánico (material mineral) del suelo es a lo que se define textura, las mismas que origina diferentes formas de porosidad, es decir, la textura se refiere a la facilidad con la que el suelo se puede trabajar, la velocidad con la que el agua entra y pasa a través del suelo y la cantidad de aire y agua que contiene (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022) y constituye el porcentaje de arena, limo y arcillas (Jiménez, 2019), los cuales se distribuyen en: arena fina, arena gruesa, aluvión, arena media (Novillo et al., 2018).

Para este caso de estudio, la clasificación fue tomada del Sistema Nacional de Información (SNI), en la cual la categoría nieve no corresponde a una clasificación, de igual manera la categoría sin información se refiere a un área sin clasificar. Los resultados para la zona de estudio se indican en la tabla 3 y figura 3.



**Figura 3.**

*Clasificación de suelos y textura de la unidad hídrica río Blanco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información cartográfica Suelos y Textura 2003, MAG-SIGAGRO.

**Tabla 3.**

*Textura unidad hídrica río Blanco*

<b>Textura Suelos</b>	<b>Unidad Hídrica río Blanco Área km<sup>2</sup></b>
Nieve	3,11
Roca	0,01
Sin Información	2,68
Gruesa - muy fina	2,87
Gruesa, moderadamente gruesa, muy fina	1,38
Media	3,95
Moderadamente gruesa	24,2
<b>Total</b>	<b>38,21</b>

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento cartográfico Suelos y Textura 2003, MAG-SIGAGRO.

#### **4.3.2. Taxonomía**

El suelo está en constante desarrollo bajo el impacto conjunto de factores formadores, dando lugar a diferentes formas o tipos de suelo (Lince y Sadeghian, 2021). En este sentido, la clasificación de suelos describe la categoría por agrupación del suelo con características análogas (biológicas, físicas y químicas) (FAO, 2022), el cual nos ayuda a administrar y gestionar apropiadamente los suelos y de esta manera identificar el adecuado uso que se lo puede dar en el área ambiental, forestal, agrícola, sanitario y urbanístico (Gonzáles et al., 2021).

En la figura 4 y tabla 4 se menciona el área y porcentaje de taxonomía en la unidad hídrica río Blanco, para el estudio, la información base fue tomada del Sistema Nacional de Información (SNI), en la cual la categoría nieve no corresponde a una clasificación, de igual manera la categoría sin información se refiere a un área sin clasificar.

#### **4.3.3. Cobertura vegetal y uso de la tierra**

Según López (2021) la cobertura vegetal o del suelo es la capa superficial terrestre cubierta por la vegetación natural, en la cual su característica biofísica detalla los componentes que cubren un territorio, como vegetación, agua, pastos, suelos sin cultivo entre otros, así de igual manera describe que el uso del suelo como las

principales actividades socioeconómicas que se desarrollan en un espacio de territorio, en donde la cobertura vegetal ha desaparecido para satisfacer las necesidades de la sociedad, las mismas pueden ser de uso agrícola, residencial, comercial, industrial.

En la unidad hídrica río Blanco se observa que el mayor porcentaje de cobertura vegetal y uso de suelo corresponde a Páramo (71,95%), seguido de tierra agropecuaria con un porcentaje de 25,57%. (Ver tabla 5 y figura 5)

**Tabla 4.**

*Clasificación de taxonomía unidad hídrica río Blanco*

Orden de Suelos	Unidad Hídrica río Blanco	
	km <sup>2</sup>	Área %
Entisoles	2,87	7,51
Entisoles - inceptisoles	1,38	3,61
Inceptisoles	28,15	73,67
Roca	0,02	0,05
Nieve	3,11	8,14
Sin información	2,68	7,01
<b>Total</b>	<b>38,21</b>	<b>100,00</b>

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento cartográfico Suelos 2003, MAG-SIGAGRO.

**Tabla 5.**

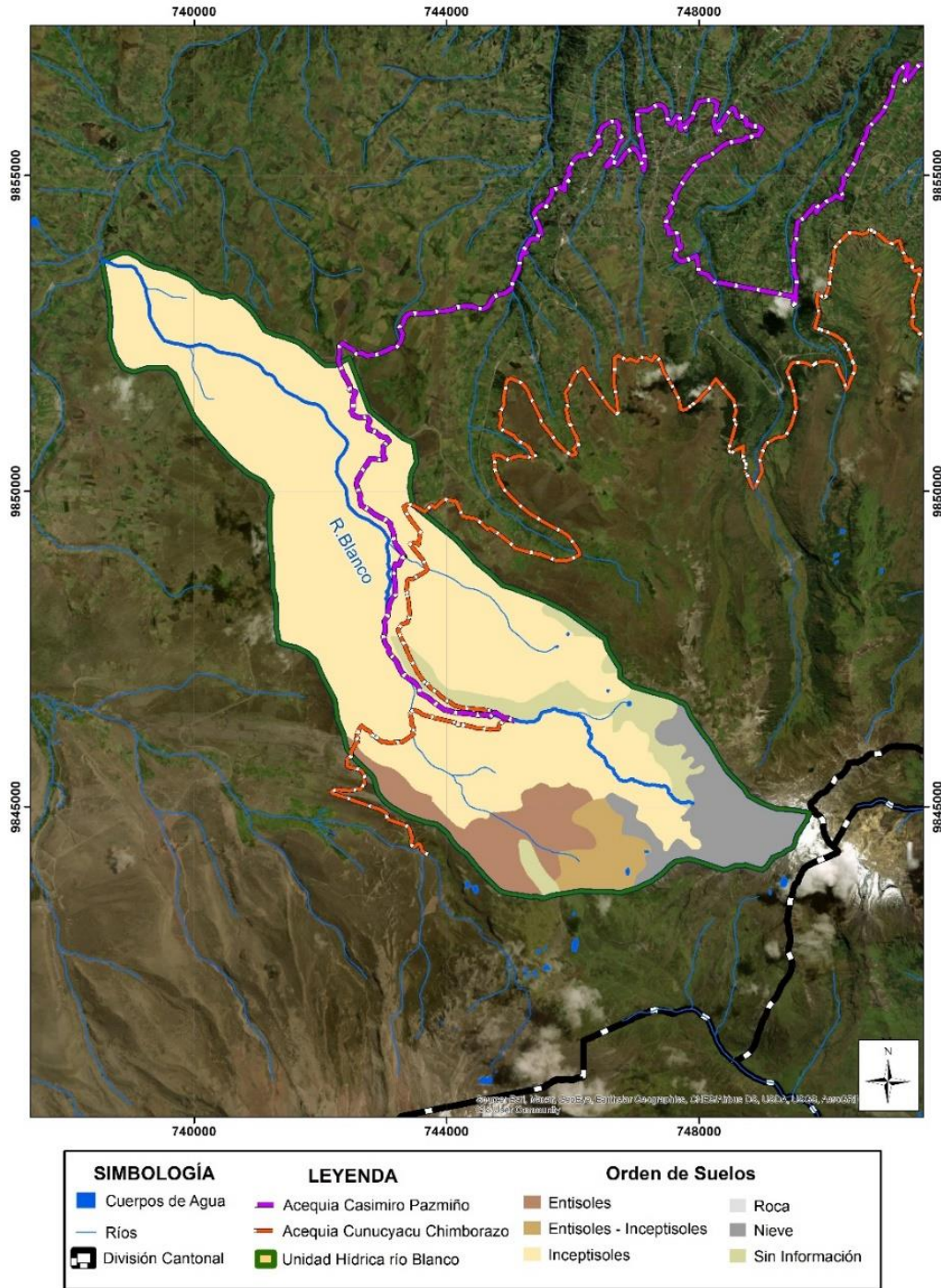
*Cobertura vegetal y uso del suelo en la unidad hídrica río Blanco*

Cobertura vegetal y Uso del Suelo	Unidad Hídrica río Blanco	
	km <sup>2</sup>	Área %
Tierra agropecuaria	9,77	25,57
Plantación forestal	0,01	0,03
Páramo	27,49	71,94
Área sin cobertura vegetal	0,94	2,46
<b>Total</b>	<b>38,21</b>	<b>100,00</b>

**Nota:** Elaboración propia. a partir del resultado obtenido en el procesamiento cartográfico Cobertura y Uso de la Tierra, 2018 MAAE-MAG.

**Figura 4.**

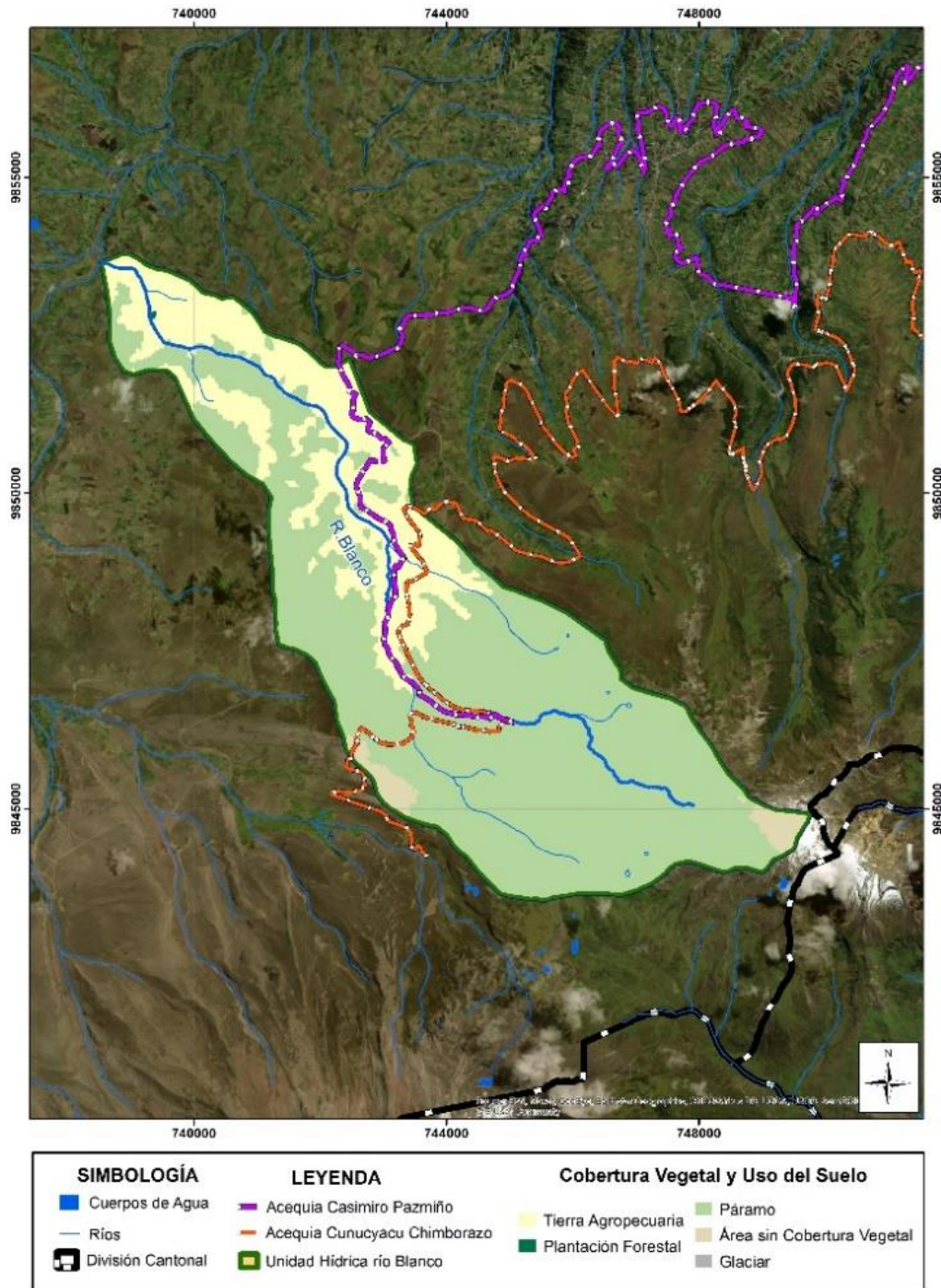
*Clasificación de suelos de la unidad hídrica río Blanco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información cartográfica Suelos 2003, MAG-SIGAGRO.

**Figura 5.**

*Cobertura y uso de la tierra de la unidad hídrica río Blanco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información cartográfica Cobertura y Uso de la Tierra, 2018 MAAE-MAG.

#### **4.4. Caracterización Físico - Geográfica**

Las características físicas y geomorfológicas de la unidad hídrica representan y cuantifican matemáticamente la red hídrica, forma y relieve de la superficie terrestre (Cedano, 2020), la misma está dirigida a establecer las características hidrológicas y la velocidad del flujo superficial, los cuales establecen el hidrograma de descarga (Brieva, 2018) que junto a factores climáticos nos permiten entender su comportamiento hidrológico.

En el presente capítulo, como lo detalla Brieva, (2018) se ejecutó el análisis geomorfológico de la unidad hídrica río Blanco, en la cual se valoró los parámetros la red hídrica, relieve y de forma, a partir de los mapas recopilados, los mismos que no son complicados de medir, con la finalidad de establecer las limitaciones de los recursos hídricos y ambientales.

##### **4.4.1 Determinación de parámetros morfométricos**

Según Gutiérrez et al. (2019) para realizar estudios hidrológicos, así como la planificación del manejo de los recursos hídricos, es importante determinar las características morfométricas, las mismas que permiten determinar cuantitativamente la estructura, extensión y forma de la unidad hídrica (Méndez et al., 2021).

Con la unidad hídrica delimitada, en base a la cartografía 1:5000 y aplicando herramientas del software Qgis, se procedió a calcular sus características morfológicas (parámetros morfométricos, fisiográficos, cauce principal y de la red de drenaje), tal como se muestra en la tabla 6.

##### **4.4.2. Determinación de parámetros fisiográficos**

Para llevar a cabo el estudio de la unidad hídrica, se evaluaron 7 parámetros de relieve, tal cual se indica en la tabla 7 donde se empleó el software Qgis para calcularlos parámetros respectivos.

**Tabla 6.**

*Parámetros morfométricos de la unidad hídrica Río Blanco*

	<b>Parámetros morfométricos</b>	<b>ID</b>	<b>Und.</b>	<b>Unidad hídrica río Blanco</b>
<b>Forma</b>	Área	(A)	km <sup>2</sup>	38,21
	Perímetro	(P)	km	31,43
	Coeficiente de Gravelius	(Kc)	(-)	1,43
	Factor de Forma	(kf)	(-)	0,15
	Longitud mayor del cauce principal	(Lm)	km	15,97
<b>Red Hídrica</b>	Densidad de Drenaje	(Dd)	km/km <sup>2</sup>	0,71

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento cartográfico.

**Tabla 7.**

*Parámetros fisiográficos de la unidad hídrica Río Blanco*

	<b>Parámetros fisiográficos</b>	<b>ID</b>	<b>Und.</b>	<b>Unidad hídrica río Blanco</b>
<b>Relieve</b>	Elevación media de la U. H	(Hm)	m.s.n.m	4155,24
	Elevación máxima de la U. H	(Hmax)	m.s.n.m	4842,92
	Elevación mínima de la U. H	(Hmin)	m.s.n.m	3577,41
	Elevación máxima del cauce	(HCmax)	m.s.n.m	4391,00
	Elevación mínima del cauce	(HCmin)	m.s.n.m	3577,41
	Pendiente media del cauce principal	(Sc)	%	5,09
	Pendiente media de la U. H	(Sg)	(-)	12,70

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento cartográfico.

#### **4.4.3. Análisis de resultados obtenidos de los parámetros de forma y relieve**

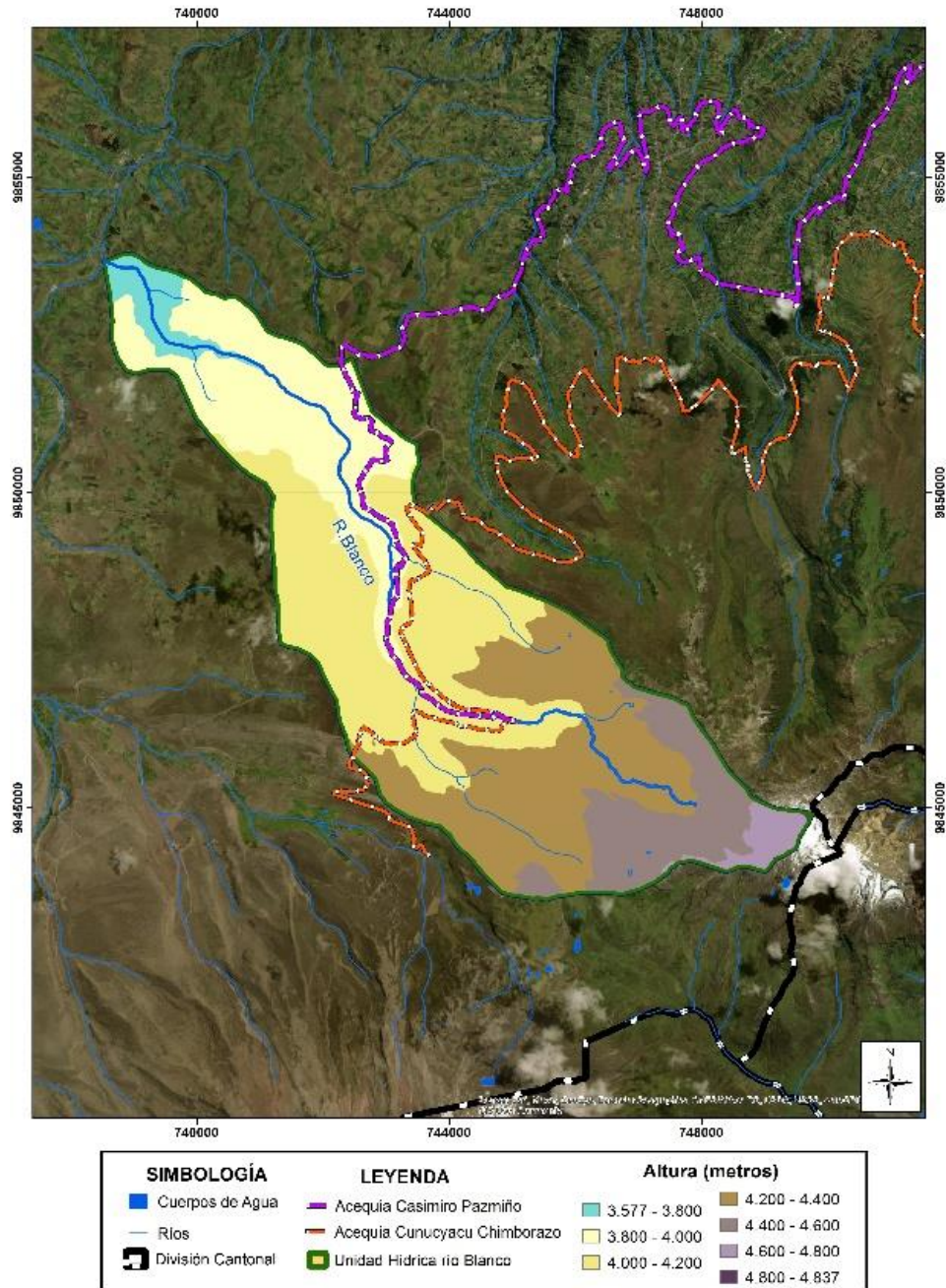
Después de realizar el procesamiento de la información cartográfica detallada en la Tabla 2, y los resultados obtenidos en las tablas 6 y 7, la unidad hídrica Río Blanco de acuerdo con los parámetros obtenidos y según la clasificación de Horton (1945) (ver anexo 1) presenta una forma oval alargada la cual tiene una mediana tendencia a inundaciones, lo cual es por su baja red de drenaje.

La misma que se considera baja, ya que no existen ríos o quebradas de gran longitud en la misma, la cual está determinada por una pendiente de drenaje suave,

a pesar que su relieve presenta medianamente accidentado en la parte alta de la unidad hídrica terminando con pendientes suaves en su parte más baja.

**Figura 6.**

*Alturas de la unidad hídrica río Blanco*

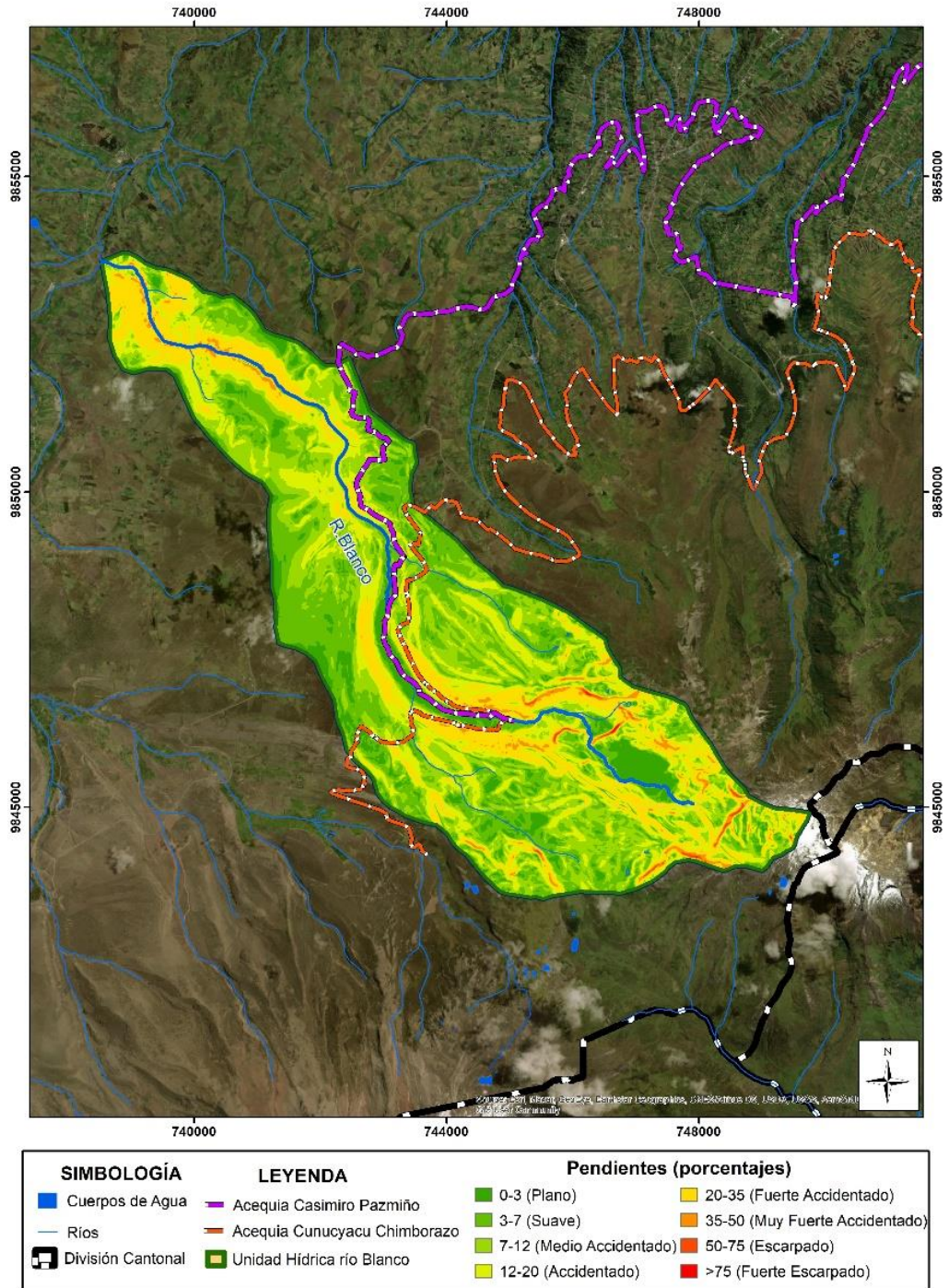


**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información cartográfica Alturas modelo digital de terreno 5 m, 2020 SIGTIERRAS-HGPT.



