

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES MEDIOS  
MENSUALES DE LA CUENCA ALTA DEL HUALLAGA  
APLICANDO UN MODELO HIDROLÓGICO RACIONAL  
CON IMÁGENES SATELITALES”**

**Presentada por:**

**JOSÉ VLADIMIR PALOMINO AGUIRRE**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN RECURSOS HÍDRICOS**

**Lima - Perú**

**2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**

**“ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES MEDIOS  
MENSUALES DE LA CUENCA ALTA DEL HUALLAGA  
APLICANDO UN MODELO HIDROLÓGICO RACIONAL  
CON IMÁGENES SATELITALES”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**JOSÉ VLADIMIR PALOMINO AGUIRRE**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Dr. Abel Mejía Marcacuzco  
**PRESIDENTE**

Mg.Sc. Cayo Ramos Taipe  
**ASESOR**

Ph.D. Eduardo Chávarri Velarde  
**MIEMBRO**

Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo  
**MIEMBRO**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
ESCUELA DE POSGRADO



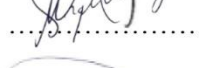

EPG ↑

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN**  
ASTM-EPG-UNALM: N° 10/2022

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentada por el alumno **JOSÉ VLADIMIR PALOMINO AGUIRRE**, titulada: "ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LA CUENCA ALTA DEL HUALLAGA APLICANDO UN MODELO HIDROLÓGICO RACIONAL CON IMÁGENES SATELITALES", para cumplir con uno de los requisitos para optar el grado académico de *Magister Scientiae* en **RECURSOS HÍDRICOS**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo así como los conocimientos demostrados por el sustentante, el Jurado otorga el siguiente calificativo:

<u>JURADO</u>	<u>CALIFICATIVO*</u>	<u>FIRMA</u>
Dr. Abel Mejía Marcacuzco PRESIDENTE	Muy Bueno	
Ph.D. Eduardo Chávarri Velarde MIEMBRO	Muy Bueno	
Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo MIEMBRO	Muy Bueno	
Mg.Sc. Cayo Ramos Taipe ASESOR		
Siendo su calificativo final:	<b>Muy Bueno</b>	

En consecuencia, queda en condición de ser considerado APTO por el Consejo Universitario y recibir el grado académico de *Magister Scientiae*, de conformidad con lo estipulado en el Artículo 97°, inciso c) del Reglamento de la Escuela de Posgrado.

La Molina, 10 de febrero del 2022

(\*) De acuerdo con el Artículo 102° de la Escuela de Posgrado, el calificativo de la sustentación será nominal: bueno, muy bueno o sobresaliente. El calificativo de sobresaliente deberá aplicarse solo si existe unanimidad.

## **DEDICATORIA**

A mi amado Padre Confesor Palomino Díaz,  
que descansa en paz, pero sus enseñanzas y  
optimismo por la vida, serán inmortales en mí.

A mi madre Delia Aguirre Rojas por su amor  
incondicional y a mi familia que siempre  
compartimos gratos y difíciles momentos.



## **AGRADECIMIENTO**

Especial agradecimiento a mi asesor de tesis Mg. Sc. Cayo Ramos Taipe, quien me brindó de manera desinteresada su orientación para el presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado evaluador: Dr. Abel Mejía Marcacuzco, Ph.D. Eduardo Chávarri Velarde y Dr. Néstor Montalvo, por sus aportes y sugerencias para el desarrollo de la tesis.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) por la proporción de la información hidrometeorológica solicitada para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Mg.Sc. Eber Risco Sence, por la orientación y compartir sus conocimientos sobre el modelo hidrológico distribuido realizado en su tesis de maestría.

# ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	2
2.1 HIDROLOGÍA. ....	2
2.1.1 El ciclo hidrológico. ....	2
2.1.2 Sistema hidrológico.....	3
2.2 CLASIFICACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS. ....	3
2.3 MODELOS HIDROLÓGICOS DISTRIBUIDOS. ....	6
2.4 LA CUENCA HIDROLÓGICA. ....	10
2.5. MORFOMETRÍA DE UNA CUENCA. ....	10
2.5.1 Parámetros de forma de las cuencas.....	10
2.5.2 Parámetros de relieve de la cuenca. ....	12
2.5.3 Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca.....	14
2.6 INTERPOLACIÓN DE PRECIPITACIONES .....	17
2.6.1 Métodos determinísticos. ....	17
2.6.2 Métodos probabilísticos. ....	17
2.7 IMÁGENES SATELITALES SENTINEL 2. ....	18
2.8 ÍNDICE DE VEGETACIÓN.....	18
2.9 ÍNDICE DE GLACIARES. ....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 ÁREA DE ESTUDIO. ....	21
3.2. MATERIALES. ....	22
3.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS. ....	22
3.4. METODOLOGÍA.....	22
3.4.1. Trabajo de campo .....	22
3.4.2. Caracterización de cuenca en estudio.....	22
3.4.3. Estimación de los caudales medios mensuales de cuenca.....	23
3.4.4. Calibración y validación. ....	46
3.4.5 Eficiencia del modelo.....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA EN ESTUDIO. ....	49
4.2. SUB MODELO DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	51
4.3. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES.....	52
4.4. CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO. ....	55
4.4.1. Calibración. ....	55
4.4.2. Validación. ....	57
4.5. EFICIENCIA DEL MODELO HIDROLÓGICO.....	60
4.6. ESTIMACION DE CAUDALES MENSUALES DE LAS SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS.....	60
V. CONCLUSIONES .....	66
VI. RECOMENDACIONES .....	68
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Bandas espectrales sentinel 2 .....	18
Cuadro 2: Estaciones meteorológicas para el estudio.....	24
Cuadro 3: Estación hidrométrica para el estudio. ....	24
Cuadro 4: Información disponible en precipitaciones y caudales.....	24
Cuadro 5: Identificación de valores atípicos periodo 1965-1980. ....	30
Cuadro 6: Identificación de valores atípicos periodo 2014-2018 .....	31
Cuadro 7: Análisis de consistencia de caudales registrados. ....	33
Cuadro 8: Rango de reclasificación de pendiente. ....	37
Cuadro 9: Valores reclasificados del Índice de Vegetación.....	39
Cuadro 10: Valores reclasificados del NDSI .....	41
Cuadro 11: Criterios para evaluar el desempeño de los modelos hidrológicos. ....	48
Cuadro 12: Parámetros morfométricos de la unidad hidrográfica Río Huallaga.....	49
Cuadro 13: Relación de altitudes y áreas de la unidad hidrográfica Río Huallaga.....	50
Cuadro 14: Coeficientes de escorrentía por mes a nivel de cuenca total. ....	51
Cuadro 15: Coeficientes de escorrentía por mes a nivel de subcuentas y microcuencas.....	52
Cuadro 16: Escorrentía directa para el periodo de calibración 2014-2018.....	52
Cuadro 17: Escorrentía directa para el periodo de calibración 2014-2018.....	53
Cuadro 18: Caudales observados, caudales simulados directos y del mes anterior.....	53
Cuadro 19: Coeficientes de regresión .....	54
Cuadro 20: Caudales generados en m <sup>3</sup> /s para el periodo 1965-1980.....	54
Cuadro 21: Caudales generados en m <sup>3</sup> /s para el periodo 2014-2018.....	54
Cuadro 22: Valores de la calibración de “n” .....	55
Cuadro 23: Caudales observados y simulados en m <sup>3</sup> /s para el periodo 2014-2018.....	56
Cuadro 24: Caudales generados y simulados en m <sup>3</sup> /s para el periodo 1965-1980.....	58
Cuadro 25: Coeficientes de eficiencia de calibración. ....	60
Cuadro 26: Coeficientes de eficiencia de validación. ....	60
Cuadro 27: Subcuencas delimitadas en la cuenca alta del río Huallaga .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación en diagrama de bloques de un sistema hidrológico global... 4	4
Figura 2: Clasificación de modelos hidrológicos según forma, aleatoriedad y variabilidad espacial ..... 5	5
Figura 3: Modelo hidrológico distribuido racional..... 9	9
Figura 4: Comportamiento espectral teórico de la vegetación vigorosa..... 19	19
Figura 5: Ubicación de la zona de la cuenca en estudio. .... 21	21
Figura 6: Estaciones hidrometeorológicas existentes para el estudio..... 25	25
Figura 7: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas correspondiente al mes de enero. ....26	26
Figura 8: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas del mes de Febrero. .. 27	27
Figura 9: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas del mes de marzo..... 27	27
Figura 10: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas del mes de Setiembre.28	28
Figura 11: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas correspondiente al mes de de Diciembre. .....28	28
Figura 12: Distribución de las precipitaciones totales mensuales periodo 1965-2018 mostrando los límites internos y externos. .... 30	30
Figura 13: Distribución de las precipitaciones totales mensuales periodo 2014-2018 mostrando los límites internos y externos ..... 31	31
Figura 14: Caudales observados de la estación Puente Taruca ..... 32	32
Figura 15: Caudales observados corregidos según análisis de consistencia..... 34	34
Figura 16: Serie de precipitaciones mensuales si valores atípicos 1965-2018..... 35	35
Figura 17: Precipitaciones interpoladas del mes abril de 1965. .... 36	36
Figura 18: Pendientes reclasificadas en la cuenca en estudio..... 38	38
Figura 19: Mapa de cobertura vegetal reclasificada. .... 40	40
Figura 20: Mapa de nieve diferencial normalizado reclasificado..... 42	42
Figura 21: Suma de valores de pendiente, cobertura vegetal y glaciares. .... 43	43
Figura 22: Resumen del desarrollo de la metodología para la generación de escorrentía. .....45	45
Figura 23: Estación hidrométrica Puente Taruca..... 46	46
Figura 24: Estación hidrométrica existente Taruca. .... 47	47
Figura 25: Curva hipsométrica y frecuencia y altitudes de la cuenca alta del río Huallaga. ....50	50
Figura 26: Calibración del modelo hidrológico 2014-2018..... 56	56

Figura 27: Determinación de coeficiente de determinación. ....	57
Figura 28: Validación del modelo hidrológico 1965-1980.....	59
Figura 29: Determinación de coeficiente de determinación. ....	59
Figura 30: Subcuencas delimitadas dentro de la cuenca alta del río Huallaga. ....	61
Figura 31: Escorrentía directa para la subcuenca del río Huertas.....	62
Figura 32: Escorrentía directa para la subcuenca Huallaga. ....	63
Figura 33: Escorrentía para la subcuenca del río Higueras. ....	63
Figura 34: Escorrentía directa para la subcuenca Garbanzo.....	64
Figura 35: Escorrentía directa para la microcuenca río Blanco.....	64
Figura 36: Escorrentía directa para la microcuenca río Huancachupa. ....	65
Figura 37: Escorrentía directa para la microcuenca Qda. Huranuisha. ....	65

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Precipitaciones mensuales de la estación Huánuco completados (ANA Y SENAMHI).....	73
Anexo 2: Precipitaciones mensuales de la estación Dos de Mayo completados (ANA Y SENAMHI).....	75
Anexo 3: Precipitaciones mensuales de la estación Carpish completados (ANA Y SENAMHI).....	77
Anexo 4: Precipitaciones mensuales de la estación Chaglla completados (ANA Y SENAMHI).....	79
Anexo 5: Precipitaciones mensuales de la estación Jacas Chico completados (ANA Y SENAMHI).....	81
Anexo 6: Precipitaciones mensuales de la estación Canchán completados (ANA Y SENAMHI).....	83
Anexo 7: Precipitaciones mensuales de la estación Tingo María completados (ANA Y SENAMHI).....	85
Anexo 8: Precipitaciones mensuales de la estación Yanahuanca completados (ANA Y SENAMHI).....	87
Anexo 9: Precipitaciones mensuales de la estación Oyón completados (ANA Y SENAMHI).....	89
Anexo 10: Precipitaciones mensuales de la estación Picoy completados (ANA Y SENAMHI).....	91
Anexo 11: Precipitaciones mensuales de la estación Ambo completados (ANA Y SENAMHI).....	93
Anexo 12: Precipitaciones mensuales de la estación San Rafael completados (ANA Y SENAMHI).....	95
Anexo 13: Precipitaciones mensuales de la estación Cerro de Pasco completados (ANA Y SENAMHI).....	97
Anexo 14: Caudales medios mensuales estación Hidrológica Puente Taruca.....	99
Anexo 15: Caudales de escorrentía directos simulados periodo de 1965-2018.....	100
Anexo 16: Coeficiente de escorrentía para el mes de enero. ....	102
Anexo 17: Coeficiente de escorrentía para el mes de febrero.....	103
Anexo 18: Coeficiente de escorrentía para el mes de marzo. ....	104
Anexo 19: Coeficiente de escorrentía para el mes de abril.....	105
Anexo 20: Coeficiente de escorrentía para el mes de mayo. ....	106
Anexo 21: Coeficiente de escorrentía para el mes de junio.....	107
Anexo 22: Coeficiente de escorrentía para el mes de julio.....	108
Anexo 23: Coeficiente de escorrentía para el mes de agosto.....	109



Anexo 24: Coeficiente de esorrentía para el mes de setiembre.....	110
Anexo 25: Coeficiente de esorrentía para el mes de octubre. ....	111
Anexo 26: Coeficiente de esorrentía para el mes de noviembre. ....	112
Anexo 27: Coeficiente de esorrentía para el mes de diciembre. ....	113
Anexo 28: Parámetros para regresión lineal .....	114
Anexo 29: Resumen de regresión lineal para las variables $X_1$ , $X_2$ y $X_3$ .....	114
Anexo 30: Caudales generados de la subcuenca río Huertas.....	115
Anexo 31: Caudales mensuales generados de la subcuenca Huallaga.....	117
Anexo 32: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Higueras .....	119
Anexo 33: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Garbanzo .....	121
Anexo 34: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Blanco .....	123
Anexo 35: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Huancachupa.....	125
Anexo 36: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Huranuisha .....	127

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la cuenca alta del río Huallaga que se encuentra localizado entre los departamentos de Huánuco y Cerro de Pasco. La cuenca delimitada tiene un área de 5,558.52 km<sup>2</sup> hasta el punto de interés, que es la estación hidrológica de Puente Taruca. El objetivo principal es la estimación de caudales medios mensuales mediante un modelo hidrológico distribuido racional de precipitación escorrentía, mediante un sub modelo de precipitación y un sub modelo de coeficiente de escorrentía. El submodelo de precipitación es el resultado de la interpolación espacial de Ponderación de Distancia Inversa (IDW) de los datos de precipitaciones mensuales de un periodo de 54 años (1965-2018) y el submodelo de coeficiente de escorrentía es estimado para cada mes del año, mediante índices de cobertura vegetal e índices de glaciares mediante imágenes satelitales Sentinel 2B y valores de pendiente determinados por un Modelo Digital de Elevación (DEM) Alos Palsar. La conversión de precipitación en escorrentía se realiza mediante la multiplicación de los 648 archivos ráster de precipitación, el archivo ráster de escorrentía y una constante de 0.4 para obtener valores en m<sup>3</sup>. Se suma todos los pixeles de la cuenca en estudio y se obtiene los caudales en m<sup>3</sup>/s para cada mes en un periodo de 54 años. La calibración del modelo hidrológico se hizo en la estación hidrométrica de Puente Taruca con información de caudales de los años 1965-1980 y 2014-2018, los parámetros calibrados fueron el “n” del coeficiente de escorrentía y los coeficientes X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> y X<sub>3</sub>, que se obtiene de la regresión lineal, obteniendo una coeficiente de eficiencia Nash Sutcliffe de 0.66 y 0.62 para el periodo de calibración y validación respectivamente, y se considera como un ajuste “bueno” al modelo hidrológico distribuido racional.