**Figura 7.**

*Pendientes de la Unidad Hídrica río Blanco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información cartográfica Pendientes Alturas modelo digital de terreno 5 m, 2020 SIGTIERRAS-HGPT.

Siendo así la unidad hídrica al tener estas características morfométricas y fisiográficas, no presentará una posible inundación, el cual es derivado por su sistema de drenaje y su pendiente, la cual permite un escurrimiento superficial moderado, como se pudo observar en las figuras 6 y 7.

#### **4.5. Caracterización Hidrometeorológica**

La caracterización hidrometeorológica permite definir, analizar y describir las alteraciones o cambios que se presentan en el área o zona de estudio en un intervalo de tiempo determinado (Alcoz, 2018), para esto es necesario definir las variables meteorológicas (precipitación, temperatura, evapotranspiración, entre otros) e hídrica, las cuales nos permitan elaborar un balance hídrico, esto nos permitirá conocer el comportamiento hídrico del área o zona de interés, como base para el diseño de estructuras ingenieriles (Josa et al., 2018).

##### **4.5.1. Disponibilidad de datos Meteorológicos**

Para el desarrollo de las características meteorológicas es esencial recopilar toda la información histórica disponible, en el área de influencia del estudio se cuenta con 5 estaciones meteorológicas administradas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y 6 estaciones meteorológicas de la “Red de Monitoreo Hidrológico de la Provincia de Tungurahua” la cual es administrada por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT).

##### **Tabla 8.**

Codificación de las estaciones meteorológicas existentes en la zona de estudio

<b>Código</b>	<b>Detalle</b>
CO	Climatológica ordinaria
PV	Pluviométrica
AMT	Automática Meteorológica
APV	Automática Pluviométrica

**Nota:** Elaboración propia, a partir de Anuario Meteorológico INAMHI 2013 y Anuario Meteorológico HGPT 2018.

Según el INAMHI (2017) sus estaciones se clasifican en; climatológicas ordinarias (CO), climatológica principal (CP) y pluviométricas (PV), y para las estaciones del HGPT (2018) automática meteorológica (AMT) y automáticas pluviométricas (APV), las cuales disponen de datos de precipitación, temperatura, humedad; las cuales son variables de gran importancia en la estimación del balance hídrico.

En la figura 8 se especifica la distribución espacial de las estaciones meteorológicas, así como la tabla 9 se establece cada una de las estaciones existentes en el área de estudio, las que serán validadas y analizadas.

**Tabla 9.**

*Estaciones meteorológicas y pluviométricas existentes en el área de estudio*

Código	Nombre	Tipo	Entidad	WGS84-17S			Estado
				S	W	H	
M0089	El Quinche	CO	INAMHI	759037	9856192	3100	I
M0244	Tamboloma	CO	INAMHI	747656	9856294	3550	I
M0376	Pilahuín	PV	INAMHI	752109	9855645	3314	I
M0377	Tisaleo	PV	INAMHI	759001	9850477	3266	I
M1069	Calamaca Convenio	CO	INAMHI	742462	9858481	3402	I
MT - 0001	Embalse Chiquiurco	AMT	HGPT	743682	9866004	3741	A
MT - 0009	Calamaca Convenio	AMT	HGPT	742705	9858860	3402	A
MT - 0010	Embalse Mula Corral	AMT	HGPT	741602	9867738	3840	A
MT - 0011	Quisapincha	AMT	HGPT	753559	9865921	3662	A
MT - 0012	Pampas de Salasaca	AMT	HGPT	757194	9844510	3779	A
PV - 0003	Pucara Alto - Pilahuín	APV	HGPT	752358	9856011	3314	A

**Nota:** Elaboración propia, a partir de Anuario Meteorológico INAMHI 2013 y Anuario Meteorológico HGPT 2018.



Para el cálculo de la intensidad máxima en la zona donde se ubican nuestra unidad hídrica se utilizará la fórmula del INAMHI de “DETERMINACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN”, Actualización Del Estudio De Lluvias Intensas, QUITO – ECUADOR 2015, mediante datos de la estación M0258 (Querochaca-UTA).

#### **4.6. Análisis y validación de la Información**

Para Juárez-Hernández y Tobó (2018), la validación de datos es un proceso en el que se garantiza el ingreso de datos limpios y claros a los programas y aplicaciones. Además, verifica la integridad y validez de los datos ingresados y que sean seguros, precisos, coherentes y completos (Gamboa, 2018).

##### **4.6.1. Análisis de series temporales (precipitación)**

Para Zubieta et al., (2018) la variación de la precipitación se ve afectado en tiempo y espacio, según la circulación de la atmósfera, y esta, es la entrada principal al ciclo hidrológico superficial, la cual se puede presentar en forma de lluvia, granizo, o nieve (Sillero et al., 2019).

Considerando qué variable es de fundamental importancia y las recomendaciones de la Organización Mundial de Meteorología (OMM), se procederá a la selección de estaciones con más años de precipitación y que no tengan varios años de datos faltantes, en el caso de las estaciones del HGPT por tener un periodo 2013 – 2020 y ser estaciones automáticas que su registro de datos ha sido continuo, y serán utilizadas todas.

Por otro lado, las estaciones pertenecientes a INAMHI se realizará una selección a base de sus años de registro. A continuación, se detalla en la tabla 10 los registros de datos de precipitación por estación.

**Tabla 10.**

*Estaciones meteorológicas y pluviométricas existentes en el área de estudio*

<b>Institución</b>	<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Años de registro</b>	<b>Meses Faltantes</b>
	M0089	El Quinche	1984	
	M0244	Tamboloma	1984 -1990	26
INAMHI	M0376	Pilahuín	1964 -2015	19
	M0377	Tisaleo	1964 -2015	66
	M1069	Calamaca Convenio	1988 -2015	74
	MT - 0001	Embalse Chiquiurco	2013 - 2020	
	MT - 0009	Calamaca Convenio	2013 - 2020	
HGPT	MT - 0010	Embalse Mula Corral	2013 - 2020	
	MT - 0011	Quisapincha	2013 - 2020	
	MT - 0012	Pampas de Salasaca	2013 - 2020	
	PV - 0003	Pucara Alto - Pilahuín	2013 - 2020	

**Nota:** Elaboración propia, a partir de información entregada por INAMHI y HGPT.

Mediante el análisis de cantidad de datos existentes, se determina que las estaciones pluviométricas más estables y con más años de periodos son las estaciones M0376, M0377 pertenecientes al INAMHI, con un periodo de 29 años y las 6 estaciones pertenecientes al HGPT con una periodicidad de 7 años de registros pluviométricos; por tal motivo se va a trabajar a partir de este punto con un total de 2 estaciones pluviométricas del INAMHI, 4 estaciones meteorologías y 2 estaciones pluviométricas del HGPT, siendo un total de 8 estaciones con datos de precipitación consistente.

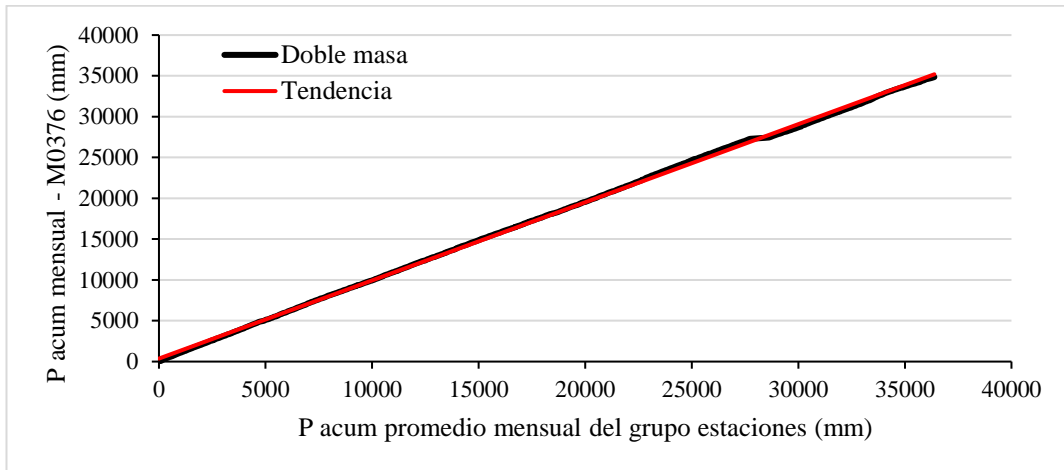
#### **4.6.2. Análisis de doble masa**

Para Duque-Sarango et al. (2019) la calidad de la información de las precipitaciones se deriva del correcto empleo de los diferentes métodos estadísticos disponibles, siendo el método aplicado es el de doble masa, el cual analiza la homogeneidad de los datos meteorológicos, cotejando la serie de valores de una estación (anual o estacional) de precipitación acumulada, en base a los valores promedio simultáneos (e igualmente acumulativos) de un grupo de datos de estaciones seleccionadas (Chávez de la Lima et al., 2022).

El diagrama doble masa se obtiene ploteando en el eje de las abscisas los acumulados, de las precipitaciones (mm) de todas las estaciones en estudio y, en el eje de las ordenadas los acumulados de cada una de las estaciones en estudio.

### Figura 9

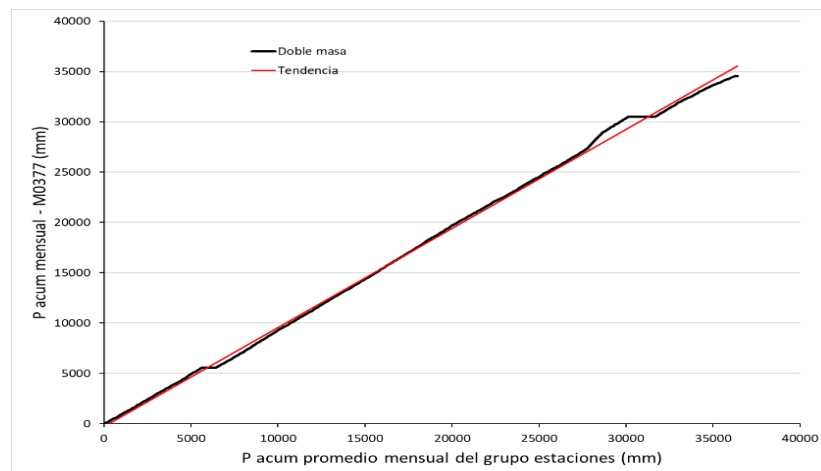
*Análisis doble masa de la estación M0376 Pilahuín*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

### Figura 10

*Análisis doble masa de la estación M0377 Tisaleo*

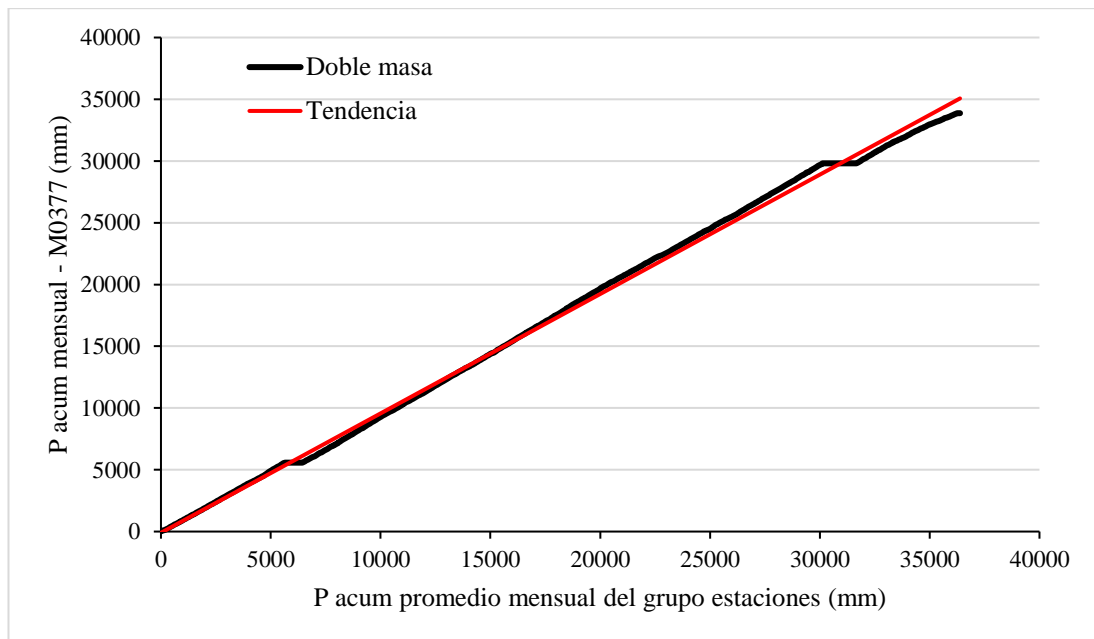


**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

Se puede observar que existe un desfase, al revisar los datos se encontraron valores desproporcionados en la estación de Tisaleo durante los meses de junio, agosto, septiembre y octubre del 2005, estos valores excedían la media anual, por lo que fueron corregidos en función de la pendiente de la línea de tendencia y se obtuvo la gráfica presentada en la figura 10.

### Figura 11

*Análisis doble masa de la Estación M0377 Tisaleo corregida*



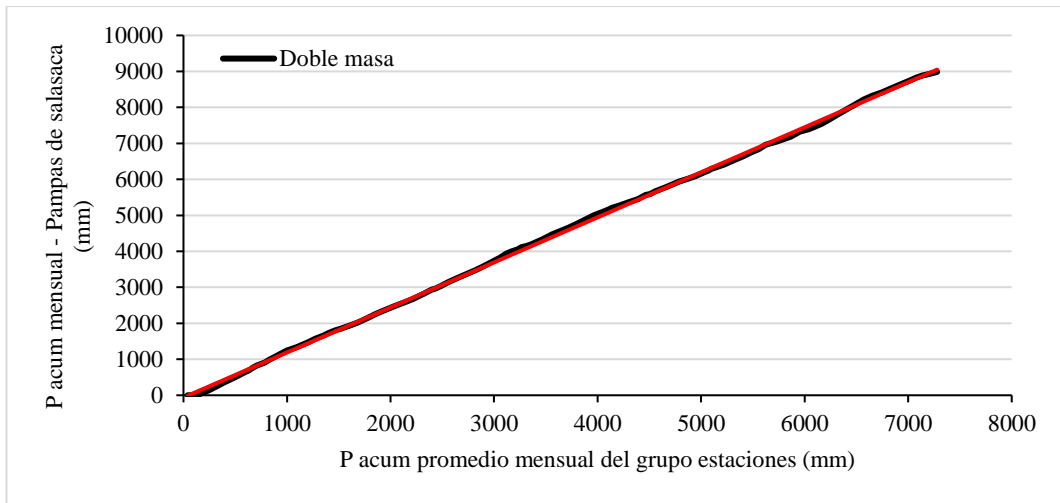
**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

Del mismo modo se hizo el análisis para las 6 estaciones del HGPT que son: Chiquiurco, Calamaca, Mulacorrall, Quisapincha, Pampas de Salasaca y Pilahuín; de donde se puede observar un desfase en la estación Pampas de Salasaca, como se muestra en la figura 11.



**Figura 12**

*Análisis doble masa de la estación Pampas de Salasaca*

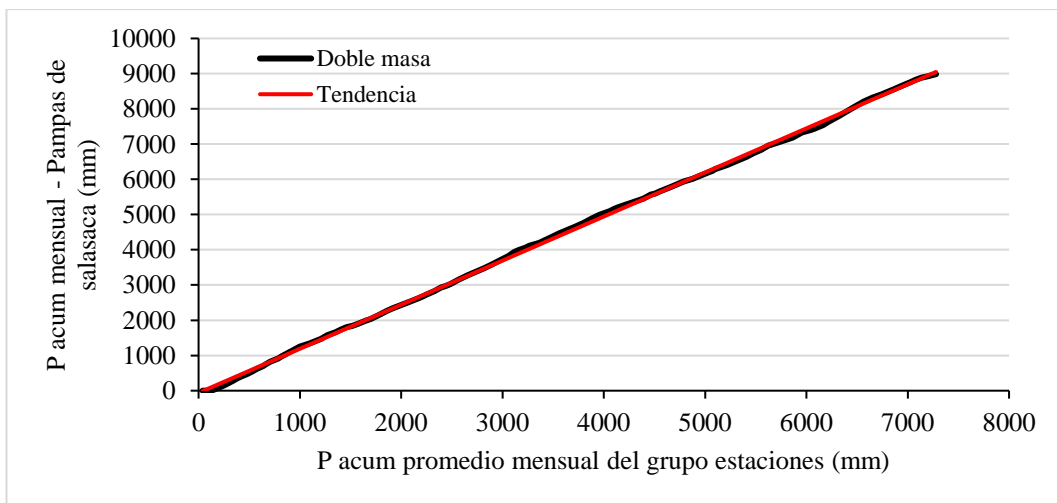


**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

Utilizando la metodología de la pendiente de la línea de tendencia se corrigió los valores que producen el desfase y se obtuvo la siguiente gráfica:

**Figura 13**

*Análisis doble masa de la estación Pampas de Salasaca corregida*

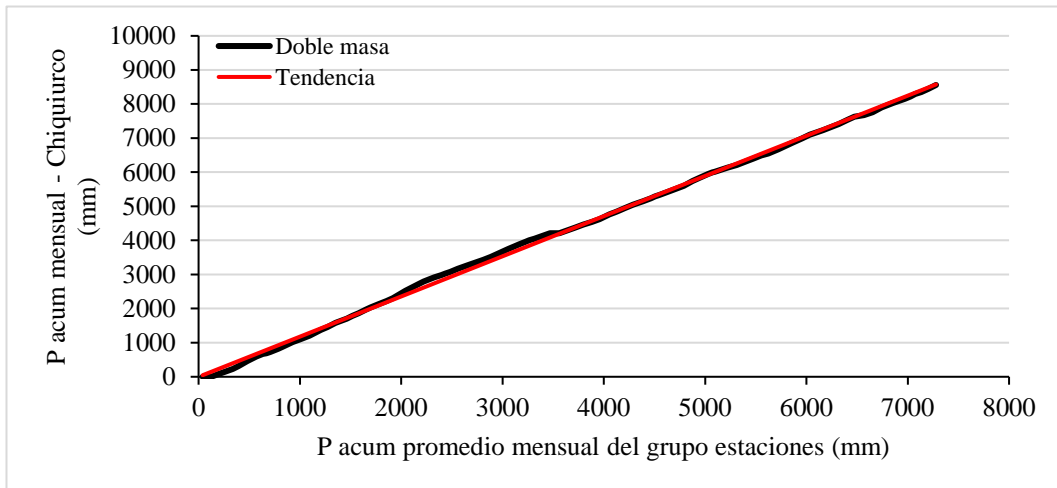


**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

El resto de las estaciones no presentan inconsistencias en los datos, como se puede observar desde la figura 14 hasta la 18.

**Figura 14**

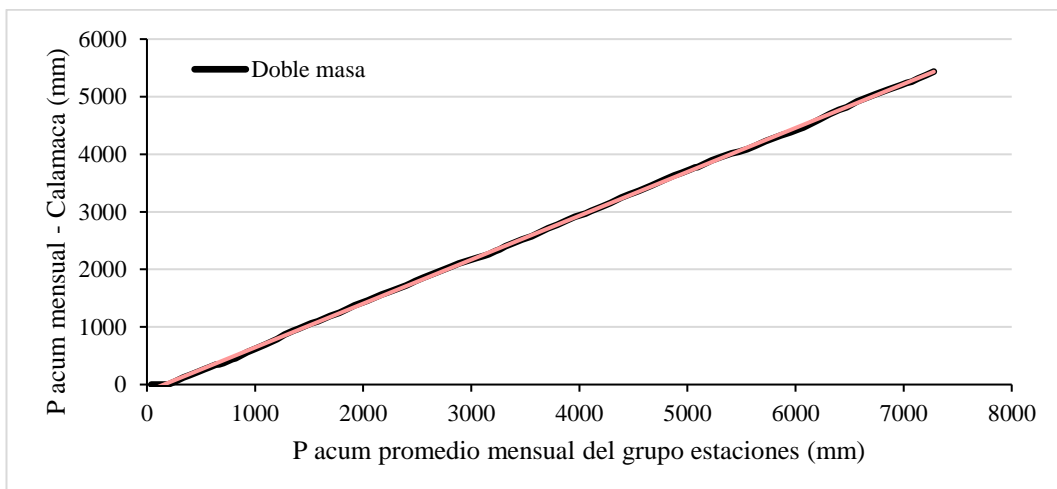
*Análisis doble masa estación Chiquiurco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

**Figura 15**

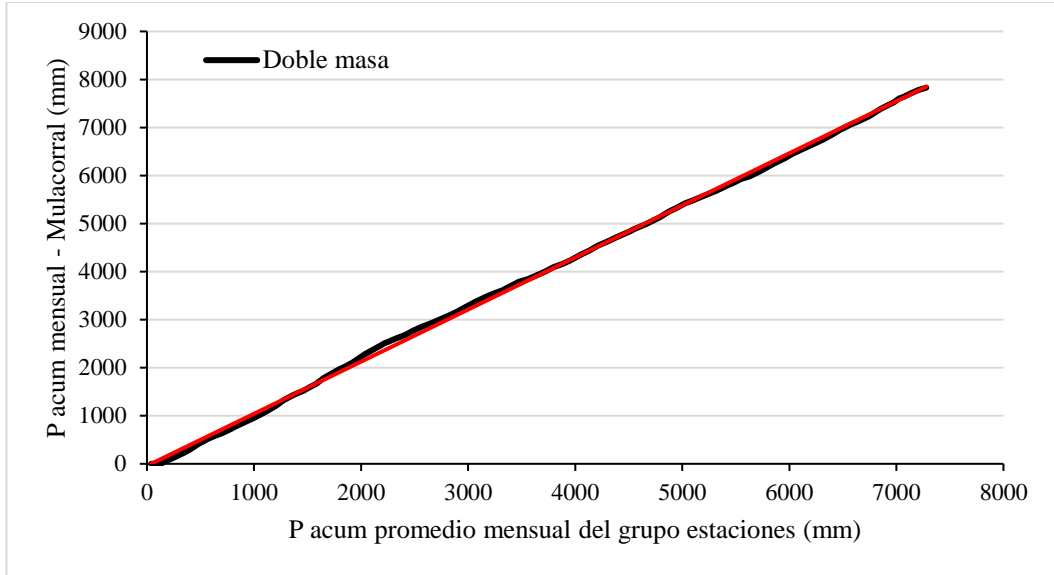
*Análisis doble masa estación Calamaca*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

**Figura 16**

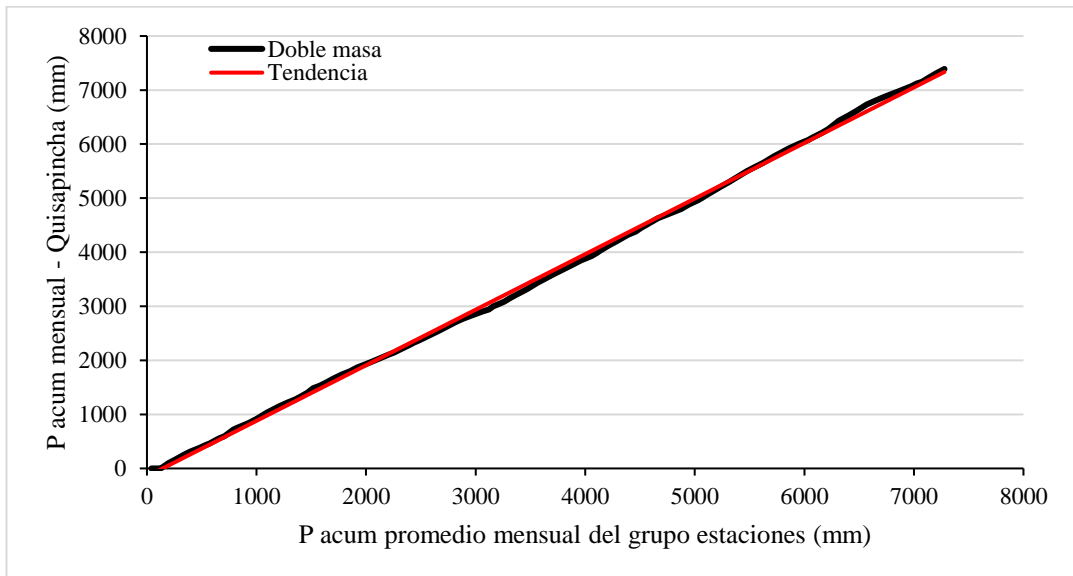
*Análisis doble masa estación Mula Corral*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

**Figura 17**

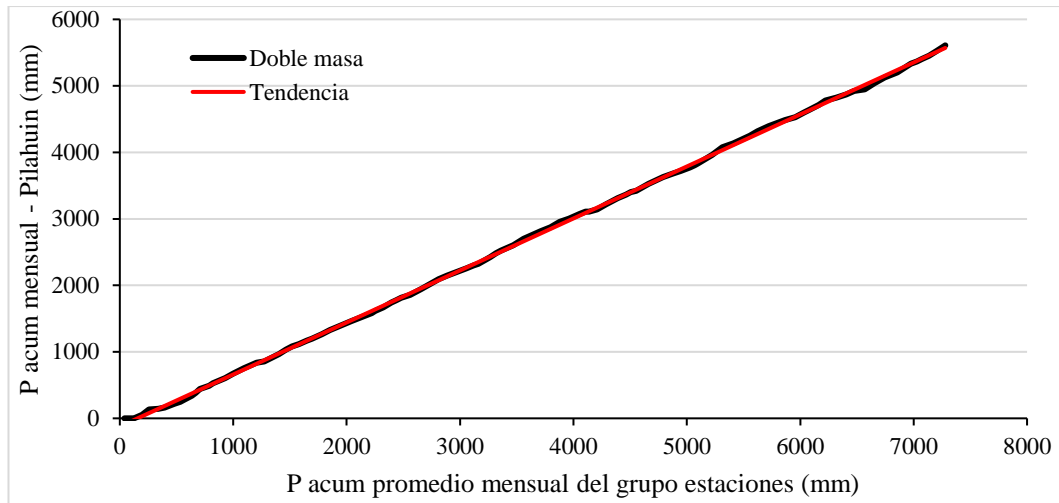
*Análisis doble masa estación Quisapincha*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

**Figura 18**

*Análisis doble masa estación Pilahuín*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT.

#### **4.7. Estudio Climático de la unidad hídrica Río Blanco**

En cuanto al clima, el área de estudio se ubica en la región andina central del país, con base en criterios regionales de temperatura, precipitación anual y comportamiento estacional de la precipitación. El régimen en esta región no tiene una estación seca definida ya que las precipitaciones se mantienen entre 80 y 150 mm durante los meses menos lluviosos, lo que representa una cantidad considerable de precipitaciones.

Se determina que existe dos períodos de relativa sequía. La primera entre enero y febrero y la segunda entre agosto, septiembre y octubre. Hay un período lluvioso alternando con un período seco. La primera dura de noviembre a diciembre y corresponde al período de mayor precipitación, la segunda dura de marzo a principios de julio.

El mes más lluvioso es noviembre, influenciado por los frentes fríos provenientes del hemisferio norte, que ocurren entre noviembre y mayo; pero es más probable que el nivel de afectación se de en noviembre y marzo. Las lluvias acontecen con mayor ocurrencia la noche y por la mañana.

Con la finalidad de realizar un estudio integral se realizó el análisis de las estaciones que han sido seleccionadas en el capítulo 4.6.1, las cuales contribuyen con información válida para el análisis, de igual manera ingresan en los criterios de distribución espacial y cobertura de medición de una estación meteorológica según la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

**Tabla 11.**

*Criterios OMM de cobertura geoespacial de estaciones meteorológicas*

Tipo de estación meteorológica	Variables meteorológicas observadas	Criterios de INAMHI	
		Zonas Montañosas	Zonas de Llanura
Climatológica	Precipitación, Temperatura, Humedad, Evaporación, Heliofanía, Dirección y Velocidad del Viento.	25	30
Pluviográfica	Muestra la distribución de la intensidad de la Precipitación	20	50
Pluviométrica	Cantidad de Precipitación (mm)	20	50

**Nota:** Basado en Manual de OMM-Nº 488 - 2017

#### **4.7.1. Precipitación**

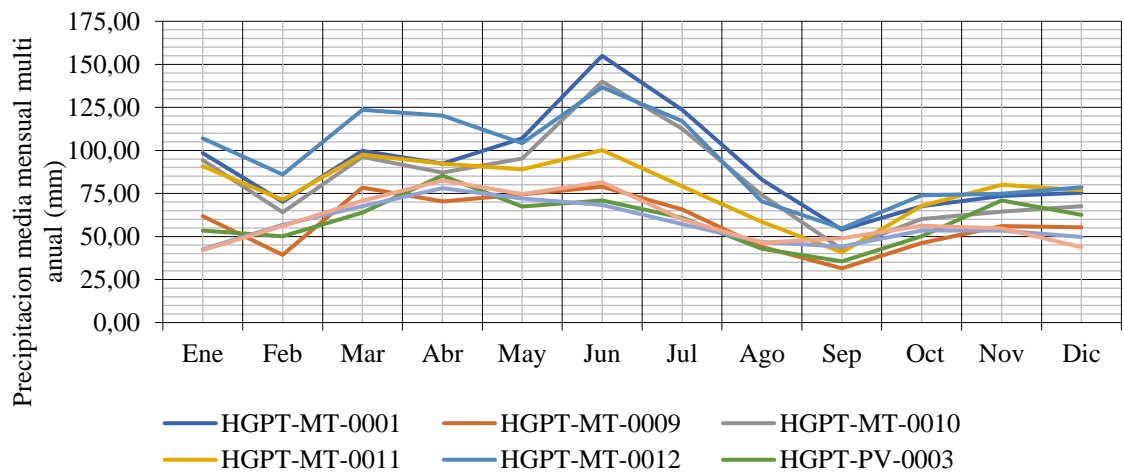
Para las fases posteriores del estudio y en particular, para el cálculo de los caudales generados por la unidad hídrica río Blanco, es necesario estimar la precipitación, en periodos mensuales. Para evaluar la precipitación espacial sobre una superficie definida existen varios métodos, iniciando con el más simple, que es la media aritmética de los valores registrados en las estaciones meteorológicas.

Cada método tiene dificultades, especialmente en regiones montañosas, donde sus variaciones espaciales en la precipitación pueden variar debido a la cantidad insuficiente de estaciones meteorológicas y pluviométricas.

Para estos cálculos se agrupa todas las estaciones validadas, tanto del INAMHI (M0376 y M0377) como del HGPT (MT-0001, MT-0009, MT-0010, MT-0011, MT-0012 y PV-0003), para por medio del análisis aritmético calcular su media mensual multianual, como se detalla en la figura 19.

**Figura 19**

*Distribución de la precipitación en el tiempo*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del HGPT.

Mediante la tabla 12, se presenta el resumen de datos pluviométricos procesados, validados se realiza el mapa de Isoyetas como se demuestra en la figura 20, utilizando el método de Kriging.

Este método geoestadístico, es un método de inferencia espacial, el permite estimar los valores de una variable en el espacio no muestreados utilizando los valores proporcionados por la muestra, está planteado mediante una correlación espacial (Hämmerly et al., 2019).

**Tabla 12.***Precipitación media mensual multianual*

Código	Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acumulada Anual
HGPT-MT-0001	Chiquiurco	98,40	70,25	99,75	92,30	106,94	154,95	123,63	83,10	53,99	67,57	73,61	75,34	1099,83
HGPT-MT-0009	Calamaca Convenio	61,80	39,28	78,38	70,41	74,53	78,89	65,66	43,95	31,50	46,21	56,08	55,28	701,96
HGPT-MT-0010	Mula Corral	94,30	64,10	96,16	87,12	95,37	139,93	112,63	74,01	42,62	60,19	64,51	67,55	998,50
HGPT-MT-0011	Quisapincha	90,76	71,37	97,49	92,34	88,94	100,19	79,20	58,39	40,85	67,71	80,05	76,85	944,13
HGPT-MT-0012	Pampas de Salasaca	107,04	86,01	123,54	120,18	104,25	136,69	117,06	70,46	54,74	73,89	74,86	78,65	1147,36
HGPT-PV-0003	Pilahuin	53,55	50,20	63,84	85,36	67,39	70,85	60,84	42,84	35,55	50,04	71,01	62,61	714,08
M0376	Pilahuin	42,61	56,85	67,58	78,08	71,97	68,37	57,21	46,80	44,18	53,49	53,50	49,77	690,41
M0377	Tisaleo	42,08	56,07	70,82	82,51	74,71	81,60	59,96	46,40	49,01	56,18	54,77	43,74	717,86
	<b>Máxima</b>	<b>107,04</b>	<b>86,01</b>	<b>123,54</b>	<b>120,18</b>	<b>106,94</b>	<b>154,95</b>	<b>123,63</b>	<b>83,10</b>	<b>54,74</b>	<b>73,89</b>	<b>80,05</b>	<b>78,65</b>	<b>1147,36</b>
	<b>Mínima</b>	<b>42,08</b>	<b>39,28</b>	<b>63,84</b>	<b>70,41</b>	<b>67,39</b>	<b>68,37</b>	<b>57,21</b>	<b>42,84</b>	<b>31,50</b>	<b>46,21</b>	<b>53,50</b>	<b>43,74</b>	<b>690,41</b>
	<b>Media</b>	<b>73,82</b>	<b>61,77</b>	<b>87,19</b>	<b>88,54</b>	<b>85,51</b>	<b>103,93</b>	<b>84,52</b>	<b>58,24</b>	<b>44,05</b>	<b>59,41</b>	<b>66,05</b>	<b>63,72</b>	<b>876,77</b>

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT

Mediante esta tabla resumen de datos pluviométricos procesados, validados se realiza el mapa de Isoyetas como se demuestra en la figura 20, utilizando el método de Kriging. Este método geoestadístico, es un método de inferencia espacial, el permite estimar los valores de una variable en el espacio no muestreados utilizando los valores proporcionados por la muestra, está planteado mediante una correlación espacial (Hämmerly et al., 2019).

De acuerdo con la interpolación realizada se determina que la unidad hídrica, mantiene una distribución Geoespacial similar de la precipitación, con valores que varían entre los 700 mm a 1000 mm (ver tabla 13).

**Tabla 13.**

*Precipitación media mensual multianual de la unidad hídrica*

<b>Precipitaciones Acumuladas</b>			
<b>Unidad Hídrica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>
Río Blanco	797,11	937,47	865,62

**Nota:** Elaboración propia, a partir de la interpolación en software Qgis.

En la siguiente tabla se detalla la distribución de la precipitación media mensual en la unidad hídrica río Blanco, siendo así los meses más lluviosos desde noviembre hasta diciembre y desde marzo hasta inicios de julio; tomando en cuenta que existen dos periodos de lluvia en un ciclo hidrológico.

**Tabla 14.**

*Distribución de la precipitación media mensual de la unidad hídrica río Blanco*

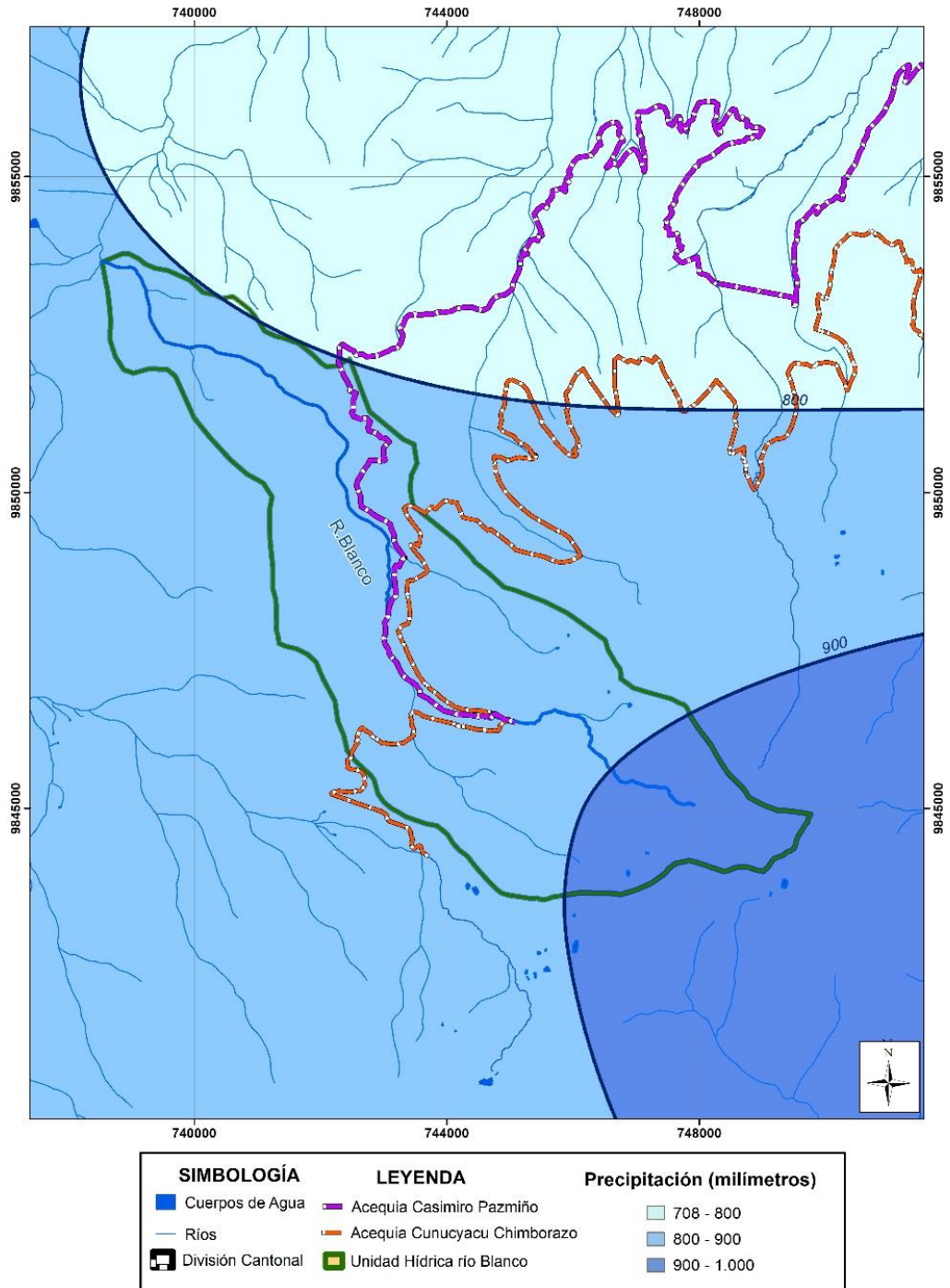
<b>Nombre</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
U.H. Río Blanco	72,02	61,14	90,16	89,22	85,11	100,41	82,10	56,73	43,78	59,41	65,19	60,36

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento de información pluviométrica del INAMHI y HGPT



**Figura 20**

*Distribución de Isoyetas en la unidad hídrica río Blanco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información calculada en la tabla 12, utilizando el método de Kriging.

En la siguiente tabla se detalla la distribución de la precipitación media mensual en la unidad hídrica río Blanco, siendo así los meses más lluviosos desde noviembre hasta diciembre y desde marzo hasta inicios de julio; tomando en cuenta que existen dos periodos de lluvia en un ciclo hidrológico.

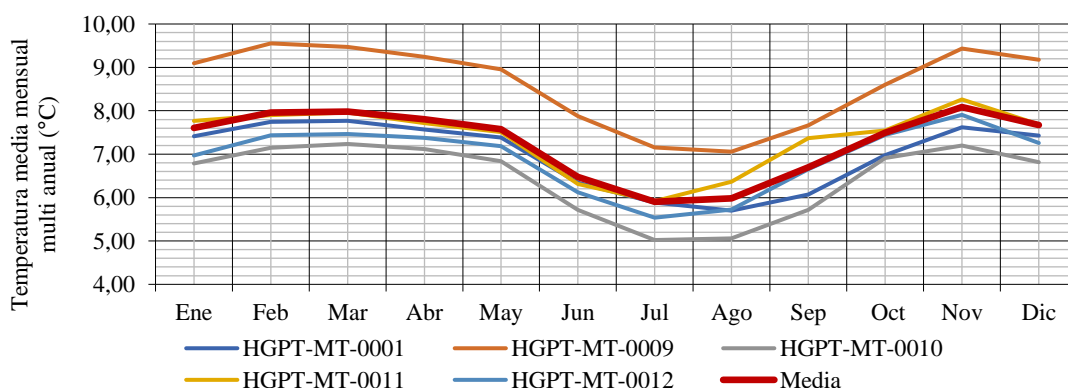
#### 4.7.2. Temperatura

La temperatura ambiental varía según la ubicación geográfica del área de interés de estudio. En las regiones andina y subandina, la variabilidad en el cambio diario de temperatura depende a la radiación solar, es decir la temperatura ambiental se empieza a incrementar poco después del amanecer, alcanzan su punto máximo de una a tres horas y descienden durante la noche para alcanzar un mínimo al amanecer (Duque et al., 2019).

En la tabla 15 se muestra la temperatura media mensual multianual mensual y anual para el periodo de registro en las estaciones que miden este parámetro, las cuales pertenecen al HGPT. Todas estas con un periodo de registro aceptable.

**Figura 21**

*Distribución de la temperatura en el tiempo*



**Nota:** Elaboración propia a partir del resultado obtenido en el procesamiento estadístico, de información de las estaciones meteorológicas del HGPT.

**Tabla 15.**

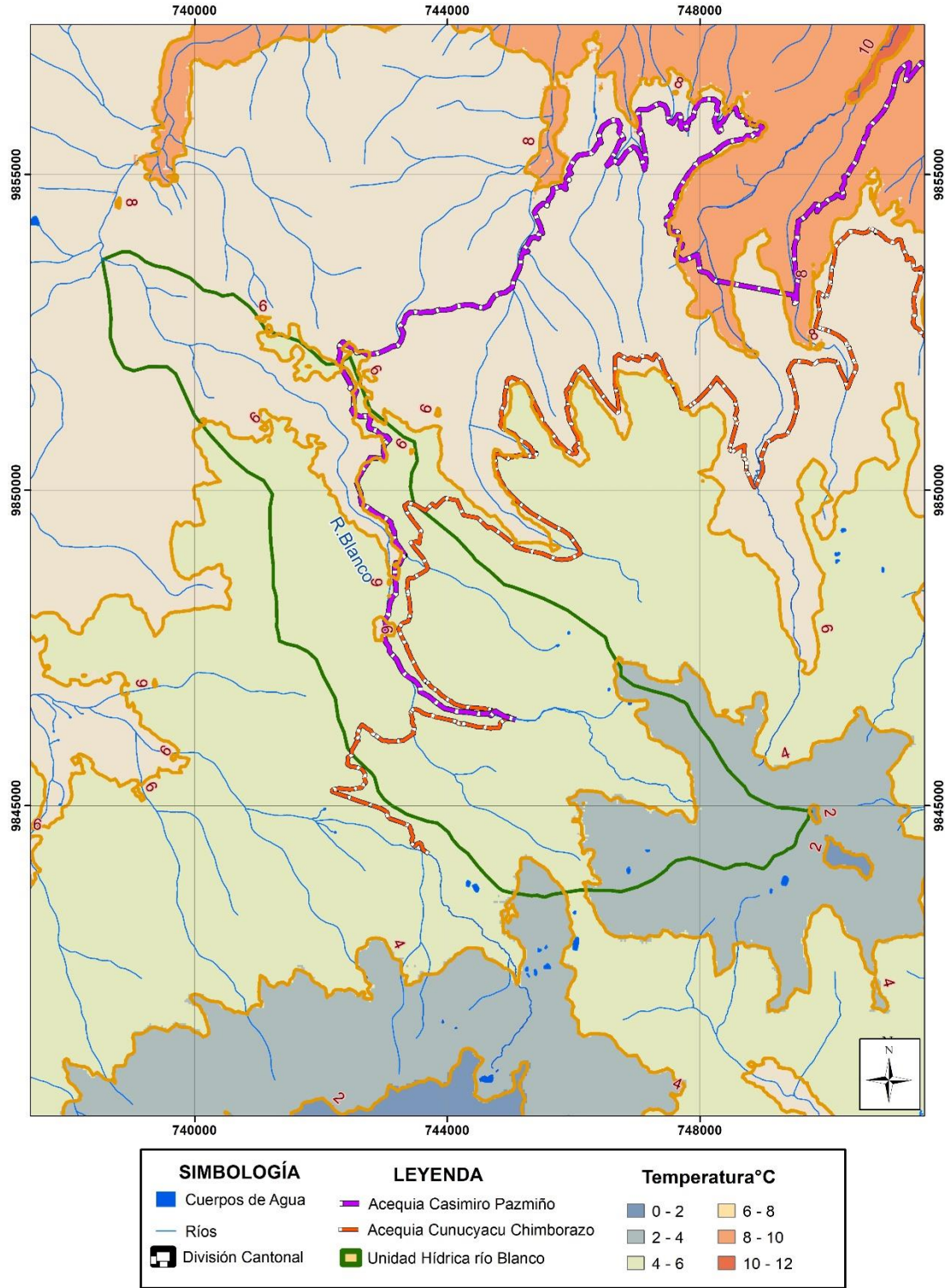
*Temperatura media mensual y multianual*

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Media Multi Anual</b>
HGPT-MT-0001	Chiquiurco	7,41	7,74	7,77	7,57	7,38	6,35	5,89	5,70	6,07	6,98	7,62	7,43	6,99
HGPT-MT-0009	Calamaca Convenio	9,09	9,55	9,48	9,25	8,96	7,88	7,16	7,06	7,66	8,60	9,44	9,18	8,61
HGPT-MT-0010	Mula Corral	6,79	7,15	7,24	7,12	6,84	5,72	5,02	5,06	5,72	6,91	7,20	6,82	6,46
HGPT-MT-0011	Quisapincha	7,77	7,90	7,96	7,72	7,51	6,31	5,92	6,36	7,37	7,55	8,26	7,69	7,36
HGPT-MT-0012	Pampas de Salasaca	6,97	7,43	7,47	7,37	7,19	6,12	5,54	5,72	6,65	7,45	7,91	7,26	6,92
	<b>Máximo</b>	9,09	9,55	9,48	9,25	8,96	7,88	7,16	7,06	7,66	8,60	9,44	9,18	8,61
	<b>Mínimo</b>	6,79	7,15	7,24	7,12	6,84	5,72	5,02	5,06	5,72	6,91	7,20	6,82	6,46
	<b>Media</b>	7,61	7,96	7,98	7,80	7,58	6,47	5,90	5,98	6,70	7,50	8,09	7,67	7,27

**Nota:** Elaboración propia a partir del resultado obtenido en el procesamiento estadístico, de información de las estaciones meteorológicas del HGPT.