**Palabras clave:** Imágenes multiespectrales, escorrentía, índice de vegetación, DEM, modelo hidrológico distribuido.

## ABSTRACT

The present research work was carried out in the upper basin of the Huallaga River, which is located between the departments of Huánuco and Cerro de Pasco. The delimited basin has an area of 5,558.52 km<sup>2</sup> up to the point of interest, which is the Puente Taruca hydrological station. The main objective is the estimation of average monthly flows through a rational distributed hydrological model of runoff precipitation, through a precipitation sub-model and a runoff coefficient sub-model. The precipitation submodel is the result of the Inverse Distance Weighting (IDW) spatial interpolation of the monthly precipitation data for a period of 54 years (1965-2018) and the runoff coefficient submodel is estimated for each month of the year, through plant cover indices and glacier indices through Sentinel 2B satellite images and slope values determined by an Alos Palsar Digital Elevation Model (DEM). The conversion of precipitation to runoff is done by multiplying the 648 precipitation raster files, the runoff raster file, and a constant of 0.4 to obtain values in m<sup>3</sup>. All the pixels of the basin under study are added and the flows are obtained in m<sup>3</sup>/s for each month in a period of 54 years. The calibration of the hydrological model was done at the Puente Taruca hydrometric station with flow information for the years 1965-1980 and 2014-2018, the calibrated parameters were the "n" of the runoff coefficient and the coefficients X1, X2 and X3, which is obtained from linear regression, obtaining a Nash Sutcliffe efficiency coefficient of 0.66 and 0.62 for the calibration and validation period, respectively, and is considered a "good" fit to the rational distributed hydrological model.

**Keywords:** Multispectral images, runoff, vegetation index, DEM, distributed hydrological model.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad existe bastante acceso a información digital como son las imágenes satelitales y modelos digitales de elevación de buena resolución de la superficie terrestre y sobre todo en las regiones de nuestro interés. A partir de ello se pueden generar mapas de cobertura y pendiente del terreno que nos sirve para construir un modelo hidrológico distribuido que deriva de la fórmula racional en donde las principales variables son las precipitaciones y el coeficiente de escorrentía.

Los modelos hidrológicos distribuidos para la estimación o determinación de la disponibilidad hídrica de las cuencas, es escaso sobre todo en algunas regiones de la Sierra del Perú. Se puede decir que existen variedad de modelos y estudios hidrológicos calibrados y validados a nivel de la Costa, pero hay pocos modelos en la parte alta de la cuenca del río Huallaga, esto también debido a la poca disponibilidad de la información requerida para estos estudios.

El objetivo principal del estudio es estimar los caudales medios mensuales de la cuenca alta del río Huallaga con un modelo hidrológico distribuido racional de precipitación escorrentía, dándose énfasis al modelamiento espacial con imágenes satelitales de libre disponibilidad y de mediana resolución.

Los resultados obtenidos, contribuyen a optimizar el ordenamiento y gestión de los recursos hídricos en el departamento de Huánuco y el Perú.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

-Estimación de los caudales medios mensuales de la cuenca alta del río Huallaga mediante la aplicación del modelo hidrológico racional distribuido.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar morfométrica y fisiográficamente la cuenca alta del río Huallaga.
- Determinar el coeficiente de escorrentía.
- Calibrar y validar el modelo hidrológico.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1 HIDROLOGÍA.**

La hidrología estudia al agua, procesos de circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. Y proporciona métodos para resolver problemas prácticos que se presentan en el diseño, planeación y operación de estructuras hidráulicas. El objetivo de la hidrología aplicada es la determinación de esos eventos y los resultados son estimaciones o aproximaciones de la realidad (Villón 2002).

Desde el punto de vista de la ingeniería, el análisis hidrológico es fundamental para el planeamiento, diseño y operación de los sistemas hidráulicos. Se desarrollan metodologías basadas en análisis y mediciones que permitan cuantificar cierta fase del ciclo hidrológico como precipitación, escorrentía, infiltración, etc. El cual sirve para determinar caudales o volúmenes de agua, incluyendo su variabilidad espacial, temporal, anual o regional (Mejía 2006).

#### **2.1.1 El ciclo hidrológico.**

Según Chow *et al.* (1994) indicaron que el ciclo hidrológico, es el punto central de la hidrología, que no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. El agua se evapora desde los océanos y desde la superficie terrestre para ser parte de la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre. El agua que precipita puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse y descargar en los ríos como escorrentía superficial. La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa a la atmósfera mediante evaporación. Mientras que el agua infiltrada puede percolar para recargar los acuíferos y puede emerger en manantiales que son aportantes de los ríos para formar la escorrentía superficial de las cuencas, que finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa. Aunque el volumen total de agua en el ciclo hidrológico global

permanece esencialmente contante, la distribución del agua está cambiando continuamente en continentes, regiones y cuencas locales de drenaje y están determinadas por sus patrones de clima, topografía, geología y vegetación.

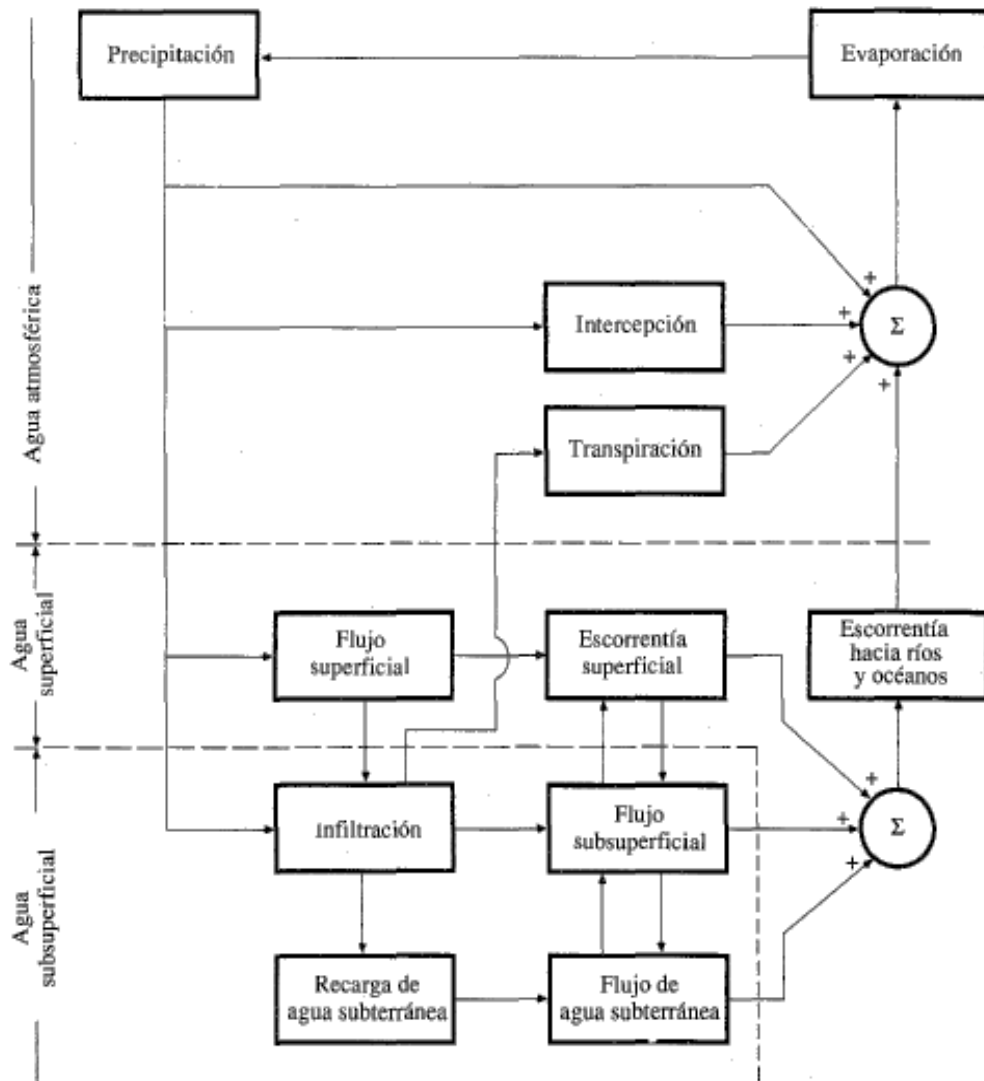
### **2.1.2 Sistema hidrológico.**

Los fenómenos hidrológicos son complejos y es posible que no se entienda en su totalidad, pero pueden representarse en forma simplificada por medio del concepto de sistema. El ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico. En la mayor parte de los problemas prácticos, solo se consideran algunos procesos del ciclo hidrológico en un determinado momento y únicamente se tiene en cuenta una pequeña porción de la superficie de la tierra. Analógicamente un sistema hidrológico se define como una estructura o volumen en el espacio, rodeada por una frontera, que el agua puede pasar como materia prima desde el punto en que entra al sistema hasta el punto en que sale de este (Chow *et al.* 1994).

## **2.2 CLASIFICACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS.**

El objetivo del análisis de un sistema hidrológico es estudiar la operación del sistema y predecir su salida. Un modelo de sistema hidrológico es una aproximación y representación de un sistema real, sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas. Los modelos hidrológicos pueden dividirse en dos categorías: modelos físicos y modelos abstractos. Los modelos abstractos representan el sistema en forma matemática, y se describe a través de un conjunto de ecuaciones que relacionan las variables de entrada y salida, estas variables pueden estar en función del espacio y del tiempo, si no consideran aleatoriedad, se clasifican como modelos determinísticos y si consideran variables probabilísticas o aleatorias, estos son denominados modelos estocásticos. Los modelos determinísticos se dividen en agregados y distribuidos. Un modelo determinístico agregado considera en el proceso de lluvia-escorrentía, la entrada de precipitación como uniforme en toda la cuenca e ignoran la variación espacial interna del flujo en dicha cuenca. Mientras que un modelo determinístico distribuido considera que los procesos hidrológicos ocurren en varios puntos del espacio y define las variables del modelo como funciones de las dimensiones espaciales. Todos los modelos hidrológicos son aproximaciones de la

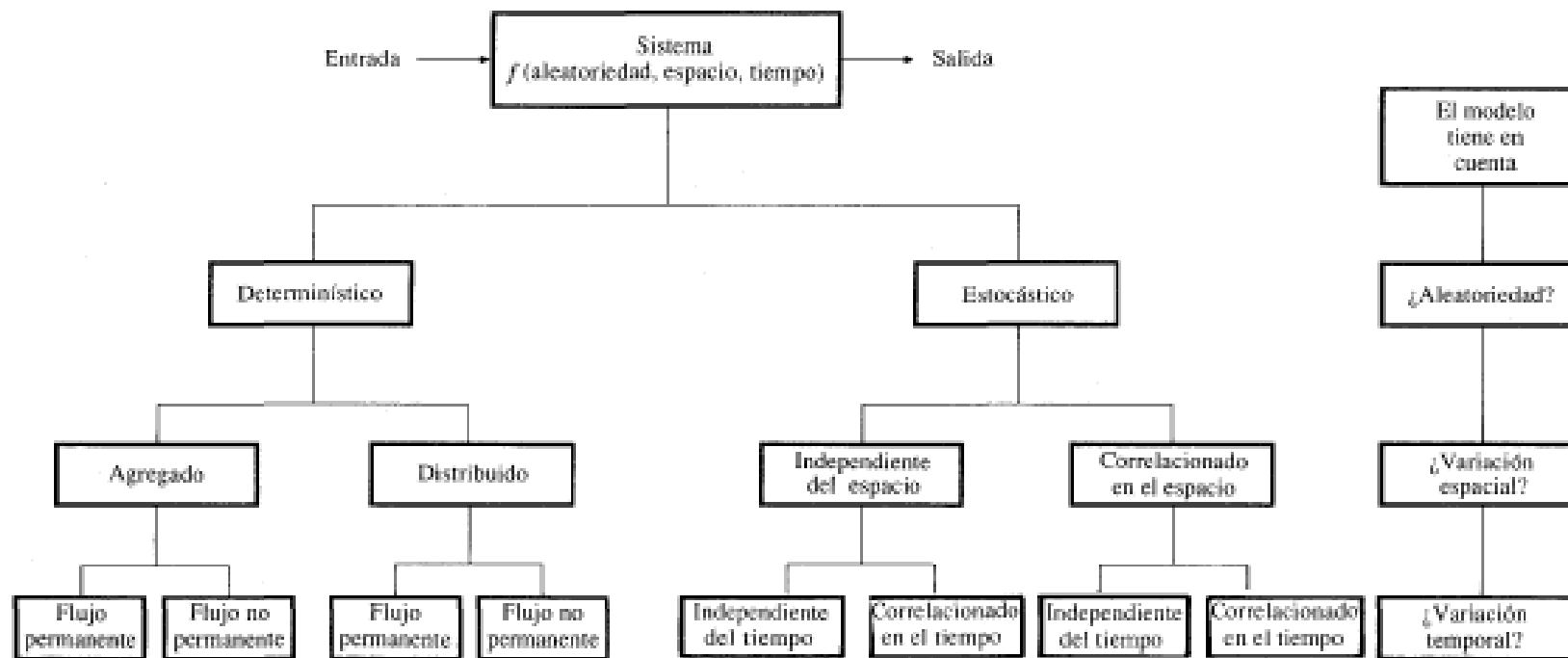
realidad, la salida de un sistema real nunca puede pronosticarse con certeza (Chow *et al.* 1994).