**Figura 22.**

*Distribución de Isotermas en la unidad hídrica río Blanco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información calculada en la tabla 15.

Como se demuestra en la figura 21 la distribución de la temperatura en la unidad hídrica es muy similar, logrando determinar el promedio de temperatura de 7,27 °C en la unidad hídrica.

### 4.7.3. Humedad Relativa

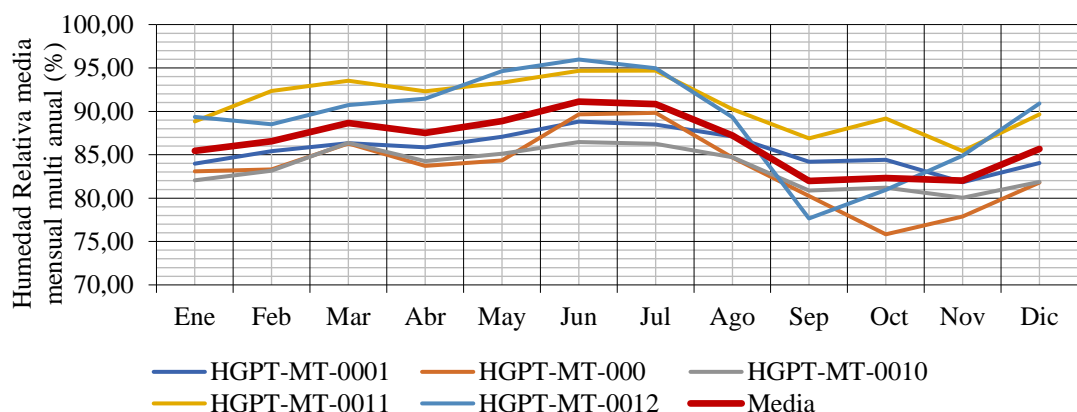
Para Duque et al. (2019), es el vapor de agua presente en el aire, el cual varía según la temperatura ambiental y la precipitación, es decir que a más temperatura aumenta la humedad y al disminuir la temperatura la humedad igualmente baja.

Es de interés práctico conocer cuánto vapor de agua existe expresado como porcentaje de la cantidad máxima que puede contener el aire saturado a una determinada temperatura, variable que se conoce como humedad relativa. La humedad relativa es un indicador del grado de saturación del aire, de la magnitud de la evaporación, transpiración y de la probabilidad de lluvia convectiva.

En la tabla 16 se muestra los valores de humedad relativa media mensual y multianual y en la figura 23 la distribución temporal, para estaciones meteorológicas que cuentan con registros mensuales para un periodo considerable

**Figura 23**

*Distribución de la humedad relativa en el tiempo*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento estadístico, de información de las estaciones meteorológicas del HGPT.

**Tabla 16.**

*Humedad relativa media mensual y multianual*

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Media Multi Anual</b>
HGPT-MT-0001	Chiquiurco	83,96	85,42	86,32	85,86	87,07	88,82	88,46	87,11	84,21	84,43	81,83	84,05	85,63
HGPT-MT-000	Calamaca Convenio	83,08	83,32	86,30	83,72	84,34	89,66	89,83	84,66	80,26	75,83	77,89	81,81	83,39
HGPT-MT-0010	Mula Corral	82,04	83,15	86,36	84,28	85,12	86,46	86,27	84,69	80,88	81,19	80,04	81,89	83,53
HGPT-MT-0011	Quisapincha	88,85	92,34	93,51	92,32	93,31	94,68	94,69	90,26	86,90	89,16	85,42	89,66	90,93
HGPT-MT-0012	Pampas de Salasaca	89,36	88,51	90,71	91,46	94,64	95,97	94,96	89,33	77,66	80,94	84,90	90,91	89,11
	<b>Máximo</b>	89,36	92,34	93,51	92,32	94,64	95,97	94,96	90,26	86,90	89,16	85,42	90,91	90,93
	<b>Mínimo</b>	82,04	83,15	86,30	83,72	84,34	86,46	86,27	84,66	77,66	75,83	77,89	81,81	83,39
	<b>Media</b>	85,46	86,55	88,64	87,53	88,90	91,12	90,84	87,21	81,98	82,31	82,02	85,66	86,52

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento estadístico, de información de las estaciones meteorológicas del HGPT.

#### 4.7.4. Viento

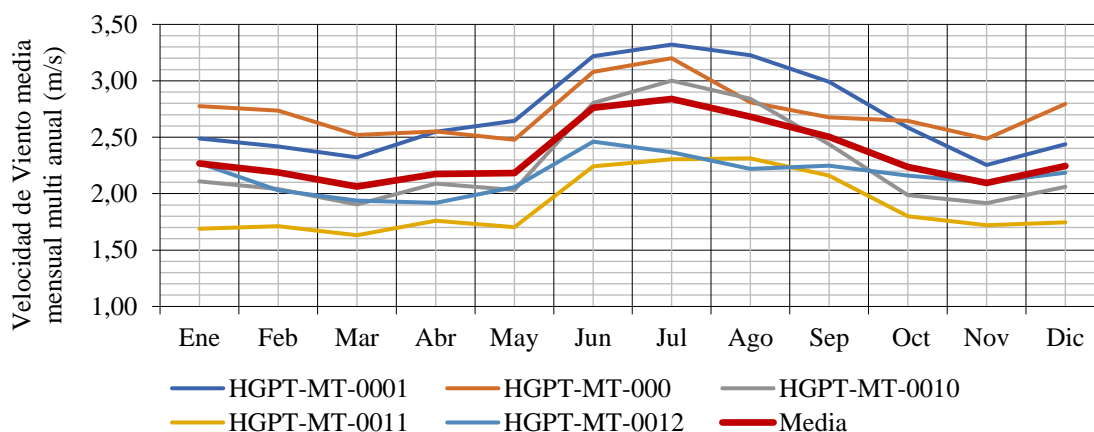
Para el Instituto de Hidrología Meteorología (IDEAM, 2019), el viento es el aire en movimiento sobre la superficie terrestre, el cual es causado por las diferencias de temperatura producto de un desigual calentamiento de las diversas zonas de la Tierra y de la atmósfera.

El viento afecta los procesos de evaporación, expresados en términos aerodinámicos de la ecuación de Penman: cuanto mayor es la fuerza del viento, mayor es la cantidad de evaporación.

Para calcular la evapotranspiración (ETP), es necesario conocer la velocidad, en la tabla 17 se muestran los valores de velocidad media del viento a nivel mensual multianual y anual en estaciones.

**Figura 24**

*Distribución de la velocidad de viento en el tiempo*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento estadístico, de información de las estaciones meteorológicas del HGPT.

En la figura 24 la distribución temporal, para estaciones meteorológicas que cuentan con registros mensuales para un periodo considerable

**Tabla 17.**

*Velocidad de viento media mensual y multianual*

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Media Multi Anual</b>
HGPT-MT-0001	Chiquiurco	2,49	2,42	2,32	2,55	2,65	3,22	3,32	3,23	2,99	2,59	2,25	2,44	2,70
HGPT-MT-000	Calamaca Convenio	2,78	2,74	2,52	2,55	2,48	3,08	3,20	2,81	2,68	2,65	2,49	2,79	2,73
HGPT-MT-0010	Mula Corral	2,11	2,04	1,90	2,09	2,03	2,80	3,00	2,84	2,44	1,99	1,91	2,06	2,27
HGPT-MT-0011	Quisapincha	1,69	1,71	1,63	1,76	1,70	2,24	2,30	2,31	2,16	1,80	1,72	1,75	1,90
HGPT-MT-0012	Pampas de Salasaca	2,27	2,03	1,94	1,92	2,06	2,46	2,37	2,22	2,25	2,16	2,10	2,19	2,16
	<b>Máxima</b>	2,78	2,74	2,52	2,55	2,65	3,22	3,32	3,23	2,99	2,65	2,49	2,79	2,73
	<b>Mínima</b>	1,69	1,71	1,63	1,76	1,70	2,24	2,30	2,22	2,16	1,80	1,72	1,75	1,90
	<b>Media</b>	2,27	2,19	2,06	2,17	2,18	2,76	2,84	2,68	2,50	2,24	2,09	2,25	2,35

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento estadístico, de información de las estaciones meteorológicas del HGPT.



#### **4.8.Determinación de caudales máximos**

Para la estimación de caudales máximos se utilizará el método racional, incluyendo el factor  $K_t$ :

$$Q = \frac{C * I * A * K_t}{3,6}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de precipitación (mm/hora).

A = Superficie de la unidad hídrica (km<sup>2</sup>).

$K_t$  = Coeficiente de uniformidad temporal

##### **4.8.1. Cálculo de intensidades de precipitación**

Para calcular los caudales máximos en la unidad hídrica río Blanco, se necesita establecer las intensidades de precipitación, por tal, se utilizará la información propuesta por INAMHI en su estudio “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación”, Actualización Del Estudio De Lluvias Intensas, QUITO – ECUADOR 2015 versión 2 (2019), para la determinación de caudales máximos para distintos periodos de retorno.

Considerando la ubicación, nuestra zona de estudio se localiza en la zona 62 (ver Figura 25) de acuerdo con el estudio de Intensidades máximas del INAMHI.

Siendo así la zona tiene relación con la estación M0258 Querochaca que se encuentra instalada en la Universidad Técnica de Ambato (UTA).

Las ecuaciones propuestas que consideran el rango de duración de las lluvias son las siguientes:

$$5 \text{ Min} < 286,1 \text{ Min} \quad I_{TR} = 101,9 * Id_{TR} * t^{-0,571} \quad R^2 = 0,9936$$

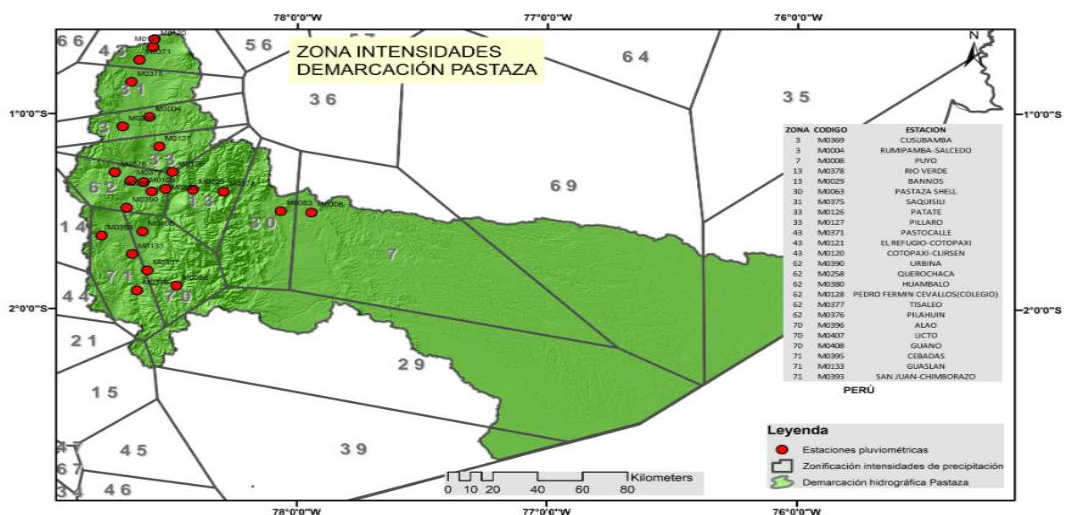
$$286,1 \text{ Min} < 1440 \text{ Min} \quad I_{TR} = 525,47 * Id_{TR} * t^{-0,861} \quad R^2 = 1$$

Donde:

Tr = periodo en años de retorno.

### Figura 25

Ubicación de la zona de estudio en la distribución de intensidades máximas del INAMHI.



**Nota:** Tomano de estudio de INAMHI (2015), “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación”, Actualización Del Estudio De Lluvias Intensas.

Para el cálculo de intensidades de precipitación se considera que la duración t es igual al tiempo de concentración Tc (tiempo en el cual tarda en recorrer una gota de agua desde la parte más alejada de la cuenca hasta el sitio de estudio) por ser el caso más desfavorable, este valor se determinó con la fórmula de KIRPICH y los resultados obtenidos se indican en la tabla 18.

La duración  $t$  se consideró igual al tiempo de concentración  $T_c$ , y se determinó con la fórmula de KIRPICH de 1997 en minutos

$$t = T_c$$

$$T_c = 0,0195 * \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración en horas.

$L$  = Longitud del cauce principal en Km.

$h$  = Desnivel en metros.

**Tabla 18.**

*Tiempo de concentración de la unidad hídrica río Blanco*

Longitud Cauce (km)	Desnivel (m)	Tc (horas)	Tc (minutos)
15,97	1265,51	1,49	89,19

**Nota:** Elaboración propia, a partir del resultado obtenido en el procesamiento cartográfico y aplicación de las fórmulas.

En la tabla 19 se detalla la intensidad de lluvia a partir de la fórmula de INMAHI considerado un tiempo de concentración de 2 horas.

**Tabla 19.**

*Intensidad de precipitación en la unidad hídrica río Blanco*

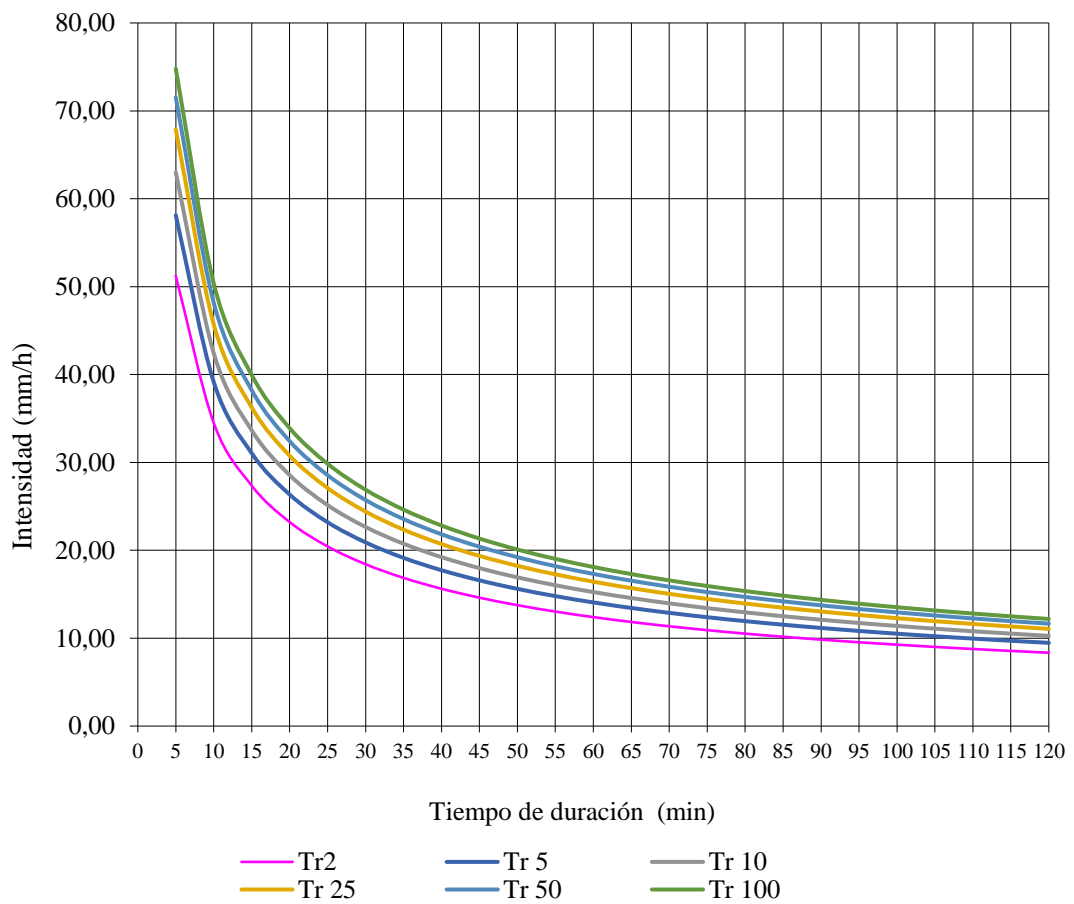
Años	Intensidades de lluvia INAMHI 2015 (mm/h)
2	9,83
5	11,16
10	12,1
25	13,03
50	13,73
100	14,36

**Nota:** Elaboración propia, a partir de aplicar la fórmula de intensidades de INAMHI.

A continuación, se presentan en la figura 26, las curvas IDF obtenidas para cada periodo de retorno, en la unidad hídrica río Blanco, las mismas fueron calculadas a partir de la fórmula de INAMHI para la estación meteorológica Querochaca M0258, de igual forma en la tabla 21 se detalla la intensidad de precipitación obtenidos con una duración de 120 minutos.

**Figura 26.**

*Curvas IDF para la unidad hídrica río Blanco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de aplicar la fórmula de intensidades de INAMHI, para distintos periodos de retorno.

**Tabla 20.**

*Valores de intensidad de precipitación para la zona 62 con una duración de 120 minutos*

Valores de Intensidad, Duración y Frecuencia calcula de precipitación máxima									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	1,26	1,43	1,55	1,67	1,76	1,84	3,68	9,2	18,4
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
5	51,22	58,13	63,01	67,89	71,54	74,80	149,59	373,98	747,96
10	34,48	39,13	42,41	45,70	48,16	50,35	100,70	251,75	503,49
15	27,35	31,04	33,65	36,25	38,21	39,94	79,89	199,72	399,43
20	23,21	26,34	28,55	30,76	32,42	33,89	67,79	169,46	338,93
25	20,43	23,19	25,14	27,08	28,54	29,84	59,68	149,19	298,38
30	18,41	20,90	22,65	24,40	25,72	26,89	53,78	134,44	268,88
35	16,86	19,14	20,74	22,35	23,55	24,62	49,24	123,11	246,22
40	15,62	17,73	19,22	20,71	21,82	22,81	45,63	114,07	228,15
45	14,61	16,58	17,97	19,36	20,40	21,33	42,66	106,65	213,31
50	13,75	15,61	16,92	18,23	19,21	20,09	40,17	100,43	200,85
55	13,03	14,78	16,02	17,26	18,19	19,02	38,04	95,11	190,22
60	12,39	14,07	15,25	16,43	17,31	18,10	36,20	90,50	181,00
65	11,84	13,44	14,57	15,69	16,54	17,29	34,58	86,45	172,91
70	11,35	12,88	13,96	15,04	15,85	16,57	33,15	82,87	165,75
75	10,91	12,38	13,42	14,46	15,24	15,93	31,87	79,67	159,34
80	10,52	11,94	12,94	13,94	14,69	15,36	30,72	76,79	153,58
85	10,16	11,53	12,50	13,46	14,19	14,84	29,67	74,18	148,35
<b>90</b>	<b>9,83</b>	<b>11,16</b>	<b>12,10</b>	<b>13,03</b>	<b>13,73</b>	<b>14,36</b>	<b>28,72</b>	<b>71,79</b>	<b>143,59</b>
95	9,53	10,82	11,73	12,64	13,32	13,92	27,84	69,61	139,22
100	9,26	10,51	11,39	12,27	12,93	13,52	27,04	67,60	135,20
105	9,00	10,22	11,08	11,93	12,58	13,15	26,30	65,75	131,49
110	8,77	9,95	10,79	11,62	12,25	12,80	25,61	64,02	128,04
115	8,55	9,70	10,52	11,33	11,94	12,48	24,97	62,42	124,83
120	8,34	9,47	10,26	11,06	11,65	12,18	24,37	60,92	121,84

**Nota:** Elaboración propia, a partir de aplicar la fórmula de intensidades de INAMHI, para distintos periodos de retorno.

Para la unidad hídrica río Blanco se considera los valores de intensidades de lluvia para un tiempo de concentración de 90 minutos, obteniendo los valores presentados en la tabla 20.

#### **4.8.2. Determinación del coeficiente de escorrentía**

El propósito de este coeficiente es determinar la cantidad de agua de lluvia que no es captada por el complejo suelo-vegetación cuando está en contacto con la superficie,

este coeficiente está relacionado directamente con el uso del suelo y cobertura vegetal (Sotomayor y Yabrudy, 2020).