**Figura 1: Representación en diagrama de bloques de un sistema hidrológico global.**

Fuente: Chow *et al.* (1994)





**Figura 2: Clasificación de modelos hidrológicos según forma, aleatoriedad y variabilidad espacial**

Fuente: Chow *et al.* (1994)

## 2.3 MODELOS HIDROLÓGICOS DISTRIBUIDOS.

Los modelos numéricos son una herramienta importante para la investigación en procesos hidrológicos y para informar sobre la gestión de las inundaciones y el agua en todo el mundo. Estos modelos se pueden clasificar de manera diferente, dependiendo de si representan procesos de manera conceptual o física (Lewis *et al.* 2018).

Según Chow *et al.* (1994) un modelo distribuido considera que los procesos hidrológicos ocurren en varios puntos del espacio y define las variables del modelo como funciones de las dimensiones espaciales.

Los modelos hidrológicos distribuidos son importantes, ya que los procesos hidrológicos y comportamiento de las cuencas proporcionan representaciones explícitas de los procesos y componentes involucrados en el equilibrio hidrológico. Son capaces de integrar la variabilidad natural del suelo y del subsuelo, la organización espacial del paisaje y las prácticas de gestión del agua. Son eficientes para probar hipótesis de los supuestos, sobre las principales variables de la respuesta de captación, y permiten probar su importancia frente a los datos observados (Fuambaa *et al.* 2019).

Entre algunos modelos hidrológicos distribuidos se puede mencionar los siguientes:

SHETRAN es un modelo hidrológico espacialmente distribuido de base física, que tiene su origen en el modelo *Système Hydrologique Européen* (SHE) desarrollado por el Instituto Británico de Hidrología, el Instituto Danés de Hidráulica y la empresa francesa quienes propusieron un plan para un modelo hidrológico basado en la física, elaborado con estos principios y procesos adicionales incorporados durante el desarrollo de SHETRAN. El modelo se basa en la solución de aproximaciones en diferencias finitas a las ecuaciones que describen el flujo de agua de superficie y subsuelo, así como el transporte de sedimentos y solutos reactivos. Requiere un modelo de elevación digital (DEM), un mapa que describe las propiedades del subsuelo de una cuenca, un mapa de la cubierta terrestre, registros de lluvia, registros de evapotranspiración potencial y un área que delimita la cuenca (Lewis *et al.* 2018).

PUMMA (Peri-Urban Model for landscape Management), es un modelo periurbano para la gestión del paisaje, fue diseñado específicamente para la hidrología de áreas periurbanas. Tiene en cuenta el efecto potencial de cada elemento de paisaje en la hidrología, especialmente los objetos lineales (red de ríos, caminos, zanjas, setos, franjas delgadas de bosques aluviales, etc.) y los objetos urbanos (redes de alcantarillado, caminos, superficies impermeables), que están representados con el mismo grado de detalle y en un marco unificado. Estas características hacen que PUMMA sea bastante único entre los modelos hidrológicos distribuidos existentes (Fuambaa *et al.* 2019).

El modelo hidrológico disponibilidad de agua para el Programa Nacional de Formalización de derechos de Uso de Agua Superficial- PROFODUA (DISAPRO), es un modelo distribuido de precipitación – escorrentía, basado en respuestas hidrológicas homogéneas de zonas de la cuenca, en la cual se procura reproducir matemáticamente el fenómeno de transformación de lluvia en descarga, donde algunas de las variables de entrada y salida son determinadas por relaciones paramétricas en forma distribuida a nivel de píxeles, en formato ráster para un entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Ramos *et al.* 2004).

Conociendo las variables de entrada (precipitación) y teniendo en consideración la definición de la fórmula racional, se determina un coeficiente de escurrimiento distribuido para cada condición de vegetación, suelo y pendiente. Otro parámetro muy importante es el flujo base, el que puede ser calculado a partir de la información de la estación de aforo y ser trasladado a cualquier punto de la red de drenaje. La calibración y validación del modelo, se realiza con la información de las estaciones de aforos existentes, para el período de los valores que corresponda al análisis de la información hidrométrica. A continuación, se detallan los procesos para este tipo de modelo (Ramos *et al.* 2004).

**Modelo Matemático:**

$$Es(i)=P(i)-E(i)-I(i) \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

**Es(i)**=Escorrentía superficial en el mes i.

**P(i)**=Precipitación del mes i.

**E(i)**=Evapotranspiración del mes i.

**I(i)**=Infiltración del mes i.

Si despejamos la precipitación tenemos:

$$P(i)=Es(i)+E(i)+I(i) \dots\dots\dots(2)$$

$$P(i)=a*P(i)+b*P(i)+c*P(i) \dots\dots\dots(3)$$

De la ecuación (2) y (3) se tiene que:

$$Es(i)=a*P(i) \dots\dots\dots(5)$$

$$a = f(K_e, X1, X2, X3....X7) \dots\dots\dots(6)$$

$$a = \frac{K_e}{V_{pendiente} + V_{NDVI} + V_{NDSI}}$$

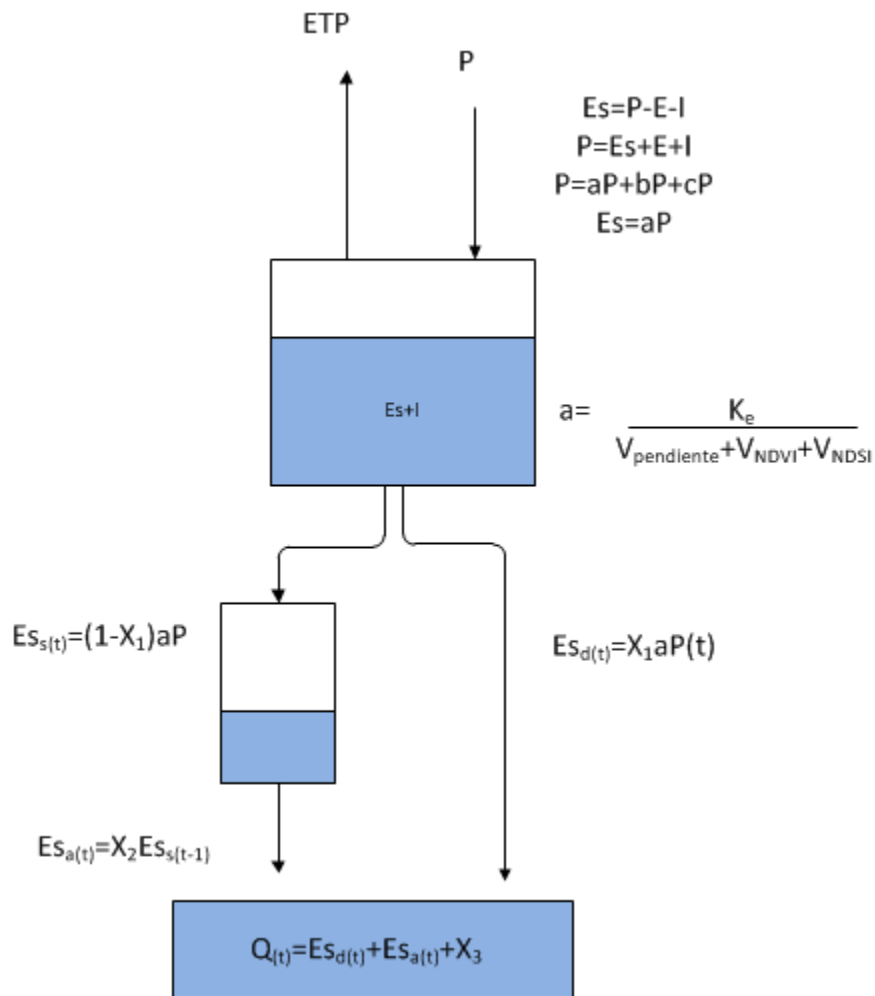
a= Coeficiente de escorrentía.

n=Coeficiente adimensional a calibrar.

Valor pendiente =Valor de pendiente reclasificado.

Valor NDVI=Valor reclasificado de índice de cobertura vegetal.

Valor NDSI= Valor reclasificado de índice de glaciares.



**Figura 3: Modelo hidrológico distribuido racional.**

Fuente: Risco (2013)

Según Risco (2013) para la estimación de los caudales medios mensuales en donde se considera las otras variables como son las infiltración y caudal base, es mediante el método del proceso Markoviano de primer orden, en donde se considera la escorrentía directa o actual por un variable  $X_1$ , la escorrentía del mes anterior por la variable  $X_2$  y una variable  $X_3$ .

$$Q_t = X_1E_d + X_2E_a + X_3$$

$Q_t$ = Caudal del mes t.

$E_d$ = Escorrentía en el mes t.

$E_a$ =Agua que aflora del mes t-1

$X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  coeficientes que serán optimizados para cada mes.

## **2.4 LA CUENCA HIDROLÓGICA.**

Según Villón (2002) indica que la cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua y cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.

Para la delimitación de una cuenca hidrográfica se tienen en cuenta las curvas de nivel, siguiendo las líneas de divisorias de aguas, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación y que fluye hacia el punto de salida de la cuenca, que es donde se encuentra el punto de interés o estación de aforo.

La frontera de una cuenca hidrográfica y su correspondiente cuenca de agua subterránea, no necesariamente tienen la misma proyección horizontal, por lo que se puede realizar una delimitación real, que corresponde a la cuenca hidrográfica considerando el aporte de las aguas subterráneas (Villón 2002).

## **2.5. MORFOMETRÍA DE UNA CUENCA.**

Las propiedades morfométricas de una cuenca hidrográfica proporcionan una descripción física y espacial que permiten realizar comparaciones entre distintas cuencas hidrográficas, el análisis de sus parámetros de forma, relieve y red de drenaje, es básico para la modelación hidrológica ya que se puede determinar el movimiento y captación del agua de lluvia (Gaspari *et al.* 2013).

### **2.5.1 Parámetros de forma de las cuencas.**

El contorno de la cuenca define la forma y superficie de ésta, lo cual tiene incidencia en el tiempo que poseerá la cuenca, con respecto al caudal de salida. Así, una cuenca alargada tendrá un diferente tiempo de concentración que una circular, al igual que el escurrimiento tendrá condiciones diferentes.

#### **a. Área de la Cuenca.**

El área de una cuenca o área de drenaje, es el área plana proyectado en un plano horizontal, comprendido dentro del límite o divisoria de aguas. El área de la cuenca es el elemento básico para el cálculo de otras características físicas y se expresa en  $\text{km}^2$  (Villón 2002).

### **b. Perímetro de la Cuenca.**

El límite de una cuenca está definido por una línea formada por los puntos de mayor nivel topográfico, llamada divisoria de agua, que divide las precipitaciones que caen en cuencas vecinas y que conduce la escorrentía superficial resultante para el cauce principal (Gaspari *et al.* 2013).

### **c. Ancho Promedio de la Cuenca.**

Es la relación entre el área de la microcuenca y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial es la distancia existente entre la desembocadura y el punto más lejano, que viene a ser el mismo eje de la cuenca (Gaspari *et al.* 2013).

### **d. Factor de forma.**

Según Gaspari *et al.* (2013) el factor de forma es la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud de máximo recorrido (longitud axial). También puede ser definida como la relación entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud de máximo recorrido del cauce principal

$$F = \frac{\bar{L}}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Dónde:

F = Factor de forma

A = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

L = Longitud de máximo recorrido (km)

Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, que pueden ser rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente.

Cuando su valor es similar a uno, representa una cuenca de forma redondeada. La cuenca con factor de forma que tienda hacia valores bajos, se caracteriza por ser una cuenca alargada, con un drenaje colector de mayor longitud que la totalidad de los tributarios, estará sujeta a crecidas de menor magnitud. Esto se debe al hecho que, en una cuenca



estrecha y larga, con factor de forma bajo, tiene menos posibilidad de ocurrencia de lluvias intensas cubriendo simultáneamente toda su extensión, y la contribución de los tributarios alcanza el curso de agua principal en varios puntos a lo largo del mismo, no siendo igual a la condición de la cuenca circular donde la concentración de todo el flujo de la cuenca se da en un solo punto. De manera particular una cuenca de forma triangular, con dos vértices en las cabeceras, afluentes de similar longitud y sincronismo en la llegada, provocará crecidas más significativas (Gaspari *et al.* 2013).