Para estimar el coeficiente se utilizará el método racional, la cual se consigue mediante la media aritmética de la unidad hídrica, dependiendo de las propiedades o características de la superficie (Ordoñez y Escandón, 2018).

$$\overline{C_p} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Donde:

$\overline{C_p}$  = Coeficiente de escorrentía calculado.

$C_i$  = son los coeficientes de escorrentías establecidos.

$A_i$  = es subárea de cada tipo y uso de suelo.

$A$  = es el área total de la unidad hídrica

En la tabla 21, se establecen los valores a considerar para calcular o estimar el coeficiente.

**Tabla 21.**

*Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad*

<b>Tipo de Superficie</b>	<b>C</b>
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,90
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 a 0,9
Pavimentos de hormigón	0,80 a 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 a 0,8
Empedrados (juntas ordinarias)	0,40 a 0,50
Pavimentos de macadam	0,25 a 0,60
Superficies no pavimentadas	0,10 a 0,30
Parques y jardines	0,05 a 0,25

**Nota:** Tomado del Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEC]. (1992), código ecuatoriano de la construcción. (CEC): “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”.

**Tabla 22.**

*Coefficiente de escorrentía o impermeabilidad*

<b>Cobertura vegetal y Uso del suelo</b>	<b>Área</b>	<b>Valor C</b>	<b>C</b>
Área sin cobertura vegetal	0,94	0,50	0,4700
Páramo	27,49	0,01	0,2749
Plantación forestal	0,01	0,05	0,0005
Tierra agropecuaria	9,77	0,05	0,4885
<b>TOTAL</b>	<b>38,21</b>	<b>0,61</b>	<b>1,2339</b>

**Nota:** Elaboración propia, a partir de la tabla 5 y 21.

$$\bar{C}_p = \frac{1,2339}{38,21}$$

$$\bar{C}_p = 0,0323$$

Para determinar el valor del coeficiente K se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

$$K = 1 + \frac{1,49^{1,25}}{1,49^{1,25} + 14}$$

$$K = 1,105$$

En la tabla 24, se detallan los valores de caudales obtenidos para diferentes periodos de tiempo empleando la fórmula detallada en la sección 4.8.

**Tabla 23.**

*Caudales máximos para distintos periodos de retorno en la unidad hídrica río Blanco*

Años	Intensidades de lluvia INAMHI 2015 (mm/h)	Caudales (m <sup>3</sup> /s)
2	9,83	3,72
5	11,16	4,23
10	12,1	4,58
25	13,03	4,94
50	13,73	5,20
100	14,36	5,44

**Nota:** Elaboración propia, aplicando la fórmula de caudal y los resultados de las tablas 19 y 22.

Realizando un análisis de los resultados obtenidos, se pudo estimar que para un periodo de 100 años el caudal máximo que puede generar la unidad hídrica río Blanco es de 5,44 m<sup>3</sup>/s, mismo que corresponde desde el punto de inicio hasta la confluencia con el río Ambato.

#### **4.9. Modelo Hidrológico**

Para la elaboración del modelo hidrológico se ha utilizado el software HEC-HMS, el cual es un programa computacional del Cuerpo de Ingenieros del ejército de Estados Unidos y desarrollado por el Cuerpo de Ingeniería Hidrológica HEC-HMS está diseñado para la simulación del proceso de precipitación escurrimiento de unidad hídrica.

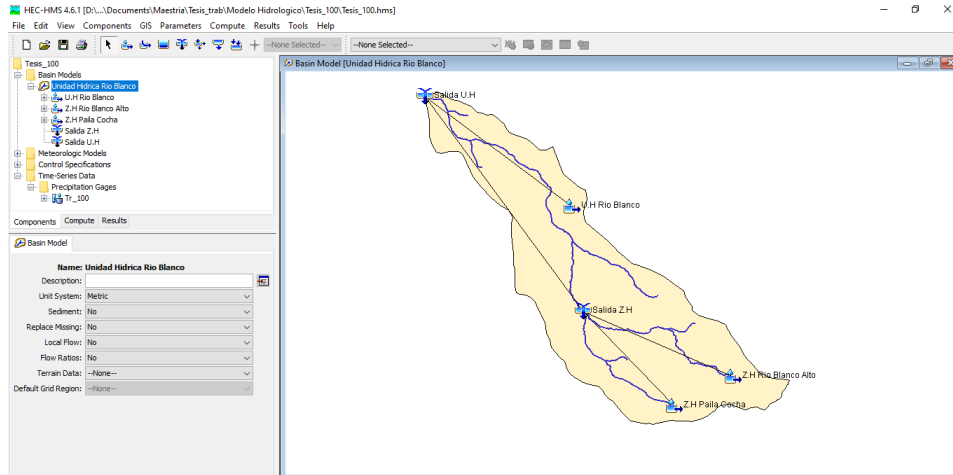
Para estimación de caudales máximos de la unidad hídrica río Blanco, se creó un modelo hidrológico en HEC-HMS, en la cual se estableció una sola salida del cauce en la unidad hídrica, el cual nos permite simplificar el comportamiento hidrológico.

El cual es de suma importancia para definir la conexión al modelo aguas abajo, donde el esquema final queda de la siguiente manera (ver figura 27).



**Figura 27**

*Esquema del modelo hídrico para la unidad hídrica río Blanco mediante el software HEC-HMS.*



**Nota:** Elaboración propia, a partir del modelamiento en software HEC-HMS.

Como se puede observar el aporte de la U.H de Río Blanco es de  $5,58 \text{ m}^3/\text{s}$  en el modelamiento, superando con los datos calculados para ese periodo en la tabla 20, que es de  $5,44 \text{ m}^3/\text{s}$

**Tabla 24.**

*Caudal de salida para un periodo de retorno de 100 años, en la unidad hídrica río Blanco mediante el software HEC-HMS*

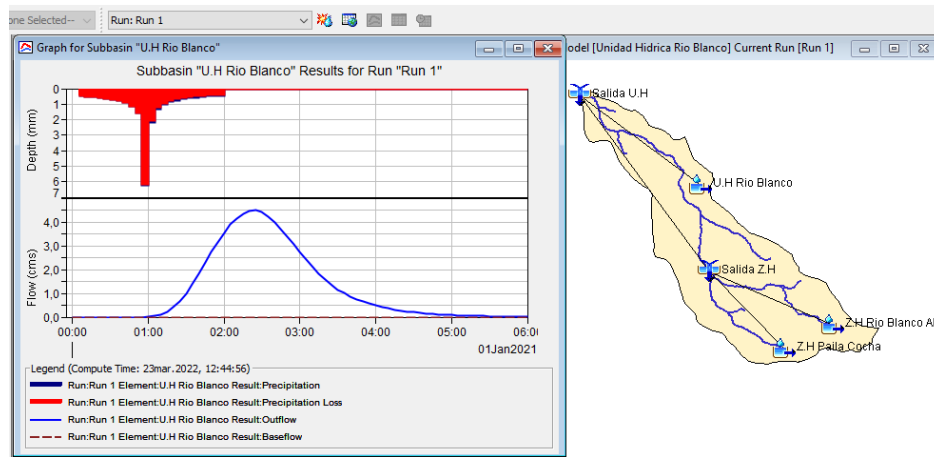
<b>Unidad Hídrica</b>	<b>Área de drenaje km<sup>2</sup></b>	<b>Caudal m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Volumen mm</b>
Unidad Hídrica río Blanco	24,09	4,49	1,02
Unidad Hídrica río Blanco Alto	7,67	0,95	0,43
Unidad Hídrica Cocha	6,45	0,85	0,47
Salida Unidad Hídrica	38,21	5,58	0,81

**Nota:** Resultados presentados en el software HEC-HMS.

Para el caso de la modelación hidrológica en la unidad hídrica río Blanco, se utilizaron todos los datos para los distintos periodos de retorno. En el caso de nuestra investigación es el de 100 años y es el que se indica en la tabla 24.

**Figura 28**

*Hidrograma de salida para un periodo de retorno de 100 años, en la unidad hídrica río Blanco mediante el software HEC-HMS*

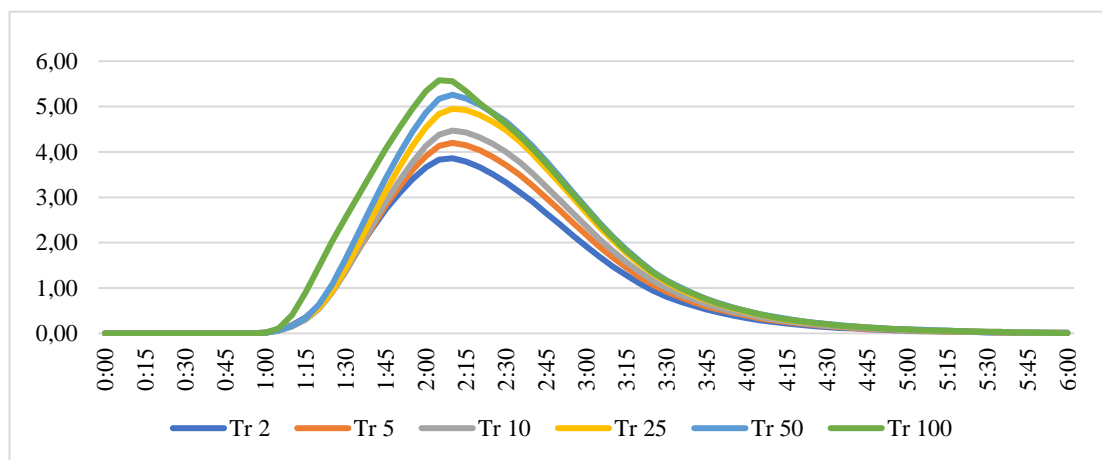


**Nota:** Elaboración propia, a partir del modelamiento en software HEC-HMS.

Para obtener los hidrogramas de salida para distintos periodos de retorno, se realizó la modelación utilizando los hietogramas generados para distintos periodos de retorno y se obtuvieron los siguientes resultados.

**Figura 29**

*Hidrogramas para distintos periodos de retorno en la unidad hídrica río Blanco*



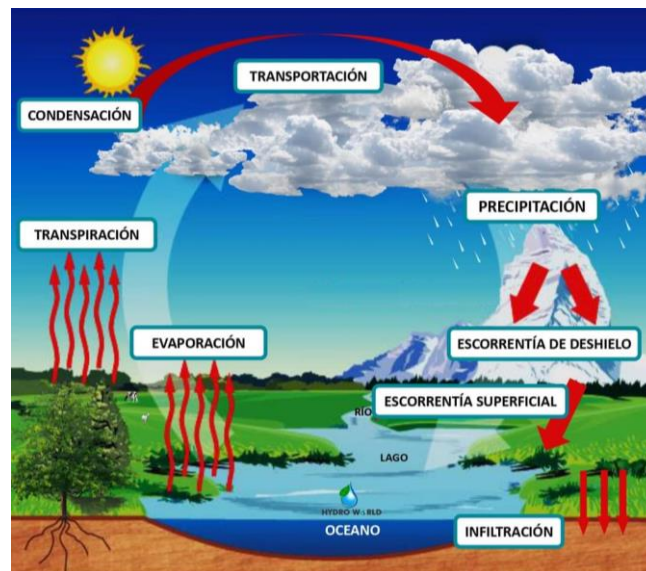
**Nota:** Elaboración propia, a partir del modelamiento en software HEC-HMS.

#### 4.10. Estimación del balance hídrico

Luna-Romero et al., 2018, el balance hídrico es una de las interacciones físicas que sucede en una unidad hídrica, se lo entiende como el equilibrio entre el ingreso de agua ya sea por precipitación, transferencia de aguas superficiales hacia otras unidades hídricas, salida por evapotranspiración, escorrentía superficial durante un tiempo determinado, deshielos entre otros, las entradas y salidas mencionadas se las pueden observar en la figura 31.

**Figura 30**

*Esquema de entradas y salidas de agua en una unidad hídrica.*



**Nota:** Modificado de la ciencia del agua En: USGS, [sitio web] USA. sec. wáter cycle. 2017 [Consultado 23, Marzo 2022] Disponible en: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

Bajo este principio de conservación de masa o ecuación de continuidad la ecuación queda definida de la siguiente manera:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$P = R + ET$$

Donde:

P = Precipitación media anual (mm/año).

R = Escorrentía media anual (mm/año).

ET = Evapotranspiración (mm/año)

#### 4.10.1. Variables meteorológicas para la obtención del Balance hídrico

En los capítulos anteriores ya se han obtenido los valores de precipitación, siendo así que el valor a calcular es el de evapotranspiración (ET), el método que se utilizará para el método de Thornthwaite, el cual es muy aplicado por su sencillez (Santos et al., 2018).

Según Bran et al. (2018), el método de Thornthwaite se encuentra en función de la temperatura y en la longitud del día, para el cálculo de la evapotranspiración (ET), es decir se ajusta por meses de 30 días y 12 horas, la cual debe corregirse en función de la latitud y el mes. La ecuación es la siguiente (Thornthwaite, 1955):

$$E_j = \left( \frac{10 * t_j}{I} \right)^a * 1,62$$

Donde:

$E_j$  = Evapotranspiración potencial mensual no ajustada (cm).

$t_j$  = Temperatura media mensual del mes  $j$  (°C).

I = Índice de calor

$$I = \sum_{t=1}^{12} i_j$$

$$i_j = \left(\frac{t_j}{5}\right)^{1,514}$$

Donde:

a = ecuación cúbica de la forma.

$$a = 0,675 * (10^{-6})(I^3) - 0,771 * (10^{-4})(I^2) + 1,792 * (10^{-2}) I + 0,492$$

Para conocer el valor de la evapotranspiración potencial corregida, la misma se multiplica por el factor de corrección k, la cual depende de la latitud y longitud del día, los valores para la región ecuatorial son:

**Tabla 25.**

*Factores de corrección de evapotranspiración  $E_j$ , dados para el método Thornthwaite para la zona ecuatorial.*

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ecuador	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04

**Nota:** Fuente: (Monsalve, 1995), Modificado del libro Hidrología en la Ingeniería

Donde:

$E_o$  = Evapotranspiración potencial mensual corregida (cm/mes).

$E_j$  = Evapotranspiración potencial mensual no ajustada (cm/mes).

k = Factor de corrección.

Aplicando el método de Thornthwaite descrito en la tabla 25, en el cual se determina los valores de precipitación mensual, temperatura, y de todos las variables o parámetros que se utilizan en el método y la evapotranspiración real; la cual fue adquirida de la aplicación de la ecuación de Budyko, cuyo cálculo se detalla en el capítulo 4.10.

**Tabla 26.**

*Método de Thornthwaite en la unidad hídrica río Blanco.*

Estación	Datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
HGPT-MT-0001	P (mm)	98,40	70,25	99,75	92,30	106,94	154,95	123,63	83,10	53,99	67,57	73,61	75,34
	T (°C)	7,41	7,74	7,77	7,57	7,38	6,35	5,89	5,70	6,07	6,98	7,62	7,43
	k	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
	ij	1,82	1,94	1,95	1,87	1,80	1,43	1,28	1,22	1,34	1,66	1,89	1,82
	I						20,02						
	a						0,83						
	Ej	4,77	4,95	4,96	4,85	4,75	4,20	3,94	3,84	4,05	4,54	4,88	4,78
	Eo	49,63	46,50	51,58	49,01	49,45	42,39	41,02	39,94	40,87	47,22	49,29	49,70
ET	38,98	34,01	40,28	38,02	39,59	37,09	34,91	31,71	28,66	33,98	35,93	36,39	
Estación	Datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
HGPT-MT-0009	P (mm)	61,80	39,28	78,38	70,41	74,53	78,89	65,66	43,95	31,50	46,21	56,08	55,28
	T (°C)	9,09	9,55	9,48	9,25	8,96	7,88	7,16	7,06	7,66	8,60	9,44	9,18
	k	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
	ij	2,47	2,67	2,63	2,54	2,42	1,99	1,72	1,69	1,91	2,27	2,62	2,51
	I						27,43						
	a						0,94						
	Ej	5,00	5,23	5,19	5,07	4,93	4,36	3,99	3,94	4,25	4,74	5,17	5,04
	Eo	51,95	49,18	53,99	51,24	51,22	44,08	41,47	40,94	42,95	49,30	52,24	52,41
ET	35,14	28,05	39,02	36,40	37,04	33,77	30,75	26,64	23,44	30,31	33,99	33,86	
Estación	Datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
HGPT-MT-0010	P (mm)	94,30	64,10	96,16	87,12	95,37	139,93	112,63	74,01	42,62	60,19	64,51	67,55
	T (°C)	6,79	7,15	7,24	7,12	6,84	5,72	5,02	5,06	5,72	6,91	7,20	6,82
	k	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
	ij	1,59	1,72	1,75	1,71	1,61	1,22	1,01	1,02	1,23	1,63	1,74	1,60
	I						17,81						
	a						0,79						
	Ej	4,66	4,86	4,91	4,84	4,69	4,07	3,68	3,70	4,07	4,73	4,89	4,68
	Eo	48,50	45,68	51,03	48,92	48,80	41,13	38,23	38,45	41,14	49,20	49,38	48,68
ET	37,92	32,67	39,60	37,43	38,20	35,64	32,42	29,99	26,39	33,61	34,50	34,69	
Estación	Datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
HGPT-MT-0011	P (mm)	90,76	71,37	97,49	92,34	88,94	100,19	79,20	58,39	40,85	67,71	80,05	76,85
	T (°C)	7,77	7,90	7,96	7,72	7,51	6,31	5,92	6,36	7,37	7,55	8,26	7,69
	k	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
	ij	1,95	2,00	2,02	1,93	1,85	1,42	1,29	1,44	1,80	1,86	2,14	1,92
	I						21,62						
	a						0,85						
	Ej	4,80	4,87	4,91	4,78	4,67	4,03	3,81	4,06	4,60	4,69	5,06	4,76
	Eo	49,96	45,82	51,02	48,26	48,57	40,68	39,65	42,18	46,42	48,76	51,14	49,53
ET	38,42	33,82	39,72	37,59	37,43	33,43	31,19	30,04	27,74	34,76	37,79	36,51	

Continua..

Estación	Datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
HGPT-MT-0012	P (mm)	107,04	86,01	123,54	120,18	104,25	136,69	117,06	70,46	54,74	73,89	74,86	78,65
	T (°C)	6,97	7,43	7,47	7,37	7,19	6,12	5,54	5,72	6,65	7,45	7,91	7,26
	k	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
	ij	1,65	1,82	1,84	1,80	1,73	1,36	1,17	1,23	1,54	1,83	2,00	1,76
	I						19,72						
	a						0,82						
	Ej	4,56	4,81	4,83	4,78	4,68	4,10	3,78	3,88	4,39	4,82	5,06	4,72
	Eo	47,47	45,24	50,24	48,28	48,67	41,45	39,30	40,38	44,38	50,12	51,13	49,07
ET	38,34	35,18	41,28	39,76	38,89	35,75	33,38	30,74	30,41	36,39	37,05	36,51	
Estación	Datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
HGPT-PV-0003	P (mm)	53,55	50,20	63,84	85,36	67,39	70,85	60,84	42,84	35,55	50,04	71,01	62,61
	T (°C)	7,61	7,96	7,98	7,80	7,58	6,47	5,90	5,98	6,70	7,50	8,09	7,67
	k	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
	ij	1,89	2,02	2,03	1,96	1,88	1,48	1,29	1,31	1,56	1,85	2,07	1,91
	I						21,24						
	a						0,84						
	Ej	4,76	4,94	4,95	4,86	4,74	4,15	3,84	3,88	4,27	4,70	5,01	4,79
	Eo	49,47	46,44	51,52	49,09	49,30	41,93	39,94	40,38	43,14	48,87	50,59	49,84
ET	32,29	30,30	35,35	37,33	34,96	31,65	29,28	26,15	24,99	31,20	36,18	34,37	
Estación	Datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
M0376	P (mm)	42,61	56,85	67,58	78,08	71,97	68,37	57,21	46,80	44,18	53,49	53,50	49,77
	T (°C)	7,61	7,96	7,98	7,80	7,58	6,47	5,90	5,98	6,70	7,50	8,09	7,67
	k	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
	ij	1,89	2,02	2,03	1,96	1,88	1,48	1,29	1,31	1,56	1,85	2,07	1,91
	I						21,24						
	a						0,84						
	Ej	4,76	4,94	4,95	4,86	4,74	4,15	3,84	3,88	4,27	4,70	5,01	4,79
	Eo	49,47	46,44	51,52	49,09	49,30	41,93	39,94	40,38	43,14	48,87	50,59	49,84
ET	29,27	31,74	36,05	36,44	35,69	31,35	28,75	27,05	27,54	32,04	32,72	31,49	
Estación	Datos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
M0377	P (mm)	42,08	56,07	70,82	82,51	74,71	81,60	59,96	46,40	49,01	56,18	54,77	43,74
	T (°C)	7,61	7,96	7,98	7,80	7,58	6,47	5,90	5,98	6,70	7,50	8,09	7,67
	k	1,04	0,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
	ij	1,89	2,02	2,03	1,96	1,88	1,48	1,29	1,31	1,56	1,85	2,07	1,91
	I						21,24						
	a						0,84						
	Ej	4,76	4,94	4,95	4,86	4,74	4,15	3,84	3,88	4,27	4,70	5,01	4,79
	Eo	49,47	46,44	51,52	49,09	49,30	41,93	39,94	40,38	43,14	48,87	50,59	49,84
ET	29,09	31,58	36,60	37,00	36,09	32,79	29,16	26,96	28,68	32,64	33,02	29,74	

**Nota:** Elaboración propia, aplicando el método de Thornthwaite.

Los datos de precipitación y temperatura, son valores medias mensuales anuales, es decir se obtuvo la media mensual de todos los años para cada estación, ya que el método utiliza valores mensuales.

#### 4.10.2. Estimación de la evapotranspiración real a través de la curva de Budyko

El enfoque establece la relación entre los factores del clima y el régimen hidrológico (Gnann et al., 2019) a través de la relación entre la precipitación media anual, la evapotranspiración media anual (Fu y Wangabc, 2019), la cual considerando que la precipitación es directamente proporcional a la escorrentía (Bai et al., 2020).

Igualando las ecuaciones de Dekop y Scheiber (Budyko, 1974), se produjo la siguiente fórmula:

$$\frac{E}{P} = \left(1 - \exp\left(-\frac{E_p}{P}\right)\right)$$

Donde:

E = Evapotranspiración real.

$E_p$  = Evapotranspiración potencial.

P = Precipitación.

Para obtener la evapotranspiración real, se combinaron el método de Thornthwaite y el Budyko, los resultados se detallan en la tabla 27

**Tabla 27.**

Evapotranspiración real método de Thornthwaite-Budyko.

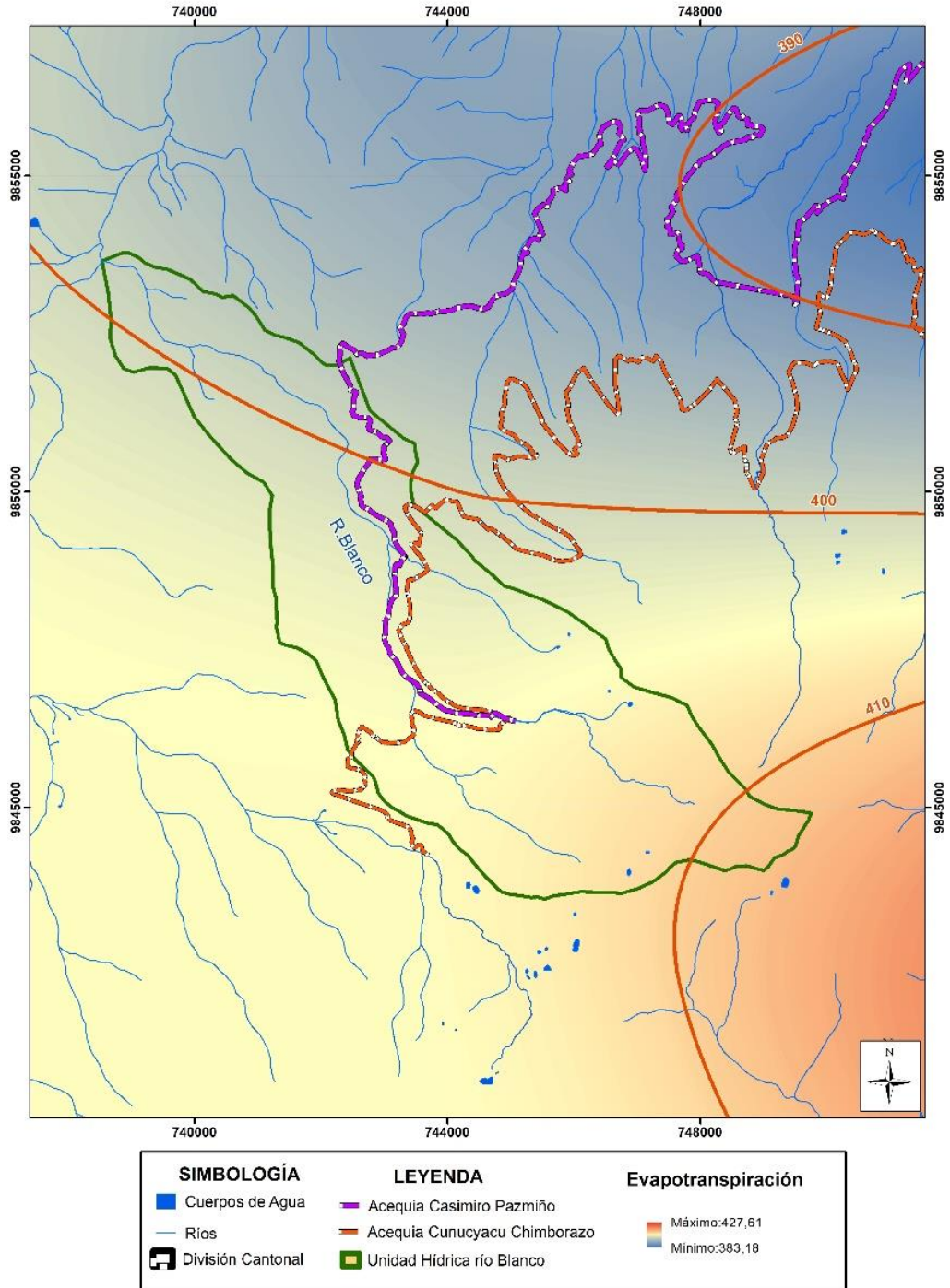
Código	Nombre	Eo (mm/año)	ET (mm/año)
HGPT-MT-0001	Chiquiurco	556,62	429,56
HGPT-MT-0009	Calamaca Convenio	580,98	388,41
HGPT-MT-0010	Mula Corral	549,13	413,05
HGPT-MT-0011	Quisapincha	562,02	418,44
HGPT-MT-0012	Pampas de Salasaca	555,74	433,68
HGPT-PV-0003	Pilahuin	560,51	384,05
M0376	Pilahuin	560,51	380,10
M0377	Tisaleo	560,51	383,37

**Nota:** Elaboración propia, aplicando el método de Thornthwaite y Budyko.



**Figura 31**

*Distribución de la evapotranspiración en la unidad hídrica río Blanco*



**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información calculada en la tabla 26.

**Tabla 28.**

*Distribución de la evapotranspiración en la unidad hídrica río Blanco.*

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Acumulada Anual</b>
HGPT-MT-0001	Chiquiurco	38,98	34,01	40,28	38,02	39,59	37,09	34,91	31,71	28,66	33,98	35,93	36,39	429,56
HGPT-MT-0009	Calamaca Convenio	35,14	28,05	39,02	36,40	37,04	33,77	30,75	26,64	23,44	30,31	33,99	33,86	388,41
HGPT-MT-0010	Mula Corral	37,92	32,67	39,60	37,43	38,20	35,64	32,42	29,99	26,39	33,61	34,50	34,69	413,05
HGPT-MT-0011	Quisapincha	38,42	33,82	39,72	37,59	37,43	33,43	31,19	30,04	27,74	34,76	37,79	36,51	418,44
HGPT-MT-0012	Pampas de Salasaca	38,34	35,18	41,28	39,76	38,89	35,75	33,38	30,74	30,41	36,39	37,05	36,51	433,68
HGPT-PV-0003	Pilahuin	32,29	30,30	35,35	37,33	34,96	31,65	29,28	26,15	24,99	31,20	36,18	34,37	384,05
M0376	Pilahuin	29,27	31,74	36,05	36,44	35,69	31,35	28,75	27,05	27,54	32,04	32,72	31,49	380,10
M0377	Tisaleo	29,09	31,58	36,60	37,00	36,09	32,79	29,16	26,96	28,68	32,64	33,02	29,74	383,37
	<b>Máxima</b>	<b>38,98</b>	<b>35,18</b>	<b>41,28</b>	<b>39,76</b>	<b>39,59</b>	<b>37,09</b>	<b>34,91</b>	<b>31,71</b>	<b>30,41</b>	<b>36,39</b>	<b>37,79</b>	<b>36,51</b>	<b>433,68</b>
	<b>Mínima</b>	<b>29,09</b>	<b>28,05</b>	<b>35,35</b>	<b>36,40</b>	<b>34,96</b>	<b>31,35</b>	<b>28,75</b>	<b>26,15</b>	<b>23,44</b>	<b>30,31</b>	<b>32,72</b>	<b>29,74</b>	<b>380,10</b>
	<b>Media</b>	<b>34,93</b>	<b>32,17</b>	<b>38,49</b>	<b>37,50</b>	<b>37,24</b>	<b>33,93</b>	<b>31,23</b>	<b>28,66</b>	<b>27,23</b>	<b>33,11</b>	<b>35,15</b>	<b>34,19</b>	<b>403,83</b>

**Nota:** Elaboración propia, a partir de los resultados obtenidos en la tabla 25.

**Tabla 29.**

Distribución de la evapotranspiración real

<b>Evapotranspiración Real Acumuladas Anual</b>			
<b>Unidad Hídrica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>
Río Blanco	397,52	412,06	404,12

**Nota:** Elaboración propia, a partir de la información calculada en la tabla 26, utilizando el método de Kriging

Al obtener una serie de datos meteorológicos a nivel anual, la infiltración puede ser descartada; utilizando la ecuación del capítulo 4.10, obtendremos la escorrentía para la unidad hídrica. En la tabla 30 se indica el balance realizado con toda la serie de datos existentes

**Tabla 30.**

*Ecuación de balance hídrico mediante datos anuales calculados.*

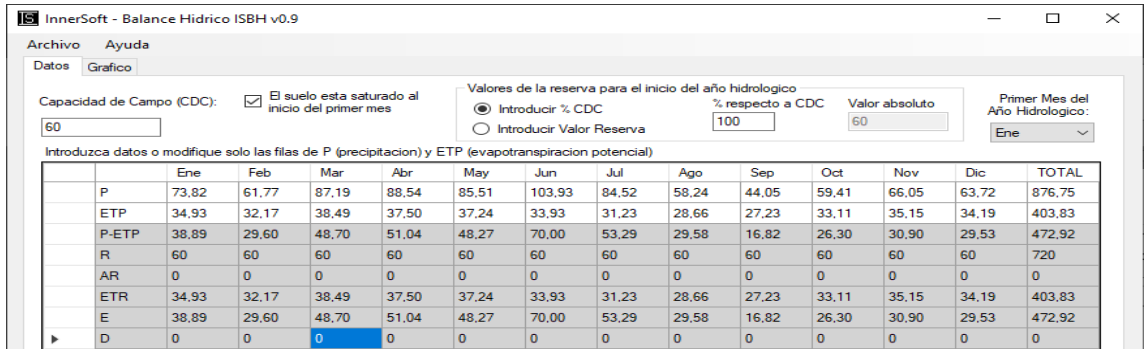
<b>Unidad Hídrica</b>	<b>Precipitación media anual</b>	<b>ET</b>	<b>Escorrentía</b>
	<b>mm / año</b>	<b>mm / año</b>	<b>mm / año</b>
Río Blanco	865,62	404,12	461,50

**Nota:** Elaboración propia, a partir de la interpolación en software Qgis

Para el cálculo del balance hídrico se consideró los valores obtenidos de la precipitación en la unidad hídrica de estudio, así como también los datos de ETo calculados a partir de las Tablas 12 y 29 respectivamente, datos que fueron ingresados software InnerSoft ISBH v0.8 – Balance Hídrico,

**Figura 32**

*Balance hídrico mediante los datos de las estaciones meteorológicas del HGPT - INAMHI*



**Nota:** Resultados presentados en el software InnerSoft.

Mediante el análisis de la figura 33, nos permite evidenciar que en la unidad hídrica río Blanco, existe un alto grado de escurrimiento, el cual puede ser aprovechado para ser almacenado mediante alguna infraestructura civil hidráulica.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

#### 5.1. Conclusiones

En el estudio hidrometeorológico de la unidad hídrica río Blanco, se puede notar que la información entregada por el Honorable Gobierno provincial de Tungurahua (HGPT) que su registro de datos son continuos, caso contrario fue la información proporcionada por Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en donde sus estaciones no mantenían una continuidad de registro en el periodo (1964 – 2015), y solo se tomaron en cuentas dos estaciones pluviométricas las cuales eran más estables.

Según los parámetros morfológicos en la unidad hídrica Río Blanco, se determinó que es de forma ovalada alargada de acuerdo a su coeficiente de capacidad, con relieve accidentado y cauces suaves; con un drenaje bajo, la cual establece una mediana tendencia a inundaciones acorde con los parámetros adquiridos en cuanto a forma y relieve.

La distribución hidrometeorológica en la unidad hídrica Río Blanco, presenta una temperatura media anual de 7,27 °C, con una humedad relativa del 86%, el cual determina una alta presencia de vapor de aire la cual se condensa sobre la superficie terrestre, además la precipitación en la zona de estudio durante todo el año tiene un valor de 75 mm/mes, y su evapotranspiración real tiene una media mensual de 45 mm/mes, se determina que su comportamiento hidrológico es estable y además corrobora que existe el recurso hídrico.

Los caudales máximos se establecieron en base a la fórmula para el cálculo de intensidades de precipitación proporcionada por INAMHI en el estudio “Determinación de ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación”, empleando los registros de precipitación de las estaciones meteorológicas, para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, donde se

determinó un caudal de 5,44 m<sup>3</sup>/s con una intensidad de precipitación 14,36 mm/hora para el periodo de 100 años.

El balance hídrico establece un alto grado de escurrimiento el cual puede ser aprovechado, de igual manera se observa que no existe déficit de recurso hídrico durante todo el año ya que la precipitación es superior a la evapotranspiración.

Realizando una comparación entre los valores obtenidos para distintos periodos de retorno por el cálculo de intensidades máximas y por el modelamiento hidrológico, se observa una variación mínima de caudales; validándose de este modo el modelo hidrológico utilizado.

Del análisis del balance hídrico, que corresponde a la obtención de la esorrentía, al tener valores positivos en la misma, se ha determinado que existe aporte en los caudales y disponibilidad hídrica.

Los resultados obtenidos para la estimación de caudales máximos son bastante aceptables, mediante la caracterización hidrometeorológica y el software HEC-HMS, los cuales se obtienen valores similares, siendo así que pueden ser utilizados en otras áreas de interés en las cuales no exista información de aforos, para estimar caudales de crecida.

## **5.2. Recomendaciones**

Los caudales máximos estimados pueden ser empleados, como línea base en donde las autoridades puedan desarrollar obras hidráulicas para su aprovechamiento y beneficio de la población, así como también para establecer lineamientos en el plan de ordenamiento, uso y gestión territorial.

Se debe considerar la reactivación de las estaciones meteorológicas e hidrológicas que pertenecen al Instituto Nacional de Meteorológica e Hidrológica (INAMHI), a nivel provincial, la cuál es de vital importancia; para obtener un mejor entendimiento de la característica hídrica provincial.

Se recomienda a las diferentes instituciones gubernamentales del país, que estén inmersas en el tema, a instalar estaciones meteorológicas e hidrológicas, ya que estas son de gran importancia para generar estudios sobre prevención de inundaciones y ordenamiento de tierras.

El balance hídrico elaborado, el cual no se tomó en cuenta la infiltración del suelo, puede generar cierta incertidumbre para el caso de estudio, en particular, el análisis de otras variables que afectan el balance hídrico, como el flujo de agua subterránea.

Para la comparación del caudal teórico y práctico, es necesario que en este último se realice un programa de aforos, y así lograr obtener un caudal real en la zona de estudio.

En base a la experiencia obtenida en esta investigación, recomiendo que se proceda de manera continua a la identificación de la infiltración observada en la unidad hídrica, pues de esta forma se podrá determinar con mayor precisión la presencia de aportes subterráneos.

### 5.3.Referencias bibliográficas

- Alcoz, S. (2018). Integración hidrometeorológica en la cuenca del Plata. *Boletín-Organización Meteorológica Mundial*, 67(1), 28-29. Obtenido de [https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/9561/1/BolIOMM-67\\_1%288%29.pdf](https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/9561/1/BolIOMM-67_1%288%29.pdf)
- Álvarez, A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*. Universidad de Lima, Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Carrera de Negocios Internacionales., Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10818>
- Atmowardoyo, H. (2018). Research Methods in TEFL Studies: Descriptive Research, Case Study, Error Analysis, and R & D. *Journal of Language Teaching and Research*, 9(1), 197-204. doi:<http://dx.doi.org/10.17507/jltr.0901.25>
- Bai, P., Liu, X., Zhang, D., & Liu, C. (2020). Estimation of the Budyko model parameter for small basins in China. *Hydrological Processes*, 34(1), 125-138. *Hydrological Processes*, 1, 125-138. doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.13577>
- Bertocco, T. (2020). *Caudais de ponta de cheia em bacias de drenagem de lameiros do Parque Natural de Montesinho: estimativas pelo método Soil Conservation Service (SCS) sob cenários de mudança global*. [Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Instituto Politécnico de Bragança e Universidade Tecnológica Federal do Paraná] Obtenido de <http://hdl.handle.net/10198/23483>
- Bran, T., Palmeyro, P., Torrero, M., y Viñes, S. (2018). Balance hídrico de la cuenca del arroyo Albuera, provincia de Buenos Aires. *XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica Buenos Aires, Argentina*. Obtenido de [https://www.ina.gob.ar/congreso\\_hidraulica/resumenes/LADHI\\_2018\\_RE\\_389.pdf](https://www.ina.gob.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_389.pdf)
- Brieva, A. (2018). *Caracterización de cuencas*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de <https://cutt.ly/eAYoh4l>



- Cajamarca-Rivadeneira, R., Wemple, B., & Delgado-Fernández, M. (2019). Estimation of the water balance of for a small tropical andean catchment. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 1, 56-69. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.05>
- Cárdenas, J. (2018). Investigación cuantitativa. doi:<http://dx.doi.org/10.17169/refubium-216>
- Cedano, M. (2020). *Determinación de regiones hidrológicamente homogéneas en la cuenca Chira mediante análisis clúster*. [Tesis de Ingeniería, Universidad de Piura]. doi:<https://hdl.handle.net/11042/4574>
- Chávez De La Lima, J., Olgún, J., Guevara, R., Mancilla, Ó., Palomera, C., & Cruz, G. (2022). Rainfall and temperature consistency, uniformity and distribution, Sierra de Amula region, Jalisco, Mexico. *Revista Geográfica de América Central*, 1(68), 353-378. doi:<https://doi.org/10.15359/rgac.68-1.13>
- Duque-Sarango, P., Patiño, D., & López, X. (2019). Evaluation of the Hydrological Modeling System HEC-HMS for the Hydrological Simulation of a Tropical Andean Micro-basin. *Información tecnológica*, 30(6). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600351>
- Esteban Nieto, N. (2018). Tipos de Investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán*, 01-04. doi:[repositorio.unisdg.edu.pe:USDG/34](https://repositorio.unisdg.edu.pe/USDG/34)
- Fu, J., & Wangabc, W. (2019). On the lower bound of Budyko curve: The influence of precipitation seasonality. *Journal of Hydrology*, 570, 292-303. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.062>
- Gamboa, M. (2018). Estadística aplicada a la investigación educativa. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*(2), 1-32. Obtenido de <https://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/427/443>
- Gaspari, F., Rodríguez, A., & Montealegre, F. (2019). *Manejo de cuencas hidrográficas : Herramientas de sistemas de información geográfica*. Argentina: Editorial Universidad de la Plata. doi:<https://doi.org/10.35537/10915/87641>

- Gnann, S., Woods, R., & Howden, N. (2019). Is there a baseflow Budyko curve? *Water Resources Research*, 55(4), 2838-2855. doi: <https://doi.org/10.1029/2018WR024464>
- González, D., Santana, C., Fábrega, J., Leiva, J., y Muñoz, M. (2021). Clasificación Pedológica en la Subcuenca del Río Zaratí para el Desarrollo de Buenas Prácticas de Conservación de los Suelos y Aguas. *Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología – APANAC*, 515-522. doi:<https://doi.org/10.33412/apanac.2021.3226>
- González, I., y Camila, S. (2021). Investigación documental sobre el cuerpo y la corporeidad en la escuela. *Revista Electrónica Educare*, 25(3), 567-582. doi:<http://dx.doi.org/10.15359/ree.25-3.31>
- Guevara, G., Verdesoto, A., y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. doi:[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Guevara, R., Olgún, J., Mancilla, Ó., y Barreto, Ó. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila, Jalisco-México. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*(24), 1-18. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7383248>
- Hämmerly, R. d., París, M., & Paz, A. (2019). Assessment of domain areas for precipitation and evapotranspiration on the left bank of the Paraná watershed at Argentine territory. I: Thiessen polygons and kriging. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe: Revista de xeoloxía galega e do hercínico peninsular*(41), 75-98. doi:<https://doi.org/10.17979/cadlaxe.2019.41.1.5818>
- Honorable Gobierno provincial de Tungurahua (2014). *Plan provincial de riego Tungurahua 2014 - 2019*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEC]. (1992), código ecuatoriano de la construcción. (CEC): Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición. Quito, Ecuador. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5-parte9-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9-1.pdf)

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (2017). *Anuario Meteorológico 2013*. Quito, Ecuador. Obtenido de [https://www.inamhi.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf)
- Jiménez, F., y Benegas, L. (2019). Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical. *Revista de Ciencias Ambientales*, 153-170. doi: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.53-1.9>
- Jiménez, J. U. (2019). Funciones de R para graficar, clasificar y explorar los datos de textura del suelo. [Universidad Tecnológica de Panamá]. Repositorio Institucional - Universidad Tecnológica de Panamá. Obtenido de: <https://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/9429>
- Josa, C., Ortiz, L., & Villacres, J. (2018). Aplicación de un modelo hidrometeorológico para la estimación de caudales de crecida. *Boletín Informativo CEI*, 5(1), 79-82. Obtenido de <http://editorial.umariana.edu.co/revistas/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/1571>
- Juárez-Hernández, L., & Tobó, S. (2018). Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación. *Revista espacios*, 39(53), 23. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.html>
- Lince, L., y Sadeghian, S. (2021). Taxonomía de suelos consideraciones para la zona cafetera de Colombia. *Boletín Técnico Cenicafé*, 45, 1-31. doi:<https://doi.org/10.38141/10782/045>
- López, D. V. (2021). Relación entre los cambios de la cobertura vegetal ocurridos en la región del Valle de San Nicolás y los casos de dengue en sus 9 municipios durante el periodo 2007-2019. [Tesis de Ingeniería, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional – Universidad de Antioquia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10495/18847>

- López-Calatayud, N., Márquez-Romance, A., & Guevara-Pérez, E. (2020). Spatio-temporal prediction of water balance in the Urama river basin, Venezuela. *Dyna*, 88(217), 58-67. doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v88n217.88222>
- Luna-Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Rodríguez, L., y Villaseñor, D. (2018). Distribución espacio-temporal de la precipitación en la cuenca del río Jubones, Ecuador: 1975-2013. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 63-70. doi:<https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>
- Méndez, A., Corral, S., Nájera, J., Cruz, F., y Pompa, M. (2021). Análisis morfométrico de la cuenca El Salto, Durango, México. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-11. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.641>
- Miranda, D., Chacha, M., & Costales, J. (2021). Morphometric Analysis of the Sub-basin of the Upano Para River Flood Analysis. *Knowledge: ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 1(2), 1024-1032. doi:<https://doi.org/10.18502/epoch.v1i2.9528>
- Monsalve Sáenz, G. (1995). *Hidrología en la Ingeniería* (2 ed.). Alfaomega. Recuperado el 24 de 03 de 2022, de [https://drive.google.com/file/d/1iuNHvkRkilgiNzIo4t\\_8yStftn-WXfLk/view](https://drive.google.com/file/d/1iuNHvkRkilgiNzIo4t_8yStftn-WXfLk/view)
- Moreira, A., Mirandola, P., Luiz, A., Salina, E., y Oliveira, I. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69-85. doi:<https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- Novillo, I., Carrillo, M., Cragua, J., Nabel, V., Albán, K., y Morales, F. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas. *Temas Agrarios*, 23(2), 177-187. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6587923>
- Oliviera, A. (2020). *Análise da relação entre urbanização e escoamento superficial direto através do Método Soil Conservation Service*. [Tesis de Ingeniería, Instituto Federal Paraíba]. Repositorio digital Instituto Federal Paraíba. Obtenido de <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1405>

- Ordóñez Serpa, P. F., y Escandón Sacoto, M. E. (2018). *Estudio para determinar el coeficiente C de escorrentía en la zona Sur del río Tomebamba*. [Tesis de Ingeniería, Universidad del Azuay]. Repositorio Institucional-Universidad del Azuay. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8315>
- Organización Meteorológica Mundial. (2017). *Guía del Sistema Mundial de Observación, OMM-N° 488* (3 ed.). Obtenido de [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=5440](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5440)
- Pironato, N., & da Silva, J. (2021). Drenagem Urbana-cálculos e estimativas através do Modelo Soil Conservation Service (SCS). *Brazilian Journal of Development*, 7(4), 33506-33514. doi:<https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-011>
- Ramos Galarza, C. (2020). Los Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1-6. doi:<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Sales, R. G. (2020). Methodological proposal to define management units for rural land-use for rural land-use. *INVI*, 35(98), 126-154. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582020000100126>
- Sánchez Flores, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13, 102-122. doi:<http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Santos, G., Faustino, J., Quezada, R., & Indekiu-Rivas, J. (2018). Determination of surface water balance in the soil, Atulapa river basin, Thorntwaite model developed in Python, Esquipulas, Chiquimula, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 5(1), 25-42. doi:<https://doi.org/10.36829/63CTS.v5i1.229>
- Sillero, J., Hueso, P., y Ruiz, J. (2019). La precipitación geomorfológica como elemento clave en el modelado del paisaje mediterráneo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 82(3), 1-40. doi:<https://doi.org/10.21138/bage.2780>
- Sotomayor Cuadrado, A. J., y Yabrudy Mercado, H. J. (2020). *Variación histórica del coeficiente de escorrentía en la microcuenca del Canal Ricaurte de la ciudad de Cartagena*. [Tesis de ingeniería, Universidad de Cartagena]. Repositorio

Institucional-Universidad de Cartegena. Obtenido de:  
<http://hdl.handle.net/11227/10315>

Torres, S., y Proaño, C. (2018). Componentes del balance hídrico en los páramos de Jatunsacha, Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 28(2), 52-66. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.04>

#### 5.4. Anexos

**ANEXO 1:** Tablas utilizadas para análisis de parámetros físico-geomorfológicos  
Índice de Gravelius para evaluación de la forma ( $k_c$ )

Rango	Descripción
1,00 - 1,25	Redonda a oval redonda
1,25 - 1,50	Oval redonda a oval alargada
1,50 - 1,75	Oval alargada a rectangula alargada

**Nota:** Tomado de Miranda et al., (2021) Morphometric Analysis of the Sub-basin of the Upano Para River Flood Analysis.