#### **e. Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius.**

Es un parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo que es igual a uno y hay más tendencia a las crecientes en la medida que este número sea próximo a la unidad (Monsalve 1999).

Según el valor que tome este coeficiente, la cuenca tendrá diferente forma por ejemplo, si  $K_c$  tiene un valor a uno tiene forma redonda; si tiene un valor de 1.25 es oval redonda; si tienen el valor de 1.50 es de forma oblonga; y si tiene un valor igual o mayor a 1.75 la cuenca tendrá forma rectangular-oblonga (Gaspari *et al.* 2013).

$$K_c = \frac{P}{2\pi R} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

$K_c$  = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la Cuenca (Km)

A = Área de la Cuenca (Km<sup>2</sup>)

#### **2.5.2 Parámetros de relieve de la cuenca.**

El relieve posee una incidencia más fuerte sobre la escorrentía que los parámetros de forma, debido que a una mayor pendiente corresponderá un menor tiempo de concentración de las aguas en la red de drenaje y afluentes al curso principal. Es así como a una mayor pendiente, corresponde una menor duración de concentración de las aguas de

escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal. Los parámetros de relieve tienen mayor influencia sobre la respuesta hidrológica de la cuenca.

#### **a. Relación área – altitud.**

La generación de la curva hipsométrica en un área es para proporcionar información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca por tramos de altura (Gaspari *et al.* 2013).

#### **b. Altitud media de la Cuenca.**

La altitud y la elevación media de una cuenca son importantes por la influencia que ejercen sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación y transpiración y que influyen en el caudal medio (Monsalve 1999).

El cálculo se realiza utilizando la siguiente formula.

$$H_m = \frac{\sum A_i * H_i}{\sum A_i}$$

Donde:

- H<sub>m</sub> : Altura media de la cuenca
- H<sub>i</sub> : Altura media de cada área parcial
- A<sub>i</sub> : Área parcial

#### **c. Pendiente media de la Cuenca.**

Según Monsalve (1999) es el promedio de las pendientes de la cuenca, es un parámetro muy importante que determina el tiempo de concentración y su influencia en las máximas crecidas y en el potencial de degradación de la cuenca, sobre todo en terrenos desprotegidos de cobertura vegetal. Existen varias metodologías, tanto gráficas como analíticas, que permiten estimar la pendiente de la cuenca.

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i$$

Dónde:

- S<sub>c</sub> = Pendiente de la cuenca
- C = Equidistancia entre curvas de nivel (Km)
- A = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)
- l<sub>i</sub> = Longitud de cada curva de nivel (Km)

Hoy en día el uso de programas como el Arcgis 10.4 y con la ayuda de un modelo digital de elevación, hacen posible determinar la pendiente de la cuenca con mayor facilidad y rapidez.

#### **d. Coeficiente orográfico.**

Es la relación entre el cuadrado de la altitud media del relieve y la superficie proyectada sobre un plano horizontal. Para cuencas con pendientes elevadas, el coeficiente orográfico es grande, el coeficiente indica la capacidad de erosión del suelo en cuencas de alta pendiente, ocurriendo lo contrario en cuencas planas caracterizado por pendientes suaves, ya que no hay mucha erosión en estas cuencas (Fattorelli, y Fernández 2011)

$$C_o = \frac{E^2}{A}$$

Dónde:

Co = Coeficiente Orográfico

E = Altitud media del Relieve (Km)

A = Área de la Cuenca (Km<sup>2</sup>)

### **2.5.3 Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca.**

La red de drenaje es probablemente, uno de los factores más importantes a la hora de caracterizar una cuenca, debido a que se refiere a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. La importancia radica en que se puede analizar la eficiencia del drenaje en el escurrimiento de salida, es decir la rapidez con que drena la cantidad de agua que recibe la cuenca (Villón 2002).

#### **a. Clasificación de corrientes.**

Según Villón (2002) las corrientes de agua pueden dividirse en tres clases generales dependiendo del tipo de escurrimiento, el cual se relaciona con las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca y son:

-Corriente perenne: son ríos que contienen agua permanentemente todo el año, ya que aún en época de sequía es abastecida continuamente, debido a que el nivel freático permanece por arriba del fondo del cauce.

-Corriente intermitente: son ríos que en general contienen agua sólo durante épocas de lluvia, su aporte termina cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce

-Corriente efímera: son ríos que contienen agua, sólo cuando llueve, después se secan.

### **b. Longitud del cauce principal.**

Es la longitud mayor de recorrido que realiza el cauce principal, desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades, hasta el punto más bajo del colector común, conocido como punto emisor. (Fattorelli y Fernández 2011).

### **c. Densidad de drenaje.**

La densidad de drenaje fue establecida por Horton, que es el cociente entre la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca y el área total de la cuenca. Cuanto mayor sea la densidad del drenaje, más rápida será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. En efecto, al ser la densidad de drenaje alta, una gota deberá recorrer una menor longitud de ladera, con una mayor velocidad de escurrimiento (Gaspari *et al.* 2013).

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Dónde:

$D_d$  = Densidad de drenaje (Km/Km<sup>2</sup>)

$L$  = Longitud total de la red de drenaje (Km)

$A$  = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

Según Monsalve (1999), la densidad de drenaje usualmente toma los valores siguientes:

- Entre 0 a 0.5 km/km<sup>2</sup>, para cuencas con drenaje pobre.
- Hasta 3.5 km/km<sup>2</sup>, para cuencas excepcionalmente bien drenadas.

### **d. Pendiente del cauce principal.**

La velocidad de la escorrentía superficial de los cursos de agua depende de la pendiente de sus cauces fluviales, así a mayor pendiente habrá mayor velocidad de escurrimiento y se expresa en porcentaje (Monsalve 1999).

La pendiente media del cauce principal, según Taylor y Schwartz es la relación entre la diferencia de alturas y la longitud del curso principal.

$$S_m = \frac{(H_M - H_m)}{1000 * L}$$

Dónde:

$S_m$  = Pendiente media del cauce principal (m/m)

$L$  = Longitud del cauce principal (Km)

$H_M$  = Altura máxima del lecho del río principal (m.s.n.m.)

$H_m$  = Altura mínima del lecho del río principal (m.s.n.m.)

#### e. Tiempo de concentración.

Es un parámetro que se usa bastante en los cálculos de la relación precipitación-escorrentía, es el tiempo que una partícula de agua tarda en llegar del punto más alejado al punto de desagüe (Fattorelli y Fernández 2011).

Para el cálculo del tiempo de concentración existen numerosas fórmulas empíricas, las más utilizadas:

Fórmula de Temes:

$$T_c = 0.30 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración (hr)

$L$  = Longitud del curso principal (Km)

$S$  = Pendiente a lo largo del cauce (m/m)

Fórmula de Bransby Williams:

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración (hr)

$L$  = Longitud del curso principal (Km)

A = Área de cuenca (Km<sup>2</sup>)

S = Pendiente a lo largo del cauce (m/m)

Fórmula de Kirpish:

$$T_c = 0.000325 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del curso principal metros.

S = Es la pendiente del canal en m/m.

## 2.6 INTERPOLACIÓN DE PRECIPITACIONES

La interpolación espacial es un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio, conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio. Los diferentes métodos de interpolación espacial se clasifican en dos grandes categorías: determinísticos y probabilísticos (Bosque 1997).

### 2.6.1 Métodos determinísticos.

Los métodos de interpolación determinísticos calculan un valor para la celda de la cuadrícula usando únicamente las propiedades físicas de las muestras de elevación. El método de interpolación determinístico más comúnmente empleado es la ponderación en función inversa de la distancia o IDW (Inverse Distance Weighting). Este método se encuentra disponible en la mayoría de los programas de sistemas de información geográfica (Paredes *et al.* 2013).

### 2.6.2 Métodos probabilísticos.

Los métodos de interpolación probabilísticos, a diferencia con los métodos determinísticos, infieren una gran cantidad de información utilizando las muestras disponibles. Los métodos de interpolación probabilísticos más comunes son los métodos geoestadísticos derivados de la forma genérica de Kriging, este nombre es debido a su inventor D. G. Krige (Paredes *et al.* 2013).

## 2.7 IMÁGENES SATELITALES SENTINEL 2.

El programa europeo Copernicus, con sus satélites Sentinel es un sistema de monitoreo del entorno operacional que proporciona datos satelitales gratuitos y de libre disponibilidad durante las próximas décadas. La principal herramienta de Copernicus es la serie de satélites Sentinel-2, proporcionan imágenes de resolución espacial de 10 a 60 metros con 13 bandas espectrales y frecuencia de revisión de cinco días en el Ecuador (Astola *et al.* 2019).

Las misiones de los satélites Sentinel están siendo utilizadas en muchas ramas de estudio, debido a su rango de resoluciones espaciales y espectrales, frecuentes visitas y garantía a largo plazo de continuidad de datos. Entre las ramas de estudio se encuentran la agricultura y la seguridad alimentaria, los datos de Sentinel se han utilizado para crear mapas dinámicos de cultivos, realizar un mapeo del tipo de cultivo, monitorear la producción de arroz o estimar los parámetros de la planta como el índice de área foliar, todos a resolución espacial a escala de campo (10–20m) (Guzinski y Nieto 2019).

**Cuadro 1: Bandas espectrales sentinel 2**

<b>Band</b>	<b>Description</b>	<b>Wavelengths(nm)</b>	<b>Resolution (m)</b>
1	Coastal aerosol	433-453	60
2	Blue	458-523	10
3	Green	543-578	10
4	Red	650-680	10
5	Vegetation Red Edge (RE1)	698-713	20
6	Vegetation Red Edge (RE2)	733-748	20
7	Vegetation Red Edge (RE3)	773-793	20
8	Near-Infrared (NIR)	785-900	10
8a	Narrow NIR (nNir)	855-875	20
9	Water Vapor	935-955	60
10	Shortwave infrared- Cirrus	1360-1390	60
11	Shortwave infrared (SWIR1)	1565-1655	20
12	Shortwave infrared (SWIR2)	2100-2280	20

Fuente: Astola *et al.* (2019)

## 2.8 ÍNDICE DE VEGETACIÓN.

El comportamiento teórico de la vegetación vigorosa muestra una reducida reflectividad en las bandas visibles debido al efecto absorbente de los pigmentos de clorofilas, xantofilas y



carotenos, captando la radiación situada en torno a los 0,445 μm. La clorofila presenta una segunda banda de absorción cercana a los 0,645 μm. Hay diferentes tipos de índices de vegetación disponibles, pero el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) es el más simple, eficiente y de uso común (Liu y Huete 1995).

Utilizando los datos del NDVI de la zona, los cambios en la cobertura vegetal presente en el área y también se puede estudiar la tendencia en la ocurrencia de sequías agrícolas (Sruthi y Aslam 2014).

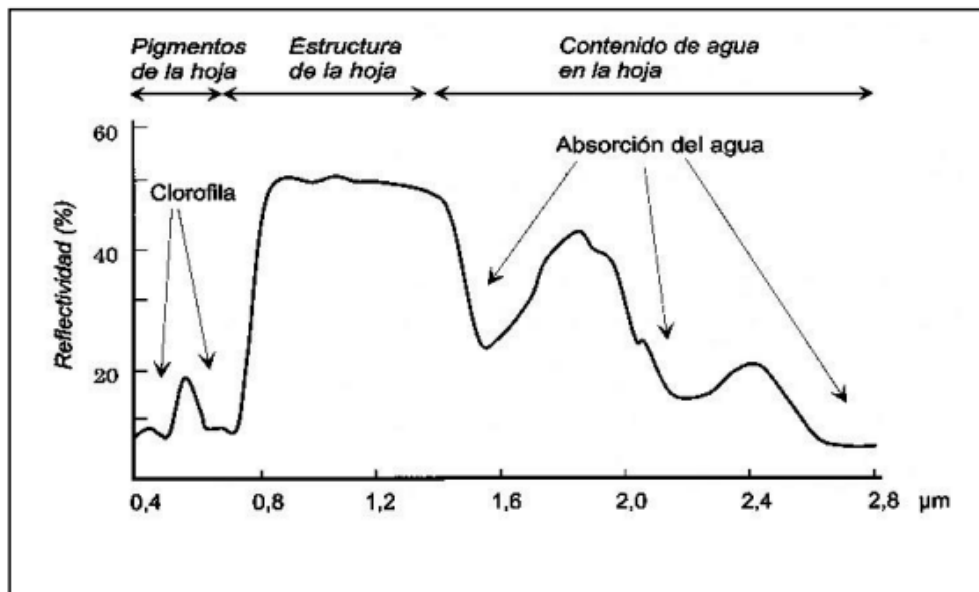
$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}}$$

Donde:

NDVI= Índice de vegetación de diferencia normalizada.

R<sub>nir</sub>= Reflectancia de la banda infrarrojo cercana.

R<sub>red</sub>= Reflectancia de la banda roja



**Figura 4: Comportamiento espectral teórico de la vegetación vigorosa**

Fuente: Chow *et al.* (1994)

## 2.9 ÍNDICE DE GLACIARES.

La capa de nieve es tan brillante como las nubes, y esto hace que sea difícil diferenciarla de ellas. Sin embargo, a 1,6 mm, la capa de nieve absorbe la luz solar y por esa razón aparece

representada más oscura que las nubes, esto nos permite hacer una distinción importante entre las nubes y la capa de nieve. El índice de glaciares, por lo tanto, demuestra la habilidad de separar las nubes de la nieve usando observaciones en estas longitudes de onda.