Índice de Gravelius para evaluación de una interpretación ambiental ( $k_c$ )

$k_c$	Interpretación Ambiental
1, 00 - 1,25	Alta tendencia a inundaciones
1,25 - 1,50	Mediana tendencia a inundaciones
1,50 - 1,70	Baja tendencia a inundaciones
> 1,70	Cuencas propensas a la conservación

**Nota:** Tomado de Miranda et al., (2021) Morphometric Analysis of the Sub-basin of the Upano Para River Flood Analysis.

Valores de interpretación del factor de forma ( $k_f$ )

Rango de valores	Forma de la unidad hídrica
< 0,22	Muy alargada
0,22 - 0,30	Alargada
0,3 - 0,37	Ligeramente alargada
0,37 - 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 - 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 - 0,80	Ensanchada
0,80 - 1,12	Muy ensanchada
> 1,20	Completamente redonda

**Nota:** Tomado de Miranda et al., (2021) Morphometric Analysis of the Sub-basin of the Upano Para River Flood Analysis.

Índice de forma para la evaluación de una interpretación ambiental ( $k_f$ )

$k_f$	Interpretación Ambiental
< 1	Baja susceptibilidad a las avenidas
1	Cuadrada
> 1	Tendencia a ocurrencia de avenida

**Nota:** Tomado de Miranda et al., (2021) Morphometric Analysis of the Sub-basin of the Upano Para River Flood Analysis.

Densidad de drenaje (Dd)

Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	Tipo
< 1	Bajo
1 - 2	Moderada
2 - 3	Alta
> 3	Muy alta

**Fuente:** Horton (1945), Strahler (1957), citado por Miranda et al., (2021)

Clasificación de la unidad hídrica, según la pendiente media.

Pendiente media de la unidad hídrica (Sg)	Clases
0,00 - 3,00	Plana
3,00 - 7,00	Suave
7,00 - 12,00	Mediana
12,00 - 20,00	Accidentada
20,00 - 35,00	Fuerte
35,00 - 50,00	Muy Fuerte
50,00 - 75,00	Escarpada
> 75,00	Muy escarpada

**Fuente:** Horton (1945), Strahler (1957), citado por Miranda et al., (2021)

Pangos de la pendiente media del cauce principal.

Pendiente media de la unidad hídrica (%)	Clases
1,00 a 5,00	Suave
6,00 a 11,00	Moderado
12,00 a 17,00	Fuerte

**Fuente:** Horton (1945), Strahler (1957), citado por Miranda et al., (2021)

**ANEXO 2: Datos meteorológicos del Honorable Gobierno Provincial de  
Tungurahua**

**Estación Chiquiurco**

**Temperatura Media Mensual**

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		7,44	8,05	8,00	7,70	6,40	5,31	5,79	6,01	7,05	7,24	7,19
2014	7,43	7,61	7,42	7,38	7,39	6,17	6,24	5,10	5,99	6,79	7,50	7,03
2015	6,80	7,50	7,51	7,16	7,22	5,92	6,18	5,98	6,43	7,24	7,68	7,27
2016	8,55	8,19	8,38	8,31	7,58	5,95	5,62	6,03	6,25	8,31	9,12	8,91
2017	8,70	8,49	8,29	8,08	7,87	7,66	7,45	6,59	6,25	6,76	7,19	6,98
2018	6,18	7,37	7,01	6,61	6,96	5,95	5,32	5,21	5,91	7,34	7,83	6,63
2019	6,98	7,79	7,68	7,54	6,99	6,26	5,30	4,80	5,95	6,41	7,56	7,45
2020	7,26	7,57	7,81	7,44	7,34	6,46	5,67	6,09	5,78	5,94	6,83	7,95
<b>Media</b>	<b>7,41</b>	<b>7,74</b>	<b>7,77</b>	<b>7,57</b>	<b>7,38</b>	<b>6,35</b>	<b>5,89</b>	<b>5,70</b>	<b>6,07</b>	<b>6,98</b>	<b>7,62</b>	<b>7,43</b>

**Humedad Relativa Media Mensual**

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		92,84	90,30	85,48	86,51	87,67	89,66	87,68	85,04	84,26	78,65	83,81
2014	85,47	84,58	87,20	87,33	87,57	90,44	87,08	88,09	84,13	85,60	83,00	83,83
2015	89,45	84,61	87,63	87,91	87,75	91,52	88,52	88,33	82,23	85,72	82,66	86,19
2016	80,49	87,80	88,41	86,73	87,25	91,12	89,81	84,87	83,86	79,55	74,92	76,05
2017	77,20	78,30	79,39	80,53	81,66	82,79	83,92	85,89	84,48	84,37	82,67	83,98
2018	81,74	81,99	86,40	84,39	88,24	89,54	89,59	88,51	82,04	80,17	86,31	87,43
2019	86,94	87,58	87,10	87,06	87,60	90,97	89,99	89,76	85,56	86,90	85,72	87,32
2020	86,42	85,64	84,16	87,43	89,94	86,52	89,14	83,75	86,31	88,84	80,72	83,78
<b>Media</b>	<b>83,96</b>	<b>85,42</b>	<b>86,32</b>	<b>85,86</b>	<b>87,07</b>	<b>88,82</b>	<b>88,46</b>	<b>87,11</b>	<b>84,21</b>	<b>84,43</b>	<b>81,83</b>	<b>84,05</b>

**Velocidad de Viento Media Mensual**

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		2,59	2,38	2,77	2,44	3,15	3,65	3,17	3,18	2,55	2,28	2,48
2014	2,22	2,27	2,28	2,61	2,37	3,41	3,03	3,33	2,91	2,71	2,22	2,48
2015	2,61	2,45	2,30	2,79	2,88	3,84	3,39	3,34	3,26	2,68	2,35	2,88
2016	2,37	2,70	2,48	2,54	3,01	3,38	3,38	3,03	2,79	2,44	2,48	2,16
2017	2,20	2,24	1,93	2,48	2,47	2,71	3,84	3,05	2,98	2,67	2,29	2,33
2018	2,56	2,27	2,49	2,37	2,47	3,21	3,28	3,26	2,95	2,33	1,89	2,72
2019	2,78	2,34	2,26	2,30	2,76	3,30	3,33	3,70	2,86	2,38	2,21	2,31
2020	2,68	2,48	2,46	2,53	2,76	2,74	2,67	2,94	3,00	2,92	2,31	2,15
<b>Media</b>	<b>2,49</b>	<b>2,42</b>	<b>2,32</b>	<b>2,55</b>	<b>2,65</b>	<b>3,22</b>	<b>3,32</b>	<b>3,23</b>	<b>2,99</b>	<b>2,59</b>	<b>2,25</b>	<b>2,44</b>



## Precipitación Acumulada Mensual

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2013			80,00	61,70	87,20	83,00	148,80	76,60	55,40	74,00	24,70	35,20
2014	98,80	43,40	149,80	78,10	113,20	167,10	84,50	121,80	53,20	71,20	84,30	71,40
2015	107,50	64,20	99,30	86,50	87,20	211,60	199,60	77,00	34,30	85,30	63,50	49,60
2016	46,80	90,70	104,60	162,90	86,10	232,70	74,80	53,30	74,90	44,50	49,60	43,90
2017	112,40	138,80	165,20	95,10	70,50	84,20	144,80	50,90	40,30	96,50	90,00	104,20
2018	83,00	60,50	48,90	115,30	149,60	131,70	97,00	110,80	51,60	20,00	116,50	74,90
2019	117,90	71,80	97,20	57,50	119,50	198,00	116,40	115,20	43,00	90,00	65,20	113,40
2020	122,40	90,90	53,00	81,30	142,20	131,30	123,10	59,20	79,20	59,10	95,10	110,10
<b>Media</b>	<b>98,40</b>	<b>70,25</b>	<b>99,75</b>	<b>92,30</b>	<b>106,94</b>	<b>154,95</b>	<b>123,63</b>	<b>83,10</b>	<b>53,99</b>	<b>67,57</b>	<b>73,61</b>	<b>75,34</b>

## Estación Calamaca

### Temperatura Media Mensual

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2013		9,75	9,71	9,41	9,18	8,02	6,96	7,44	7,75	8,80	9,44	9,15
2014	9,17	9,45	9,11	8,79	8,87	7,65	6,74	4,42	4,79	5,51	7,48	8,96
2015	8,45	9,31	9,26	8,72	8,68	7,52	7,68	7,70	8,23	9,01	9,57	9,04
2016	10,61	9,81	10,02	9,97	9,25	7,56	7,30	7,83	8,08	9,56	10,09	9,50
2017	8,84	9,24	9,04	9,14	8,91	8,49	6,70	7,71	8,23	8,80	9,40	9,07
2018	8,18	9,44	8,98	8,61	8,68	7,67	7,19	7,02	7,89	9,58	9,87	8,51
2019	8,96	9,48	9,58	9,36	8,78	8,02	7,15	6,75	7,99	8,31	9,54	9,44
2020	9,45	9,94	10,10	9,96	9,31	8,09	7,53	7,59	8,33	9,24	10,12	9,77
<b>Media</b>	<b>9,09</b>	<b>9,55</b>	<b>9,48</b>	<b>9,25</b>	<b>8,96</b>	<b>7,88</b>	<b>7,16</b>	<b>7,06</b>	<b>7,66</b>	<b>8,60</b>	<b>9,44</b>	<b>9,18</b>

### Humedad Relativa Media Mensual

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2013			87,14	83,27	84,09	85,48	87,27	85,02	81,42	80,23	70,12	78,31
2014	82,28	79,28	83,61	86,40	86,39	89,77	82,44	64,94	62,31	62,46	68,29	79,11
2015	86,64	80,43	83,73	86,29	85,77	89,89	88,23	86,62	79,13	83,11	79,24	84,38
2016	74,39	85,90	87,49	85,77	85,61	91,23	89,33	83,12	82,27	76,74	71,41	74,96
2017	82,09	81,06	87,32	88,52	89,22	86,40	89,28	85,97	83,92	82,73	78,25	81,38
2018	78,88	77,51	84,51	63,91	90,74	93,43	92,95	92,07	75,66	74,04	90,72	90,95
2019	89,30	92,37	88,62	87,56	72,20	91,90	96,33	91,06	90,25	70,63	83,98	83,12
2020	87,97	86,72	87,97	88,04	80,71	89,15	92,81	88,51	87,08	76,68	81,12	82,25
<b>Media</b>	<b>83,08</b>	<b>83,32</b>	<b>86,30</b>	<b>83,72</b>	<b>84,34</b>	<b>89,66</b>	<b>89,83</b>	<b>84,66</b>	<b>80,26</b>	<b>75,83</b>	<b>77,89</b>	<b>81,81</b>

## Velocidad de Viento Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013			2,49	2,58	2,38	2,80	3,45	2,94	3,04	2,77	2,51	2,82
2014	2,61	2,66	2,48	2,53	2,22	3,20	3,02	2,24	2,14	1,89	2,07	2,55
2015	3,02	2,78	2,64	2,78	2,86	3,98	3,20	2,97	2,94	2,83	2,51	3,12
2016	2,54	2,99	2,62	2,43	2,68	3,19	3,04	2,54	2,54	2,70	2,48	2,35
2017	2,21	2,26	1,97	2,43	2,18	2,23	3,44	2,54	2,58	2,53	2,30	2,71
2018	3,04	2,91	2,91	2,72	2,49	3,21	3,01	3,20	2,90	3,17	2,65	3,36
2019	3,38	2,93	2,75	2,50	2,58	3,31	3,20	3,50	2,71	2,66	2,98	2,92
2020	2,63	2,63	2,29	2,43	2,43	2,71	3,24	2,54	2,56	2,62	2,39	2,53
<b>Media</b>	<b>2,78</b>	<b>2,74</b>	<b>2,52</b>	<b>2,55</b>	<b>2,48</b>	<b>3,08</b>	<b>3,20</b>	<b>2,81</b>	<b>2,68</b>	<b>2,65</b>	<b>2,49</b>	<b>2,79</b>

## Precipitación Acumulada Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013				50,30	70,40	44,30	64,90	39,80	25,30	49,10	7,00	20,70
2014	65,80	17,00	109,00	57,20	77,50	94,70	78,07	62,02	33,99	49,31	48,33	33,10
2015	56,70	33,70	58,60	66,90	63,25	83,30	100,50	33,80	22,60	53,30	51,00	33,20
2016	41,50	62,00	72,30	116,80	54,40	100,10	36,50	24,30	59,30	26,90	51,70	34,70
2017	85,70	55,00	136,30	61,40	71,60	67,30	59,80	41,00	26,40	51,30	61,30	98,20
2018	52,10	31,00	32,60	88,20	107,60	70,90	46,10	58,90	31,10	9,00	117,40	58,20
2019	59,60	31,90	42,40	57,30	84,10	97,20	59,30	54,30	28,80	78,50	55,80	98,40
2020	71,19	44,35	97,45	65,15	67,40	73,30	80,10	37,50	24,50	52,30	56,10	65,70
<b>Media</b>	<b>61,80</b>	<b>39,28</b>	<b>78,38</b>	<b>70,41</b>	<b>74,53</b>	<b>78,89</b>	<b>65,66</b>	<b>43,95</b>	<b>31,50</b>	<b>46,21</b>	<b>56,08</b>	<b>55,28</b>

## Estación Mula Corral

### Temperatura Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		6,83	7,42	7,45	6,97	5,74	4,66	5,15	5,42	6,45	6,71	6,65
2014	6,90	7,08	6,84	6,71	6,71	5,55	5,32	4,45	5,38	6,16	6,95	6,52
2015	6,24	6,92	6,97	6,49	6,59	5,27	5,55	5,36	5,94	6,67	7,16	6,80
2016	8,22	7,74	7,83	7,78	7,05	5,33	4,97	5,51	5,74	8,71	7,38	6,92
2017	6,37	6,76	6,73	7,07	6,82	6,41	4,61	5,47	5,94	6,52	7,10	6,84
2018	5,99	7,22	6,80	6,37	6,69	5,57	4,96	4,86	5,71	7,27	7,60	6,34
2019	6,71	7,54	7,47	7,31	6,72	5,94	4,98	4,40	5,73	6,14	7,33	7,27
2020	7,07	7,10	7,82	7,76	7,16	5,92	5,12	5,27	5,88	7,35	7,39	7,20
<b>Media</b>	<b>6,79</b>	<b>7,15</b>	<b>7,24</b>	<b>7,12</b>	<b>6,84</b>	<b>5,72</b>	<b>5,02</b>	<b>5,06</b>	<b>5,72</b>	<b>6,91</b>	<b>7,20</b>	<b>6,82</b>

## Humedad Relativa Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		92,10	90,60	84,80	86,70	86,60	88,30	86,70	83,70	84,00	78,70	83,40
2014	84,80	84,20	87,30	86,40	86,90	88,40	87,30	86,90	83,10	85,30	83,00	82,50
2015	87,70	83,90	86,70	86,60	86,20	89,60	86,30	86,20	79,30	84,00	81,50	83,20
2016	79,50	85,10	86,40	84,90	84,90	88,50	87,30	82,00	81,10	75,00	74,80	78,80
2017	81,70	81,90	85,80	83,90	83,50	81,90	84,10	81,70	80,10	80,90	78,50	79,70
2018	76,20	78,40	82,30	80,10	84,40	85,40	85,10	84,10	76,90	74,80	83,50	83,00
2019	82,80	83,40	83,40	83,00	83,10	86,90	85,40	85,60	80,80	82,90	81,60	82,80
2020	81,60	76,20	88,35	84,50	85,25	84,40	86,35	84,35	82,05	82,60	78,75	81,70
<b>Media</b>	<b>82,04</b>	<b>83,15</b>	<b>86,36</b>	<b>84,28</b>	<b>85,12</b>	<b>86,46</b>	<b>86,27</b>	<b>84,69</b>	<b>80,88</b>	<b>81,19</b>	<b>80,04</b>	<b>81,89</b>

## Velocidad de Viento Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		2,14	1,91	2,01	1,86	2,70	3,22	2,69	2,59	2,08	2,07	2,07
2014	1,94	1,81	2,01	2,06	1,90	3,06	2,66	2,90	2,35	2,19	1,88	2,03
2015	2,27	2,15	2,05	2,38	2,32	3,58	3,03	3,04	2,72	2,20	1,86	2,34
2016	1,80	2,31	2,14	2,14	2,48	3,09	3,05	2,56	2,31	1,62	2,13	1,76
2017	1,97	2,09	1,58	2,04	1,99	2,14	3,32	2,51	2,39	2,18	1,86	1,94
2018	2,12	1,88	1,96	2,04	1,93	2,80	2,74	2,82	2,35	1,91	1,68	2,36
2019	2,37	2,01	1,72	1,77	2,16	2,95	2,95	3,41	2,27	1,80	1,84	1,93
2020	2,30	1,94	1,86	2,26	1,61	2,11	3,04	2,80	2,51	1,91	2,00	2,05
<b>Media</b>	<b>2,11</b>	<b>2,04</b>	<b>1,90</b>	<b>2,09</b>	<b>2,03</b>	<b>2,80</b>	<b>3,00</b>	<b>2,84</b>	<b>2,44</b>	<b>1,99</b>	<b>1,91</b>	<b>2,06</b>

## Precipitación Acumulada Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013			78,10	56,50	88,10	67,40	123,00	63,20	45,10	61,70	22,20	38,20
2014	86,00	38,80	116,00	69,90	114,00	139,00	114,00	91,10	53,80	55,00	72,90	67,40
2015	117,00	64,00	103,00	84,70	75,60	181,00	160,00	65,70	27,90	67,40	60,40	41,70
2016	58,50	80,50	80,00	152,00	75,20	207,00	63,90	45,60	63,10	29,50	40,60	57,30
2017	121,00	64,80	143,00	101,00	67,30	77,00	124,00	53,30	31,00	96,00	74,50	104,00
2018	69,60	43,60	53,00	108,00	141,00	118,00	75,10	95,40	36,60	18,10	123,00	75,20
2019	101,00	67,20	86,70	47,60	107,00	170,00	104,00	98,90	42,70	92,60	56,00	102,00
2020	107	89,8	109,5	77,3	94,8	160	137	78,9	40,8	61,2	66,5	54,6
<b>Media</b>	<b>94,30</b>	<b>64,10</b>	<b>96,16</b>	<b>87,12</b>	<b>95,37</b>	<b>139,93</b>	<b>112,63</b>	<b>74,01</b>	<b>42,62</b>	<b>60,19</b>	<b>64,51</b>	<b>67,55</b>

## Estación Quisapincha

### Temperatura Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		6,81	7,64	7,62	7,57	6,38	5,25	8,03	10,20	7,33	8,15	7,60
2014	7,57	8,42	8,38	7,44	7,49	5,95	7,49	7,33	8,19	6,86	7,51	7,80
2015	6,91	7,86	7,72	7,19	7,28	5,98	6,23	6,07	6,79	7,52	8,24	7,47
2016	9,46	8,25	8,49	8,49	7,76	6,05	5,61	6,14	6,62	8,09	8,72	8,05
2017	7,47	7,66	7,62	7,64	7,50	7,10	5,37	6,23	6,66	7,47	8,32	7,82
2018	7,03	8,14	7,50	7,30	7,26	6,07	5,65	5,47	6,51	8,33	8,52	6,98
2019	7,50	7,93	8,16	8,12	7,52	6,48	5,65	5,14	6,52	6,95	8,13	7,91
2020	8,42	8,13	8,16	7,94	7,71	6,48	6,09	6,50	7,48	7,82	8,50	7,87
<b>Media</b>	<b>7,77</b>	<b>7,90</b>	<b>7,96</b>	<b>7,72</b>	<b>7,51</b>	<b>6,31</b>	<b>5,92</b>	<b>6,36</b>	<b>7,37</b>	<b>7,55</b>	<b>8,26</b>	<b>7,69</b>

### Humedad Relativa Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		97,30	93,30	88,00	91,50	94,20	96,30	89,00	82,10	89,10	82,40	90,00
2014	91,70	88,30	90,20	89,60	90,50	89,70	88,90	80,60	82,20	87,00	87,90	87,80
2015	95,20	89,30	93,40	95,20	94,20	98,10	95,20	95,00	87,90	91,70	87,80	92,10
2016	83,70	94,30	95,10	93,50	94,10	97,30	97,50	92,40	90,20	87,90	81,10	87,40
2017	90,00	90,40	94,40	94,90	95,50	92,80	93,90	93,20	91,40	89,40	88,20	90,40
2018	81,00	95,80	94,20	90,75	92,80	95,75	96,90	90,70	86,15	88,50	81,75	88,70
2019	93,60	88,95	91,95	92,55	92,50	94,05	92,20	87,95	85,20	89,50	88,00	90,10
2020	86,75	94,35	95,55	94,08	95,40	95,53	96,65	93,20	90,02	90,20	86,22	90,80
<b>Media</b>	<b>88,85</b>	<b>92,34</b>	<b>93,51</b>	<b>92,32</b>	<b>93,31</b>	<b>94,68</b>	<b>94,69</b>	<b>90,26</b>	<b>86,90</b>	<b>89,16</b>	<b>85,42</b>	<b>89,66</b>