Las investigaciones de teledetección utilizaron primero el contraste en la reflectancia de la nieve entre el espectro visible, donde la nieve es brillante, y el espectro infrarrojo de onda corta, donde la nieve es oscura, para diferenciar las nubes de la nieve (Crane y Anderson 1984).

Según Dozier (1989) El índice de nieve de diferencia normalizada aplica este contraste para discriminar la nieve de las nubes y otras cubiertas superficiales en terrenos montañosos, donde el ángulo de iluminación solar local varía píxel a píxel.

$$NDSI = \frac{R_{vis} - R_{swir}}{R_{vis} + R_{swir}}$$

Donde :

NDSI= Índice de nieve diferenciada normalizada

$R_{vis}$ = Reflectancia de la banda visible

$R_{swir}$ = Reflectancia de la banda infrarroja de onda corta



### **3.2. MATERIALES.**

La información utilizada para el presente trabajo fueron las siguientes:

- Imagen satelital Sentinel 2B con 10 metros de resolución del área en estudio.
- Modelo Digital de Elevación (DEM) ALOS PALSAR de 12.5 metros de resolución.
- Datos de precipitaciones totales mensuales de 13 estaciones cercanas a la cuenca en estudio estaciones: Huánuco, Dos de Mayo, Carpish, Chaglla, Jacas Chico, Canchan, Tingo María, Yanahuanca, Oyon, Picoy, Ambo, San Rafael y Cerro de Pasco.
- Datos de caudales medios mensuales de la estación hidrológica Puente Taruca, ubicado en el distrito de Santa María del valle, provincia y región Huánuco.

### **3.3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.**

- Work station Dell precisión T7500.
- Gps Gamrnin Etrex
- Arcgis 10.4
- Envi 5
- Microsoft office 2016
- Hydraces.

### **3.4. METODOLOGÍA.**

#### **3.4.1. Trabajo de campo**

Las actividades que se realizaron durante la etapa de campo fueron las siguientes:

- Reconocimiento general del área en estudio para identificar la principal cobertura vegetal cuenca alta del Huallaga.
- Recopilación de información hidrometeorológica complementaria.

#### **3.4.2. Caracterización de cuenca en estudio.**

Se ha utilizado un modelo digital de elevación (DEM) Alos Palsar, para la generación de la cartografía base. Y con la ayuda del software Arcgis 10.4 se realizó el siguiente proceso, para la delimitación de la cuenca en estudio:

**Fill.** Es un proceso de llenado de celdas sin información o errores, que presentan la mayoría de los modelos digitales de elevación y que distorsiona los resultados del procesamiento del DEM.

**Flow Direction.** Crea un ráster de la dirección del flujo desde cada celda, es decir define la dirección de drenaje de cada píxel, desde la pendiente más empinada.

**Flow Accumulation.** Crea un ráster de flujo acumulado en cada celda. Se puede aplicar opcionalmente un factor de ponderación.

**Stream link.** Asigna valores únicos a secciones de una red lineal ráster entre intersecciones.

**Watershed.** Determina el área de contribución sobre un conjunto de celdas en un ráster y que es la delimitación propiamente de las microcuencas según el DEM utilizado. El ráster de la cuenca delimitada es convertido a vector o archivo shapefile.

Las características morfométricas, topográficas y fisiográficas se realizaron a partir del procesamiento del Modelo digital de elevación Alos Palsar de 12.5 metros de resolución.

La información referencial para la caracterización de la cuenca, se hizo a partir de la información existente disponible de la Zonificación Económica y Ecológica (ZEE) de la región Huánuco, así como otros estudios de distintas instituciones como lo es el ANA, etc.

### **3.4.3. Estimación de los caudales medios mensuales de cuenca.**

#### **a. Recolección, análisis y procesamiento de la información.**

La información hidrometeorológica que se utilizó en el presente trabajo corresponde a caudales medios mensuales y precipitaciones totales mensuales de las estaciones ubicadas dentro y fuera de las cuencas en estudio. Las estaciones pluviométricas utilizadas pertenecen al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI hasta el año 2018. Así como también información de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que presentan datos pluviométricos completadas desde el año 1965 hasta el año 2013 y se

muestra en el siguiente cuadro. Esto nos permite contar con información pluviométrica de 54 años desde el año 1965 hasta el año 2018.

Así como también información hidrológica de caudales medios mensuales de 21 años correspondiente a los periodos de 1965-1980 y 2014-2018.

**Cuadro 2: Estaciones meteorológicas para el estudio.**

N°	ESTACION	ESTE	NORTE	ALTITUD msnm	PERIODO
1	HUANUCO	363133.64	8899635.57	1947	1965-2018
2	DOS DE MAYO	305424.82	8925374.45	3613	1965-2018
3	CARPISH	381115.42	8931222.15	1950	1965-2018
4	CHAGLLA	401279.97	8912851.49	2800	1965-2018
5	JACAS CHICO	335500.31	8907086.09	3673	1965-2018
6	CANCHAN	358801.63	8899964.28	2250	1965-2018
7	TINGO MARIA	390126.89	8970885.46	660	1965-2018
8	YANAHUANCA	334434.56	8840056.48	3150	1965-2018
9	OYON	306538.10	8820210.77	3667	1965-2018
10	PICOY	310165.10	8792142.10	2920	1965-2018
11	AMBO	372152.38	8879585.84	3025	1965-2018
12	SAN RAFAEL	371182.14	8857947.86	2722	1965-2018
13	CERRO DE PASCO	363265.56	8817620.93	4260	1965-2018

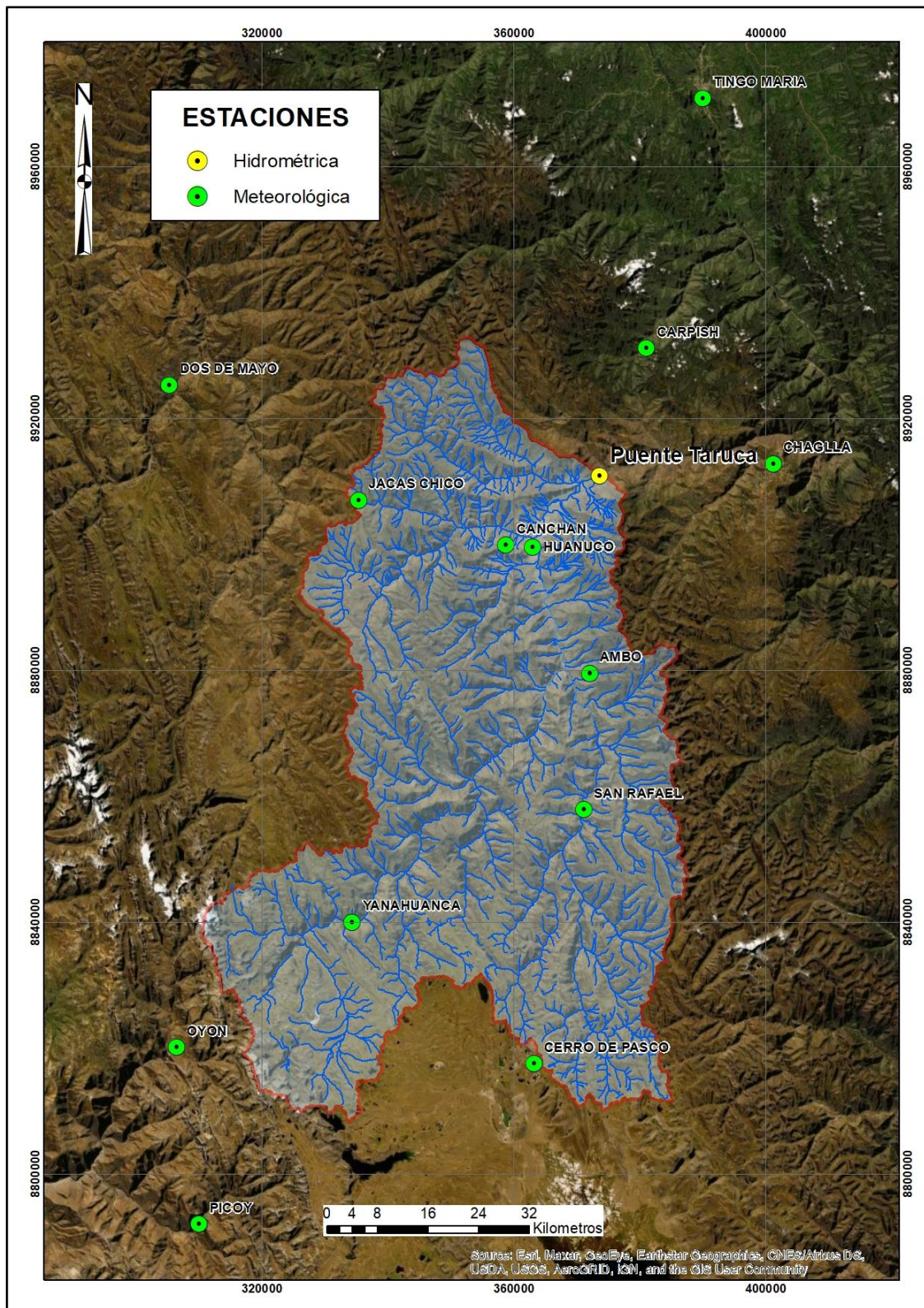
**Cuadro 3: Estación hidrométrica para el estudio.**

ESTACION	UBICACION	ESTE	NORTE	ALTITUD msnm	PERIODO
TARUCA	RÍO HUALLAGA	373686.6	8910924	1967	1965-1981 2014-2018

**Cuadro 4: Información disponible en precipitaciones y caudales.**

AÑOS	1965- 1970	1971- 1980	1981- 1990	1991- 2000	2001- 2013	2014- 2018
PRECIPITACIONES	con datos	con datos	con datos	con datos	con datos	con datos
CAUDALES	con datos	con datos	sin datos	sin datos	sin datos	con datos



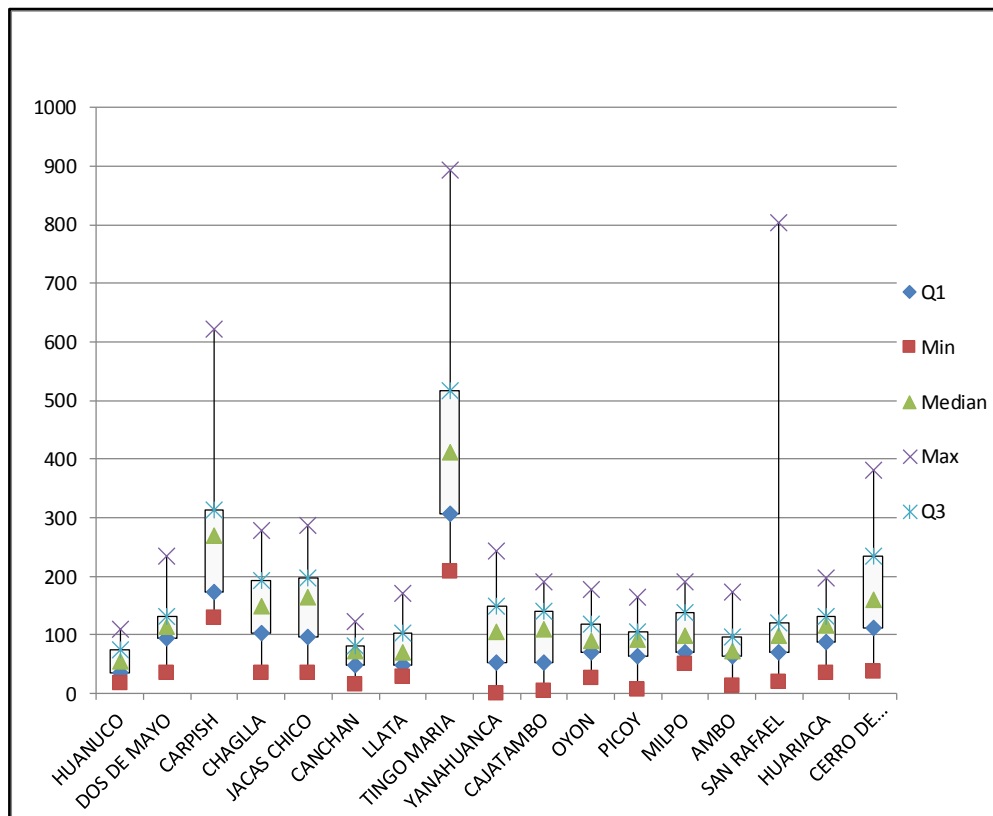


**Figura 6: Estaciones hidrometeorológicas existentes para el estudio.**

## b. Análisis exploratorio de los datos

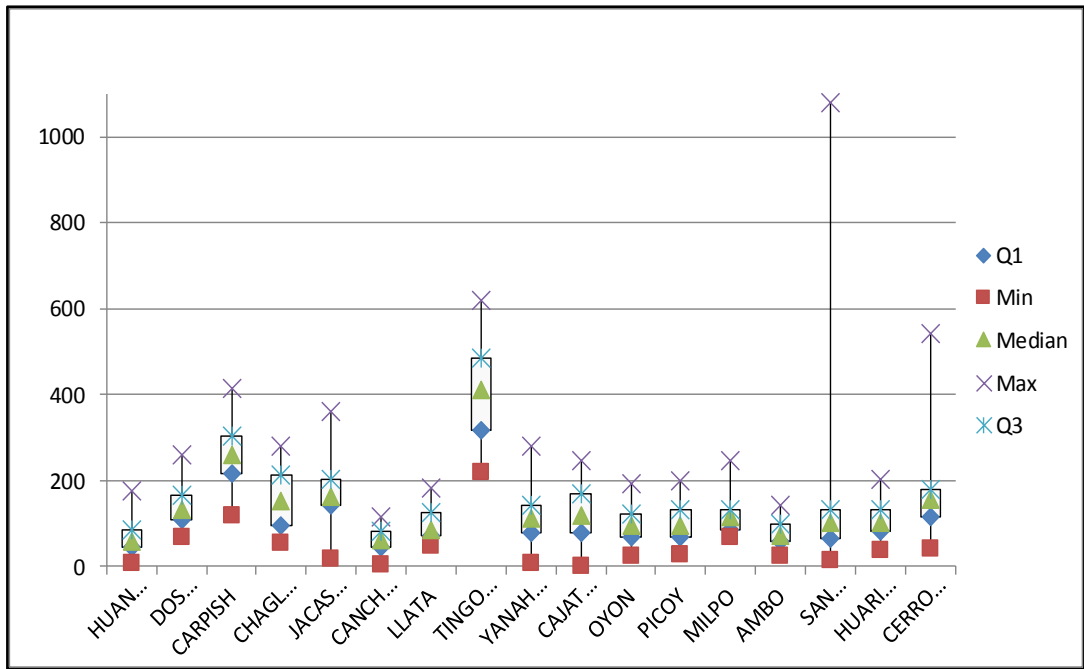
### -Precipitaciones totales mensuales.

El primer paso fue el análisis gráfico, que es la observación visual de los datos, lo cual se realiza mediante representaciones gráficas diseñadas para resaltar características específicas. La visualización gráfica también puede ser usada para sugerir hipótesis que posiblemente puede ser considerado en las etapas iniciales de un análisis posterior orienta la elección de la estrategia de análisis. Se usó el diagrama de cajas para determinar valores atípicos de las 13 estaciones utilizadas, por lo que se identificó valores atípicos de la estación San Rafael en los meses de enero, febrero, marzo setiembre y diciembre y se procedió a eliminarlos.

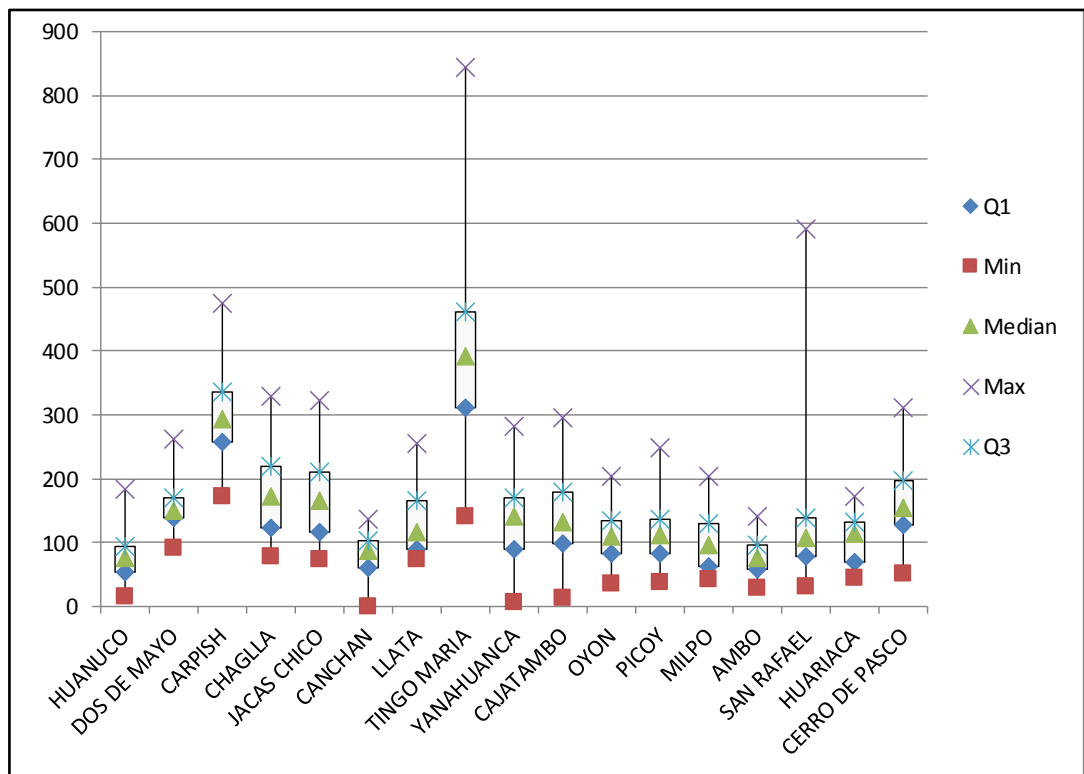


**Figura 7: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas correspondiente al mes de enero.**

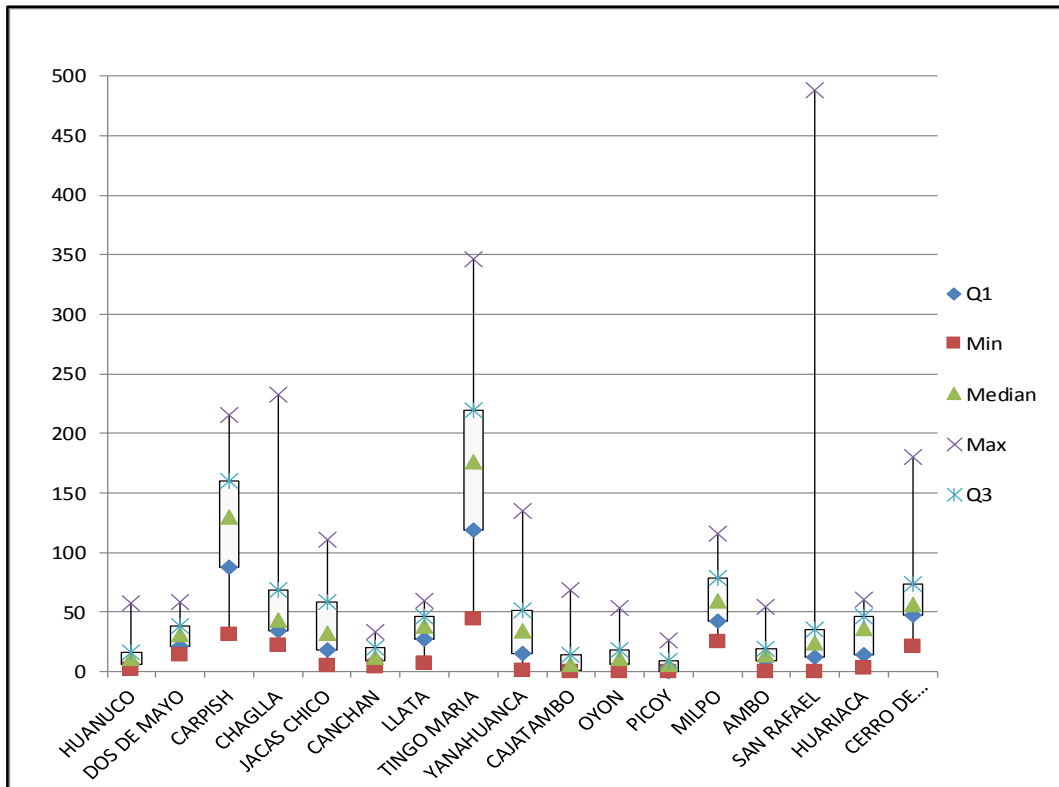




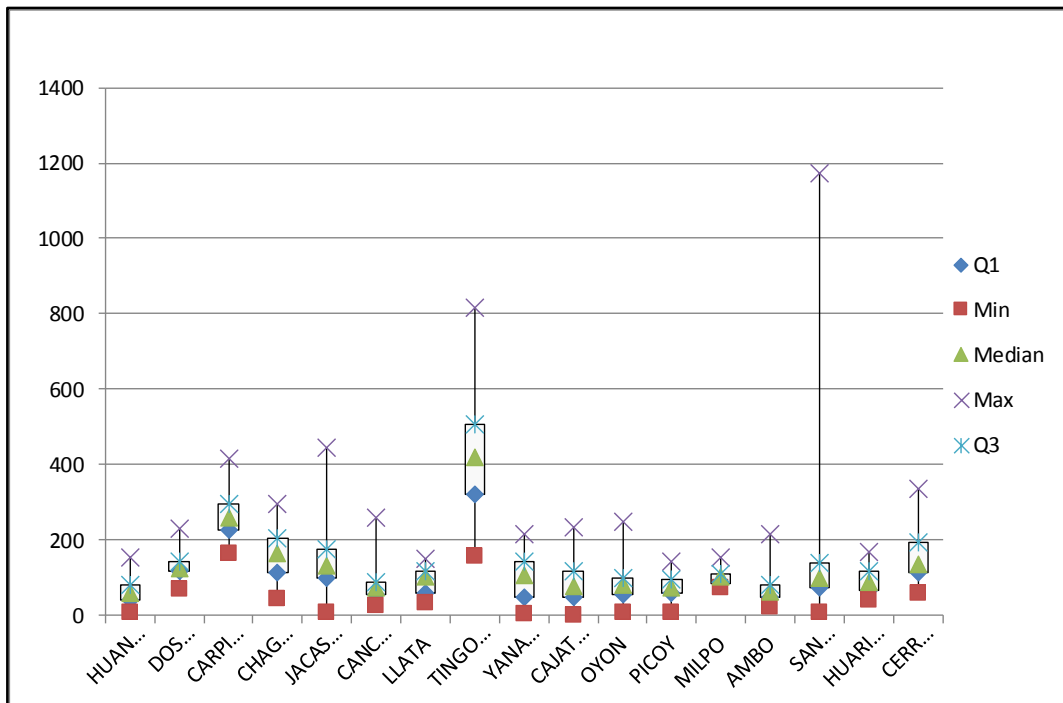
**Figura 8: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas del mes de Febrero.**



**Figura 9: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas del mes de marzo.**



**Figura 10: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas del mes de Setiembre.**



**Figura 11: Diagrama de cajas de las estaciones pluviométricas correspondiente al mes de Diciembre.**

### **-Caudales medios mensuales.**

Para la identificación de los valores atípicos del registro de caudales de la estación Puente Taruca se usó el cálculo de los rangos intercuartil en los periodos de 1965-1980 y 2014-2018.

#### 1. Cálculo del rango intercuartil

$$RI = Q3 - Q1$$

Donde:

RI = rango intercuartil

Q3 = tercer cuartil(75%)

Q1 = primer cuartil(25%)

#### 2. Cálculo del paso

$$\text{Paso} = 1,5 * RI$$

3. Calculo de los límites internos (inferior y superior) y los límites externos (inferior y superior).

$$CIi = Q1 - \text{Paso}$$

$$CIs = Q3 + \text{Paso}$$

$$CEi = Q1 - 2 * \text{Paso}$$

$$CEs = Q3 + 2 * \text{Paso}$$

Donde:

CIi= Límite interna inferior

CIs= Límite interna superior

Cei= Límite externa inferior

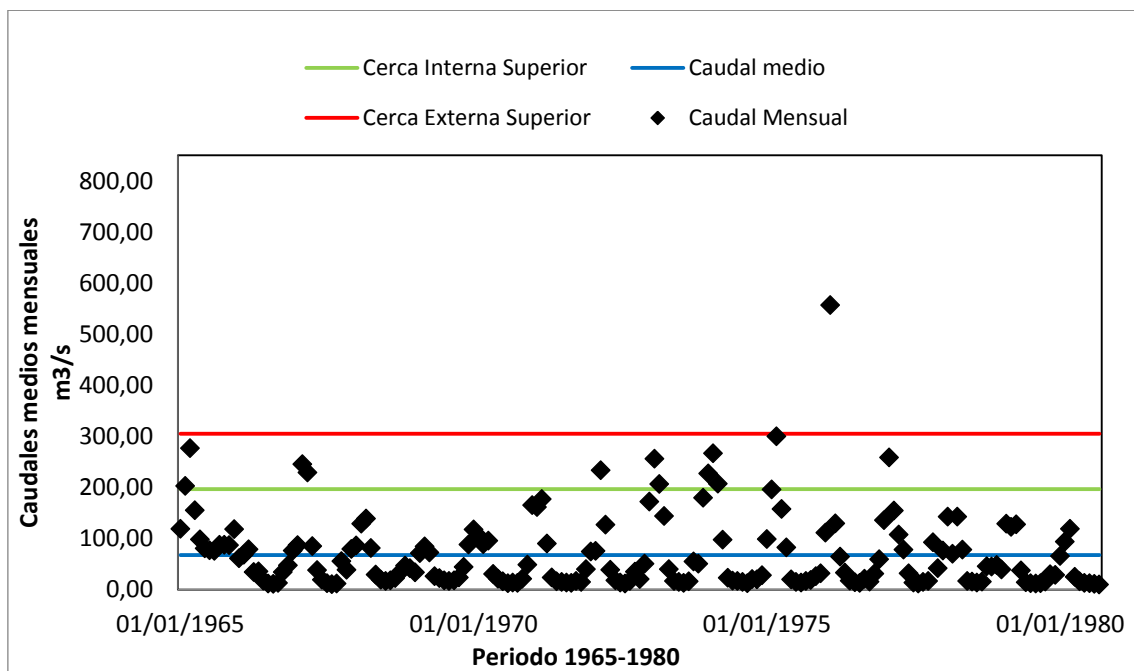
CEs= Límite externa superior

Los valores ubicados entre la media y los límites internos (inferior y superior) son denominados adyacentes, los valores entre los límites internos y los límites externos son considerados como alejados y los valores ubicados fuera de los límites externos (inferior y superior) son considerados como muy alejados. Los valores ubicados fuera de los límites externos son por lo general considerados como valores atípicos (Lavado 2012).