### Velocidad de Viento Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		1,82	1,79	1,80	1,66	2,17	2,52	2,84	3,38	1,94	1,85	1,73
2014	1,69	1,59	1,57	1,66	1,58	2,19	2,33	2,32	1,96	1,89	1,78	1,70
2015	1,73	1,84	1,68	1,82	1,79	2,68	2,28	2,15	2,04	1,78	1,60	1,80
2016	1,63	1,78	1,66	1,71	1,86	2,27	2,11	2,03	1,85	1,71	1,93	1,61
2017	1,66	1,73	1,46	1,68	1,57	1,66	2,42	1,92	1,90	1,87	1,68	1,68
2018	1,70	1,57	1,66	1,82	1,59	1,98	2,08	2,15	1,91	1,67	1,56	1,79
2019	1,91	1,65	1,56	1,77	1,88	2,65	2,52	2,94	2,26	1,82	1,79	1,87
2020	1,51	1,71	1,67	1,82	1,69	2,33	2,18	2,15	1,97	1,72	1,58	1,79
<b>Media</b>	<b>1,69</b>	<b>1,71</b>	<b>1,63</b>	<b>1,76</b>	<b>1,70</b>	<b>2,24</b>	<b>2,30</b>	<b>2,31</b>	<b>2,16</b>	<b>1,80</b>	<b>1,72</b>	<b>1,75</b>

## Precipitación Acumulada Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013			98,80	63,50	89,90	59,80	73,00	46,90	25,30	74,90	33,40	30,20
2014	125,00	28,10	90,30	75,10	118,00	112,00	69,00	66,40	48,10	73,00	83,20	44,80
2015	74,40	54,10	79,00	62,40	69,30	96,30	110,00	40,90	25,20	71,20	71,80	44,10
2016	37,00	79,60	96,60	165,00	62,90	130,00	41,60	57,20	56,60	37,90	63,30	47,40
2017	117,00	111,00	160,00	92,70	81,20	84,30	81,40	60,10	43,10	83,40	84,90	118,00
2018	65,20	59,80	53,30	130,00	102,00	71,80	80,80	79,50	45,50	37,80	155,00	95,70
2019	121,00	84,50	82,40	72,50	113,00	157,00	82,10	65,60	48,90	86,20	70,60	153,00
2020	95,70	82,50	119,50	77,50	75,25	90,30	95,70	50,50	34,10	77,30	78,20	81,60
<b>Media</b>	<b>90,76</b>	<b>71,37</b>	<b>97,49</b>	<b>92,34</b>	<b>88,94</b>	<b>100,19</b>	<b>79,20</b>	<b>58,39</b>	<b>40,85</b>	<b>67,71</b>	<b>80,05</b>	<b>76,85</b>

## Estación Pampas de Salasaca

### Temperatura Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		7,33	7,93	7,52	7,27	6,25	5,05	5,71	6,01	6,83	7,64	7,33
2014	7,35	7,35	7,19	6,94	7,18	5,95	5,70	4,98	5,93	6,70	7,63	7,20
2015	6,49	7,43	7,12	6,81	6,96	5,69	5,93	5,93	6,43	7,61	8,14	7,86
2016	7,57	7,70	8,16	8,22	7,52	5,89	5,59	6,73	9,18	8,58	7,98	7,37
2017	7,00	7,18	7,17	7,30	7,21	6,83	5,23	5,90	6,32	7,00	7,80	7,29
2018	6,45	7,54	6,98	6,96	6,93	6,01	5,57	5,17	6,12	7,69	8,04	6,63
2019	6,96	7,51	7,72	7,86	7,23	6,23	5,69	5,64	6,59	7,71	8,11	7,12
2020	7,46	7,52	7,67	7,58	7,35	5,92	5,64	5,86	7,56	7,64	7,81	7,28
<b>Media</b>	<b>7,04</b>	<b>7,45</b>	<b>7,49</b>	<b>7,40</b>	<b>7,21</b>	<b>6,10</b>	<b>5,55</b>	<b>5,74</b>	<b>6,77</b>	<b>7,47</b>	<b>7,89</b>	<b>7,26</b>

### Humedad Relativa Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013	63,90	61,40	63,70	79,20	93,00	95,90	93,60	94,00	89,50	93,00	89,30	90,10
2014	95,10	90,30	94,80	94,30	93,30	96,50	94,80	93,60	87,70	89,70	87,30	91,70
2015	96,20	97,90	97,20	94,80	95,00	97,50	96,60	81,20	50,90	63,70	76,60	89,40
2016	93,10	93,70	95,90	96,30	95,50	91,90	92,80	90,90	90,90	90,10	89,60	92,00
2017	90,40	90,00	94,50	93,40	97,40	96,00	95,50	90,80	86,00	76,70	87,60	92,10
2018	91,20	92,15	92,90	87,70	94,15	97,00	95,70	87,40	69,30	76,70	81,95	90,55
2019	95,65	94,10	96,00	94,55	94,15	97,00	95,70	87,40	69,30	76,70	81,95	90,55
2020	93,15	91,23	93,85	91,00	93,73	96,75	95,25	90,50	78,50	83,20	84,63	91,12
<b>Media</b>	<b>89,36</b>	<b>88,51</b>	<b>90,71</b>	<b>91,46</b>	<b>94,64</b>	<b>95,97</b>	<b>94,96</b>	<b>89,33</b>	<b>77,66</b>	<b>80,94</b>	<b>84,90</b>	<b>90,91</b>

## Velocidad de Viento Media Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013		2,09	1,97	2,00	1,89	2,20	2,44	2,13	2,35	2,03	1,73	1,87
2014	1,92	1,82	1,95	1,96	1,80	2,35	2,63	2,28	2,23	2,04	1,93	1,95
2015	2,00	2,07	1,95	2,10	2,03	2,70	2,39	2,27	2,27	2,32	2,83	3,18
2016	3,53	2,67	1,85	1,31	2,09	2,54	2,00	1,87	2,07	2,17	2,06	2,07
2017	1,55	1,52	1,98	2,46	2,94	2,65	2,12	2,65	2,38	2,40	2,04	1,93
2018	2,08	1,78	1,95	1,96	1,80	2,35	2,63	2,28	2,23	2,04	1,93	1,95
2019	2,00	2,07	1,95	1,92	1,96	2,45	2,42	2,20	2,31	2,17	2,28	2,53
2020	2,80	2,23	1,90	1,63	1,94	2,44	2,32	2,07	2,15	2,11	1,99	2,01
<b>Media</b>	<b>2,27</b>	<b>2,03</b>	<b>1,94</b>	<b>1,92</b>	<b>2,06</b>	<b>2,46</b>	<b>2,37</b>	<b>2,22</b>	<b>2,25</b>	<b>2,16</b>	<b>2,10</b>	<b>2,19</b>

## Precipitación Acumulada Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013			76,80	83,40	114,20	90,20	115,80	70,40	63,30	83,30	63,70	62,60
2014	91,90	62,20	159,70	108,90	97,00	129,20	103,10	87,90	64,30	72,70	42,50	62,30
2015	76,90	52,50	114,80	110,50	79,10	141,00	142,10	62,40	43,60	96,95	106,20	38,00
2016	56,95	115,30	131,60	195,50	97,20	259,40	114,30	52,35	65,80	55,20	41,10	44,50
2017	142,30	127,20	184,30	108,70	120,40	116,60	101,00	64,70	43,10	69,50	76,70	94,90
2018	122,20	24,40	67,30	123,40	156,70	75,10	76,00	101,10	49,10	41,80	123,40	115,60
2019	115,90	103,40	94,10	122,10	84,70	141,00	142,10	62,40	43,60	107,80	97,50	157,90
2020	143,10	117,10	159,70	108,90	84,70	141,00	142,10	62,40	65,10	63,90	47,80	53,40
<b>Media</b>	<b>107,04</b>	<b>86,01</b>	<b>123,54</b>	<b>120,18</b>	<b>104,25</b>	<b>136,69</b>	<b>117,06</b>	<b>70,46</b>	<b>54,74</b>	<b>73,89</b>	<b>74,86</b>	<b>78,65</b>

## Estación Pilahuin

## Precipitación Acumulada Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2013			50,30	83,00	12,00	15,50	57,30	30,90	32,80	58,55	44,35	55,85
2014	49,45	36,40	78,40	68,50	82,50	82,00	16,00	66,80	46,30	66,20	50,50	32,50
2015	50,50	30,50	66,50	61,40	52,80	83,30	88,50	32,20	36,60	49,70	71,30	35,10
2016	38,70	41,80	90,00	149,70	53,40	107,70	41,90	24,20	66,00	36,30	58,90	39,40
2017	81,20	95,30	117,00	58,10	80,80	49,40	72,90	31,55	32,90	34,40	76,10	92,70
2018	52,40	36,80	22,70	102,70	100,70	52,90	38,00	52,60	34,30	25,80	131,80	115,60
2019	56,00	54,20	63,10	66,10	74,20	95,60	42,00	72,30	31,80	79,70	64,00	44,40
2020	46,60	56,40	22,70	93,40	82,70	80,40	130,10	32,20	36,60	49,70	71,10	85,36
<b>Media</b>	<b>53,55</b>	<b>50,20</b>	<b>63,84</b>	<b>85,36</b>	<b>67,39</b>	<b>70,85</b>	<b>60,84</b>	<b>42,84</b>	<b>39,66</b>	<b>50,04</b>	<b>71,01</b>	<b>62,61</b>

### ANEXO 3: Datos meteorológicos Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

#### Estación Pilahuin

#### Precipitación Acumulada Mensual

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,30	67,60	83,40	58,00	41,30	26,80
1965	34,10	13,00	34,50	87,30	63,30	69,90	41,90	46,80	33,30	102,00	103,00	19,20
1966	31,60	78,40	80,60	46,80	45,40	57,80	62,90	39,80	42,40	52,30	33,90	101,10
1967	27,50	24,10	40,20	53,30	41,20	77,60	93,00	51,20	28,50	93,40	32,20	26,10
1968	32,10	48,80	63,80	35,50	48,40	94,70	61,70	19,90	23,60	78,90	12,70	4,30
1969	31,70	47,00	89,30	117,80	65,10	72,80	31,10	62,10	68,30	69,10	77,60	42,70
1970	47,40	105,00	52,20	64,70	97,40	73,40	48,00	50,20	45,90	57,50	79,40	42,10
1971	76,00	41,10	131,70	62,80	49,10	70,40	43,40	82,00	58,30	58,90	41,30	32,40
1972	107,60	54,30	88,60	54,40	55,30	103,60	64,90	27,20	26,70	24,50	96,80	41,80
1973	35,70	46,80	58,90	112,20	75,30	45,40	89,80	72,10	109,30	36,00	22,00	60,10
1975	41,20	94,00	48,80	69,20	86,20	126,90	139,30	85,50	55,20	106,70	58,80	64,10
1976	20,00	48,60	47,50	89,00	65,20	85,80	74,50	36,80	66,80	40,80	43,40	32,10
1977	18,40	38,20	61,80	34,70	29,90	104,00	38,30	70,80	83,70	45,60	14,00	31,10
1978	16,00	40,60	88,90	129,00	45,80	37,80	98,90	44,00	45,30	8,20	12,40	24,30
1979	34,20	24,60	42,60	88,70	54,70	39,70	33,90	56,40	42,70	24,30	38,90	19,90
1980	55,30	67,30	37,20	79,90	49,80	57,10	45,50	32,70	22,30	103,10	75,50	21,10
1981	21,90	90,00	88,80	58,50	53,80	48,30	68,50	38,00	0,00	51,50	29,10	31,60
1982	57,50	57,30	35,60	113,00	82,10	30,10	60,10	33,70	27,50	76,50	44,00	96,80
1983	49,60	80,90	80,10	110,50	75,20	36,40	25,00	31,30	50,10	87,00	21,40	100,30
1984	34,00	49,80	63,80	112,50	76,00	60,00	61,00	15,40	145,10	53,50	112,00	28,90
1985	27,80	8,50	35,00	42,40	122,50	47,90	38,20	55,00	46,50	39,30	45,50	29,80
1986	19,00	44,70	70,70	50,50	60,30	37,80	59,60	29,30	62,30	55,90	37,80	33,20
1987	21,30	99,30	74,70	100,80	69,90	31,20	31,10	46,70	36,10	43,70	42,20	10,20
1988	34,00	95,20	35,50	74,20	91,10	57,50	82,60	70,10	28,00	89,40	73,70	25,00
1989	75,00	47,40	123,90	39,20	81,60	133,40	70,00	16,90	37,50	59,50	21,70	10,80
1990	27,80	62,30	39,30	55,60	71,80	48,60	48,50	32,20	19,40	123,60	23,60	36,30
1991	20,70	19,00	71,90	38,70	72,70	66,10	76,40	33,50	8,40	38,00	78,20	15,80
1992	14,00	59,60	109,00	55,70	43,80	30,70	58,90	26,40	37,40	26,80	31,80	19,20
1993	0,00	71,80	71,80	81,30	71,90	35,60	85,90	36,50	56,10	32,50	39,20	57,00
1994	87,10	23,30	86,00	82,70	74,50	62,70	79,30	85,90	32,00	40,10	82,40	50,90
1995	25,20	3,40	44,40	73,60	103,00	57,80	91,60	40,10	28,40	25,50	92,30	68,80
1996	84,90	80,30	52,90	83,30	96,80	76,20	55,30	39,70	52,80	34,30		35,40
1997	61,80	69,80	71,60	48,40	71,60	44,80	67,00	44,60	52,50	40,50	119,50	61,80
1998	38,90	64,40	46,00	92,60	117,40	86,70	96,10	51,20	28,60	84,50	61,70	59,30
1999	44,80	129,80	100,10	107,50	62,90	90,60	36,10	74,00	107,10	32,40	23,80	135,00
2000	49,60	109,30	74,00	93,40	220,50	92,90	30,50	59,50	61,60	18,40	26,90	55,00
2001	41,80	58,30	56,30	66,70	54,80	88,10	49,70	24,70	39,90	5,40	54,00	61,10
2002	39,60	48,30	86,30	86,80	86,40	66,80	47,90	31,60	24,80		117,30	42,60
2003	38,00	40,70	94,70	58,50	52,50	65,00	26,50	14,40	35,70	70,30	48,30	45,60

Continúa

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
2004	18,10	58,90	49,90	104,60	113,80	51,00	62,20	36,30	48,50	46,00	71,40	47,80
2005	25,00	103,40	109,10	108,50	54,00	77,20	40,30	22,70	0,00	44,20	43,20	118,70
2006	55,70	0,00	78,40	81,30	46,60	92,10	17,70	45,30	33,60	38,30	58,20	79,80
2007	56,50	16,50	106,10	92,20	59,50	166,50	21,40	96,00	29,80	54,90	59,00	54,60
2008	82,30	106,80	84,20	113,90	117,00	58,40	71,60	71,40	52,90	80,90	90,90	59,20
2009	93,00	60,00	45,20	80,00	29,80	90,10	69,10	19,60	14,50	37,30	18,60	29,50
2010	22,60	60,10	51,20	107,00	88,10	110,50	0,00	47,90	55,10	27,70	107,20	86,10
2011	37,80	71,60	43,00	142,60	98,60	66,90	63,40	56,90	0,00	29,70	80,80	116,00
2012	101,10	94,70	62,90	126,50	61,40	38,40	36,80	57,30	41,00	67,30	45,30	32,20
2013	49,10	80,70	56,30	54,20	88,50	50,80	63,40	37,80	29,20	59,50	12,40	39,50
2014	67,30	22,70	87,60	63,30	78,70	98,10	34,50	72,90	50,70	47,30	24,90	125,40
2015	41,70	38,70	93,70	56,40	49,20	74,80	104,10					
<b>Media</b>	<b>42,61</b>	<b>56,85</b>	<b>67,58</b>	<b>78,08</b>	<b>71,97</b>	<b>68,37</b>	<b>57,21</b>	<b>46,80</b>	<b>44,18</b>	<b>53,49</b>	<b>53,50</b>	<b>49,77</b>

Estación Tisaleo

#### Precipitación Acumulada Mensual

<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
1964							20,60	49,90	40,90	25,80	25,10	20,50
1965	19,50	12,40	35,50	123,70	44,90	56,70	38,90	51,30	31,90	90,10	83,50	20,00
1966	33,50	72,70	80,80	32,30	47,20	50,50	73,60	39,60	49,60	31,20	41,90	69,30
1967	50,20	30,20	34,20	36,60	35,60	85,40	86,60	65,80	36,30	77,20	30,80	15,60
1968	45,20	60,30	74,50	34,50	33,40	81,50	73,50	20,40	38,10	60,50	25,00	13,30
1969	25,80	30,10	117,00	110,70	61,60	79,60	36,90	72,90	30,10	76,30	78,00	47,20
1970	45,80	96,50	58,70	57,10	99,30	75,50	54,00	49,70	42,60	31,50	56,00	42,20
1971	65,50	39,40	87,60	75,90	41,80	80,30	43,80	22,50	95,20	116,60	91,60	52,00
1972	98,90	76,90	82,10	77,10	54,30	95,40	82,70	32,40	43,90	27,70	58,60	8,60
1975	26,30	78,40	58,40	68,60	72,60	122,40	95,70	91,00	68,90	104,70	37,20	43,10
1976	48,50	58,00	52,30	85,40	77,40	88,80	74,10	37,50	42,00	35,60	52,20	34,70
1977	7,90	56,60	92,40	79,80	32,60	102,50	36,00	79,20	115,60	46,50	25,30	24,20
1978	20,40	40,90	119,80	124,70	59,70	101,80	37,80	48,80	51,50	7,20	32,70	16,60
1979	23,70	29,90	109,10	91,30	68,00	47,10	32,00	50,10	58,30	29,30	51,30	40,80
1980	53,50	68,60	40,70	91,00	51,50	63,60	41,10	42,20	26,30	83,00	48,80	18,60
1981	18,10	90,60	79,60	70,50	56,00	53,20	75,50	32,80	25,10	62,90	34,20	41,70
1982	66,50	32,30	31,20	86,90	84,90	42,90	68,90	38,80	34,90	56,10	43,20	96,30
1983	38,30	66,90	64,30	135,70	97,90	39,90	31,10	28,30	71,30	168,10	0,00	59,20
1984	48,60	49,80	80,50	130,20	86,00	78,20	56,40	20,90	167,40	62,60	75,60	39,60
1985	11,70	21,90	30,60	61,70	114,00	47,20	42,00	55,30	57,80	26,60	26,00	23,90
1986	12,80	38,10	30,60	67,60	65,60	51,70	63,10	57,10	70,70	71,40	25,90	28,60
1987	24,40	87,60	81,80	125,40	81,60	38,90	43,50	45,60	42,70	0,00	19,80	0,00
1988	34,40	119,50	65,80	95,70	93,70	70,10	85,90	64,60	52,20	97,30	110,20	24,60

Continua..



<b>Año</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
1989	70,40	59,10	141,10	50,60	93,00	148,20	65,10	23,80	59,20	66,60	32,80	10,70
1990	31,60	47,00	46,90	62,30	70,30	70,10	49,00	0,00	32,40	114,60	45,50	45,30
1991	25,80	24,40	63,30	64,20	75,30	71,60	55,20	61,90	26,50	39,60	109,40	21,10
1992	13,40	48,60	87,50	69,40	49,80	44,20	56,00	26,50	55,00	25,70	91,30	15,20
1993	49,70	64,00	136,20	78,70	68,70	38,50	78,70	47,50	45,40	48,80	47,80	42,60
1994	82,60	50,30	64,10	123,00	77,30	80,00	81,00	67,30	41,40	49,60	73,70	123,10
1995	31,30	4,10	41,10	72,90	64,00	59,40	106,40	45,60	37,40	24,70	66,00	46,20
1996	70,10	98,50	68,90	75,20	79,00	63,20	39,20	46,70	50,40	37,30	45,00	39,80
1997	48,20	56,00	73,70	37,60	64,90	42,20	79,90	46,90	42,20	43,90	144,10	47,00
1998	34,10	52,40	46,80	103,20	137,40	81,80	70,30	0,00	26,90	64,90	26,30	20,40
1999	53,80	102,90	72,40	105,00	69,20	98,00	40,30	64,00	110,50	29,90	49,30	136,60
2000	57,90	97,70	79,60	88,30	228,80	96,40	36,70	63,90	57,10	26,80	17,30	77,10
2001	49,10	0,00	89,30	0,00	53,10	74,30	55,30	36,30	51,70	22,30	106,40	58,50
2002	31,80	42,10	82,10	80,90	82,10	59,40	35,20	38,00	0,00	77,90	77,10	25,50
2003	46,60	35,30	63,80	65,60	67,50	80,00	43,30	22,10	27,80	73,40	36,80	94,50
2004	8,50	58,30	60,80	109,60	108,40	55,20	67,80	37,90	46,10	44,00	89,60	71,90
2005	19,30	113,70	101,40	115,40	54,80	463,80	243,70	181,70	14,60	37,10	56,10	107,70
2006	55,60	50,30	64,40	99,60	77,10	83,20	24,80	33,70	52,60	123,90		79,30
2007	123,90	18,50	95,80	117,40	79,60	174,90	36,90	0,00				
2009						90,50	66,40	32,60	19,80	84,80	28,80	14,70
2010	21,40	44,00	49,20	118,00	91,30	92,30	58,20	54,10	59,30	21,20	111,10	36,60
2011	44,20	105,50	62,60	141,30	68,70	70,00	58,00	47,70	44,70	12,00	48,60	53,00
2012	62,40	62,00	39,70	91,40	58,80	28,30	32,90	53,10	32,80	71,50	62,40	36,30
2013	31,90	88,80	55,40	46,50	85,80	45,30	55,70	34,90	32,40	55,10	52,90	28,70
2014	60,60	17,70	61,70	51,20	99,90	47,60	48,50	64,10	43,90	56,60	28,10	43,50
2015	34,20	36,70	73,10	48,30	47,20	105,30						
<b>Media</b>	<b>42,08</b>	<b>56,07</b>	<b>70,82</b>	<b>82,51</b>	<b>74,71</b>	<b>81,60</b>	<b>59,96</b>	<b>46,40</b>	<b>49,01</b>	<b>56,18</b>	<b>54,77</b>	<b>43,74</b>