**Cuadro 5: Identificación de valores atípicos periodo 1965-1980.**

Parámetro	Valor
Q1	16.3633333
Min	9.59
Median	38.48
Max	556.21
Q3	88.461
RI=Q3-Q1	72.0976667
PASO	108.1465
CIi	-91.783167
CIe	196.6075
CEi	-199.92967
CEe	304.754
N° outliers	1

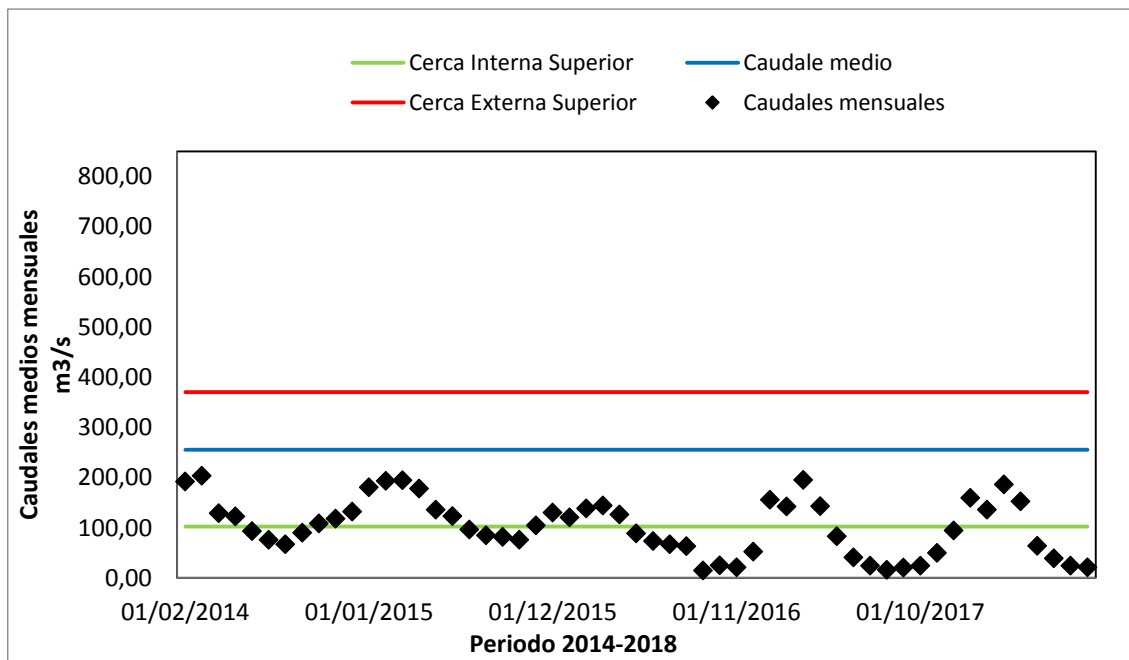
Se ha logrado identificar un valor atípico en el mes de febrero del año 1976, como se muestra en la Figura 12, el cual se procedió a eliminar.



**Figura 12: Distribución de las precipitaciones totales mensuales periodo 1965-2018 mostrando los límites internos y externos.**

**Cuadro 6: Identificación de valores atípicos periodo 2014-2018.**

Parámetro	Valor
Q1	63.4933909
Min	14.83
Median	96.16
Max	203.28
Q3	140.228449
RI=Q3-Q1	76.7350578
PASO	115.102587
CIi	-51.609196
CIe	255.331035
CEi	-166.71178
CEe	370.433622
N° outliers	0



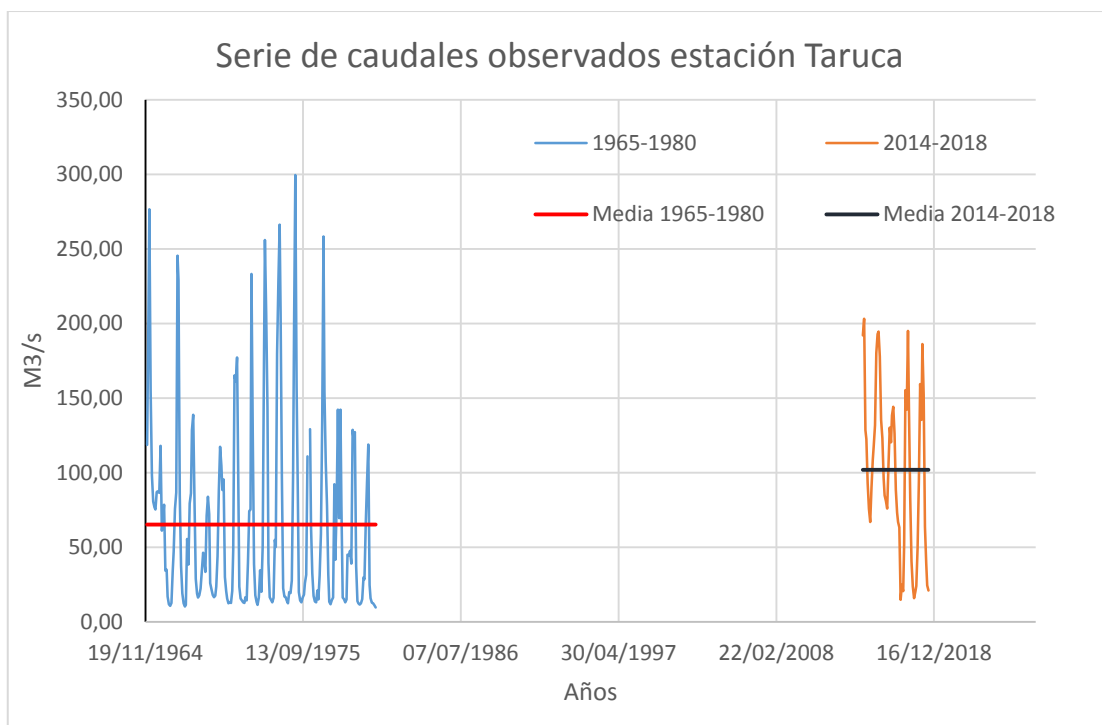
**Figura 13: Distribución de las precipitaciones totales mensuales periodo 2014-2018 mostrando los límites internos y externos**

### c. Análisis de consistencia de la información

La inconsistencia y homogeneidad de registros hidrológicos, es muy importante para la identificación, cuantificación y corrección de las series donde existen errores sistemáticos. Se realizó un análisis mediante criterios gráficos y métodos estadísticos que nos permitió identificar, evaluar y corregir los errores sistemáticos que se presentaron en la serie de registros de caudales medios mensuales.

#### Análisis Grafico.

Se realizó un análisis visual gráfico a la información hidrológica histórica de la estación hidrométrica Puente Taruca, ubicándose en las ordenadas los valores de la serie y en las abscisas el tiempo. Encontrando una diferencia gráfica en las medias de las series de 1965-1980 y del 2014-2018, esto puede ser debido al cambio de equipo de la estación hidrológica.



**Figura 14: Caudales observados de la estación Puente Taruca**

### **Análisis Estadístico.**

Después de realizar el análisis gráfico a las series históricas de caudales, se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar. Los métodos estadísticos utilizados para analizar la consistencia en la media fue la prueba T student. Y el análisis de consistencia en la desviación estándar se ha realizado utilizando la prueba de Fisher para los periodos 1965-1980 y 2014-2018.

**Cuadro 7: Análisis de consistencia de caudales registrados.**

Caudales	Periodo	Periodo
	1965-1980	2014-2018
Media	65.23	101.97
Desv estandar	64.5423562	55.4192192
Variancia	4165.71575	3071.28985
Tcal	3.827	
Ttab	1.969	inconsistente
Fcal	1.3563408	
Ftab	1.46	consistente

### **Corrección de los caudales medios mensuales.**

Según el análisis de consistencia realizado en la media y la desviación estándar de los dos periodos de caudales, se tiene como resultado inconsistencia en la media de los dos periodos, según la prueba T student. Pero el análisis de consistencia para la desviación estándar es consistente según la prueba de Fisher.

Según Mejía (2006) es recomendable corregir los datos del primer periodo, dejando inalterados los datos más recientes, ya que en cualquier momento se puede hacer una inspección y conocer el estado de operación y conservación de la estación actual. Por lo tanto, se procedió a corregir los caudales del primer periodo 1965-1980.

Para el primer periodo:

$$Xt' = \left[ \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1} \right] * S_2 + \bar{X}_2$$

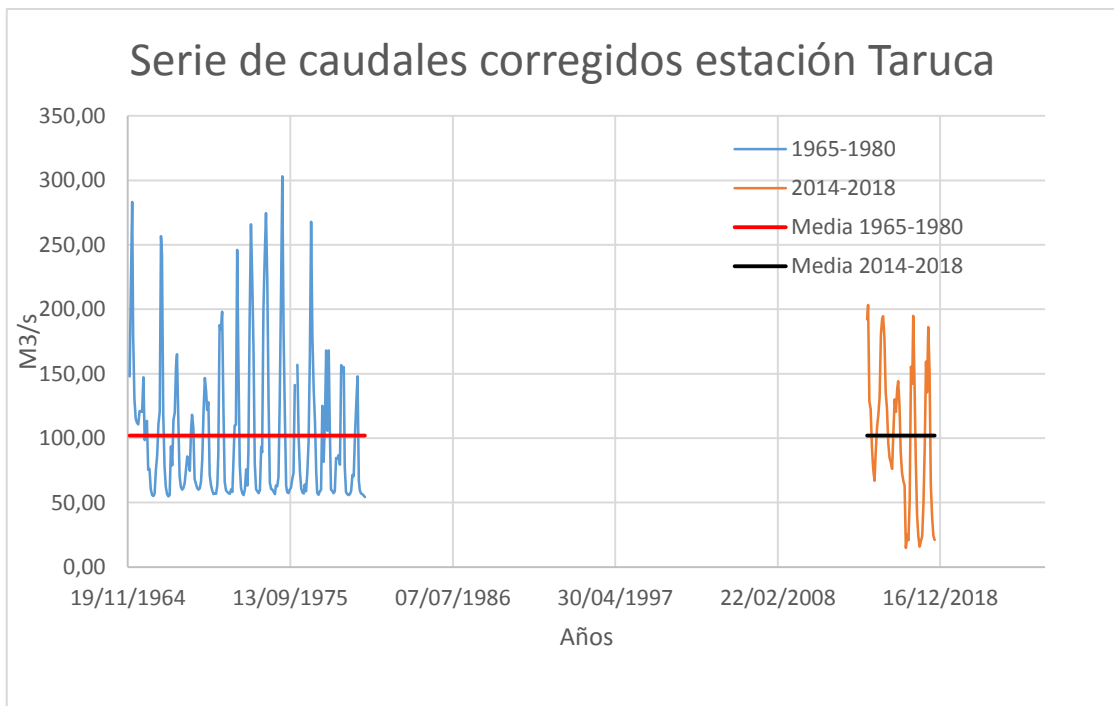
Para el segundo periodo:

$$Xt' = \left[ \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2} \right] * S_1 + \bar{X}_1,$$

En ambos casos:

$X'_t$  = Valor corregido de la información.

$X_t$  = Valor a ser corregido.

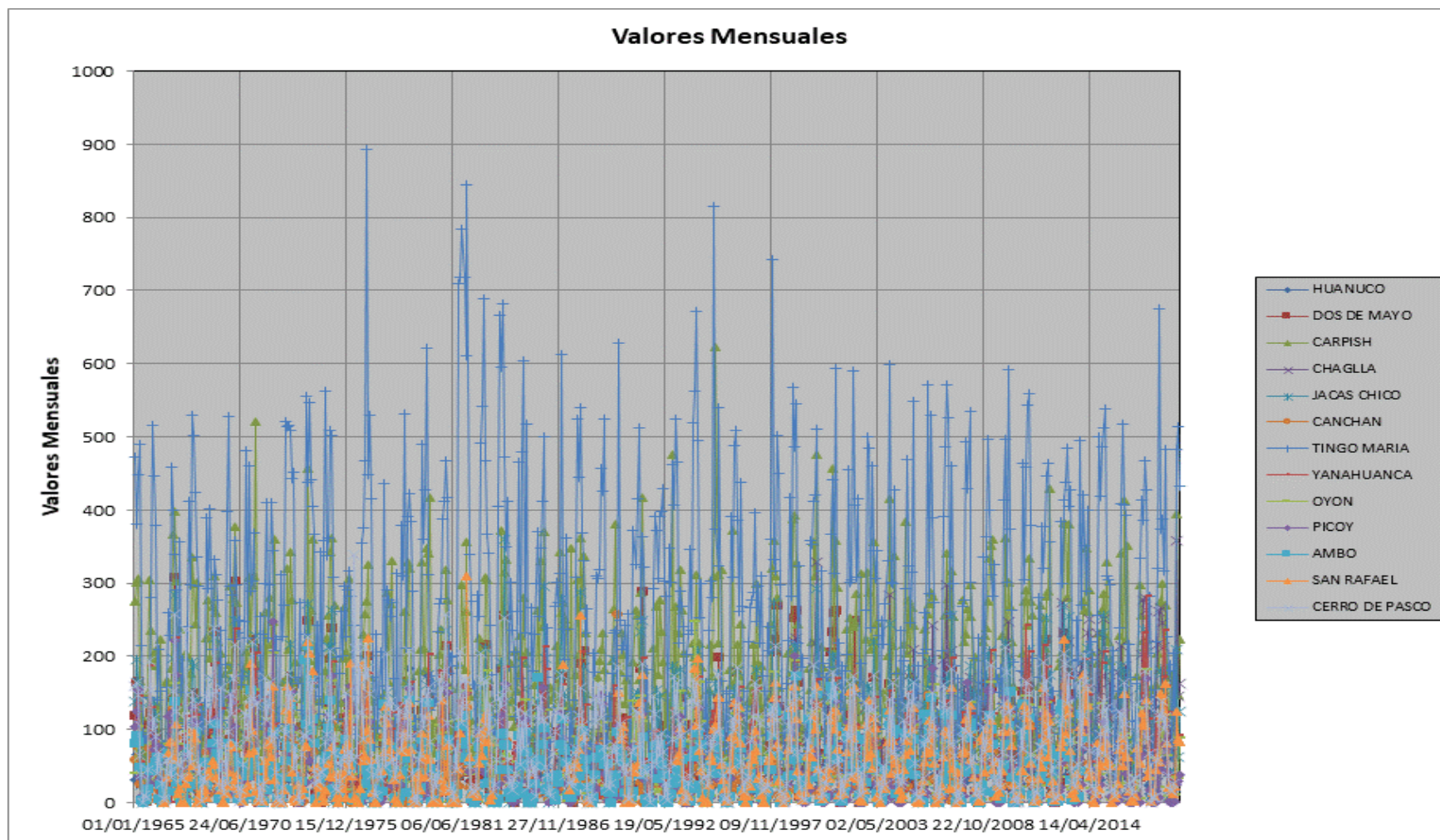


**Figura 15: Caudales observados corregidos según análisis de consistencia.**

#### **d. Completación de datos.**

Para la completación de datos de precipitación faltantes y eliminados, se usó el método del vector regional, que considera una región climática homogénea, que se basa en la construcción de una estación ficticia en base a la información disponible y para cada año se calcula un índice y se aplica también a los datos mensuales.





**Figura 16:** Serie de precipitaciones mensuales si valores atípicos 1965-2018

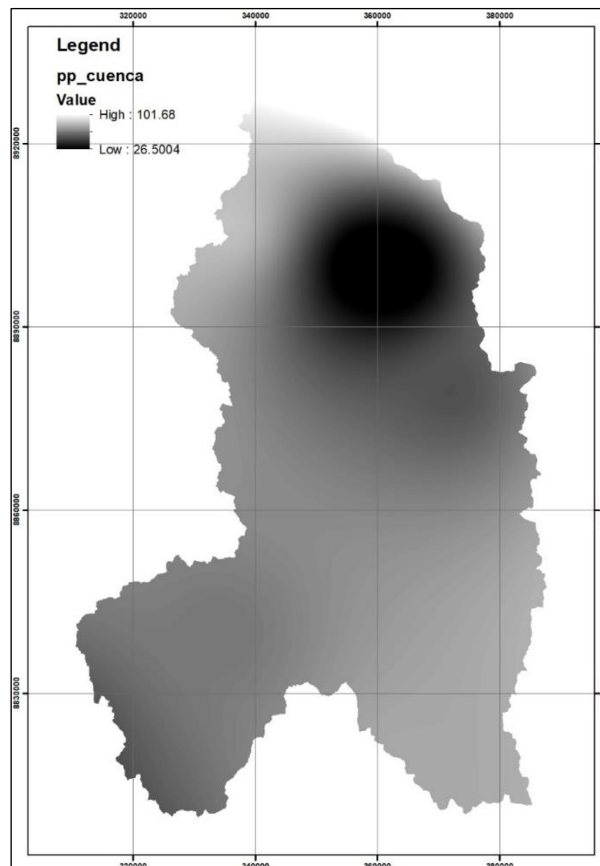
### e. Delimitación de la Cuenca propuesta.

Se ha utilizado el DEM Alos Palsar de 12.5 metros de resolución para la generación de la cartografía base. Y con la ayuda del software Arcgis 10.4 se tiene el área de la cuenca alta del río Huallaga que es de 5,545.53 km<sup>2</sup> para la estimación de los caudales medios mensuales con el modelo distribuido racional.

### f. Sub modelo de Precipitación.

La precipitación total mensual, se modeló espacialmente con una interpolación a partir de datos de precipitaciones mensuales de las 13 estaciones pluviométricas de un periodo 54 años desde el año 1965 hasta el año 2018 obteniéndose 648 archivos rásters interpolados.

Para la interpolación se realizó en el software ArcGis 10.4.1, y el método que se usó fue el IDW (Peso Inverso de la Distancia), obteniéndose grillas interpoladas, con un valor alfanumérico de la lámina de precipitación.



**Figura 17: Precipitaciones interpoladas del mes abril de 1965.**

### **g. Sub modelo de Coeficiente de Escorrentía**

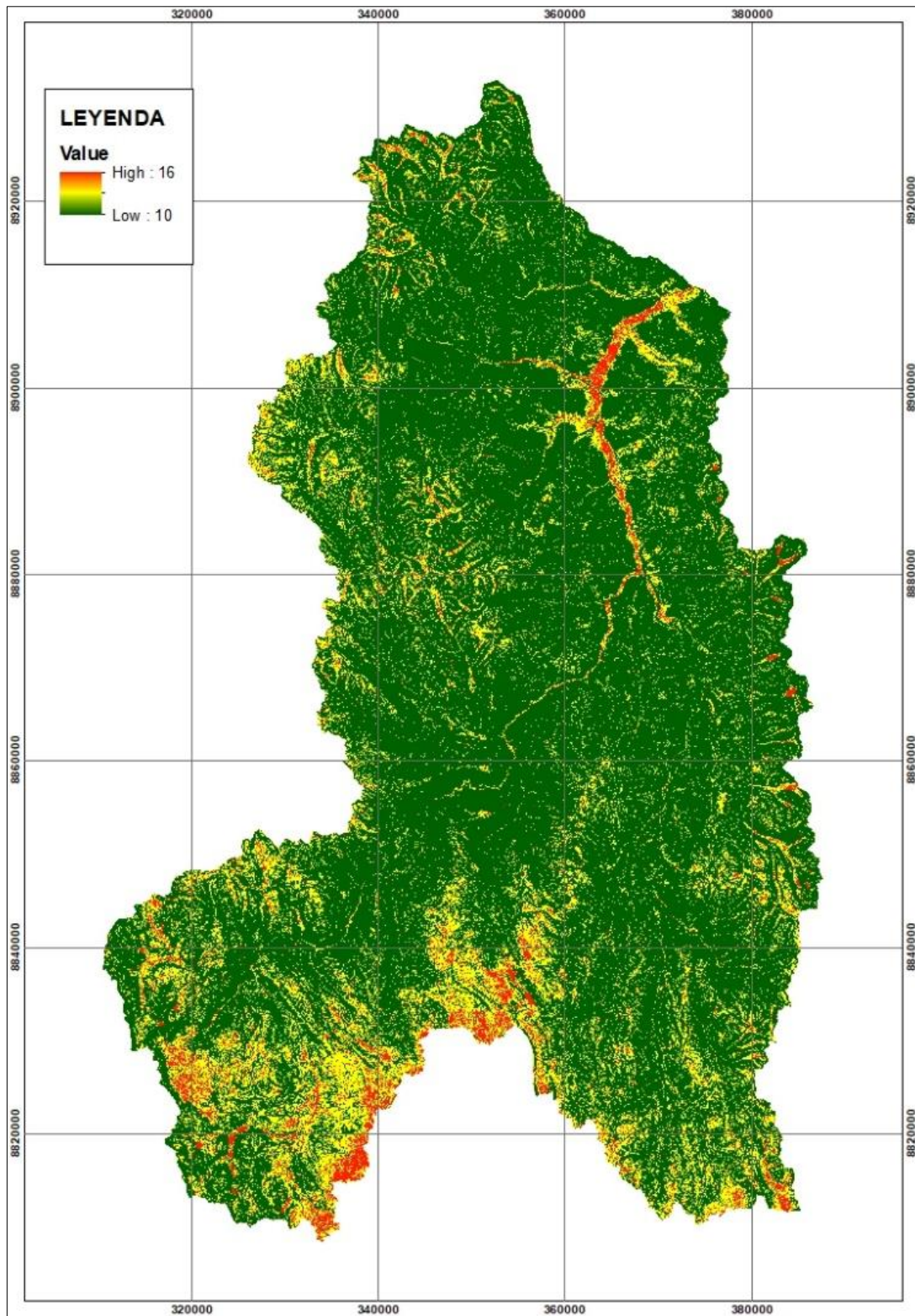
Para este sub modelo se tiene en cuenta la pendiente de la cuenca, el índice de cobertura vegetal, y el índice de glaciares que existen dentro de la cuenca en estudio.

#### **-Pendiente.**

Para el modelamiento de la pendiente, se hizo a partir del DEM ALOS PALSAR y la herramienta SLOPE de ArcGIS, en donde se generó pendientes en porcentaje y fueron reclasificadas de la siguiente manera:

**Cuadro 8: Rango de reclasificación de pendiente.**

Valor	Rango de pendiente
16	0-2%
14	2-8%
12	8-25%
10	25% a más.



**Figura 18:** Pendientes reclasificadas en la cuenca en estudio.

### **-Cobertura Vegetal.**

Para el modelamiento de la cobertura vegetal se utilizó las imágenes Sentinel 2-B. que fueron descargados de la página Earth Explorer que tienen los siguientes nombres o metadada con fecha 08 de setiembre del 2018:

-S2B\_MSIL1C\_20180908T151659\_N0206\_R125\_T18LUQ\_20180908T214519.SAFE

-S2B\_MSIL1C\_20180908T151659\_N0206\_R125\_T18LUP\_20180908T214519.SAFE

Para hallar el índice de vegetación, se utilizó el Índice de Vegetación Diferenciado Normalizado (NDVI) mediante el programa ENVI 5.0. Los valores del NDVI varían de -1 a +1, los valores menores a cero representan superficies sin vegetación alguna, que podrían ser suelos desnudos, rocas, cuerpos de agua, nevados, etc., y las mayores a cero representan superficies con vegetación. Las bandas utilizadas fueron las reflectancias de las bandas ocho y cuatro.

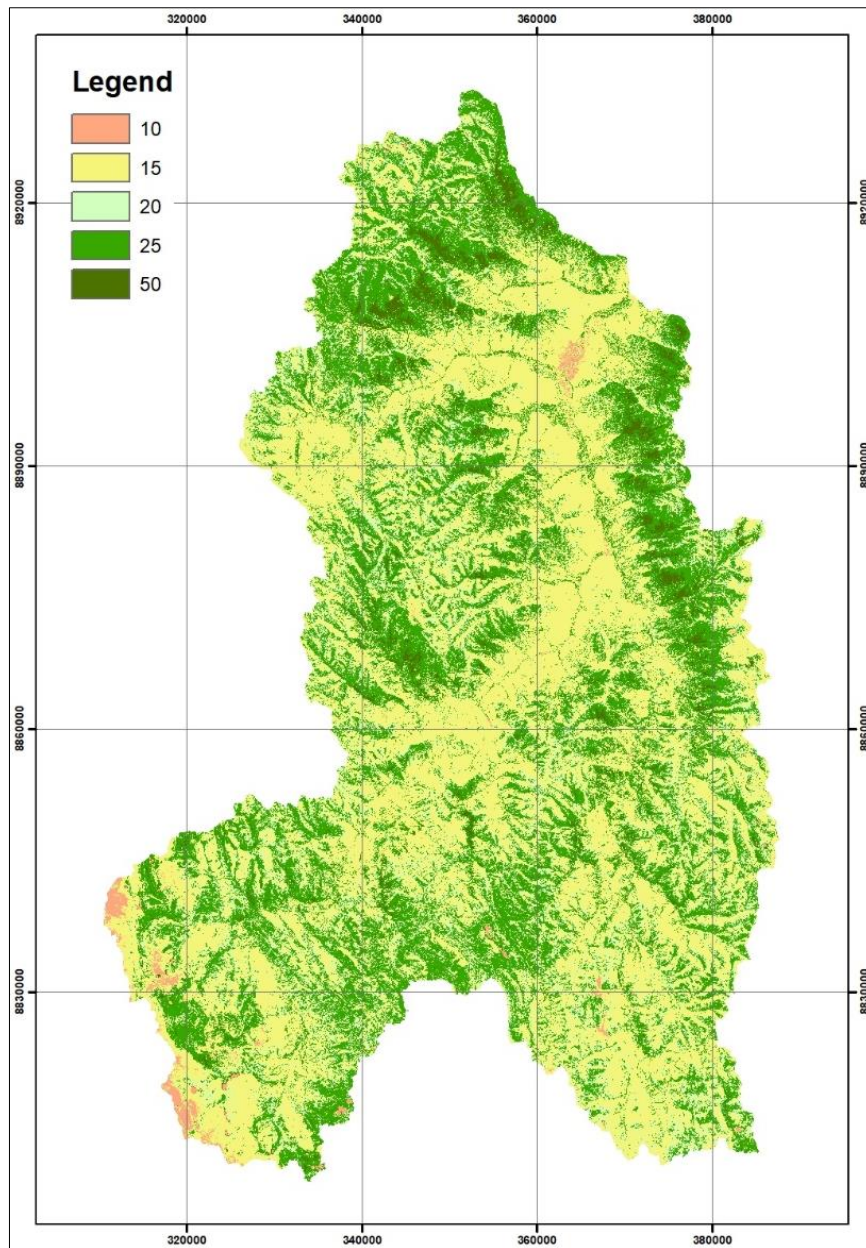
$$NDVI = \frac{b8 - b4}{b8 + b4}$$

El NDVI determinado de las imágenes Sentinel 2B, se reclasificaron de la siguiente manera:

**Cuadro 9: Valores reclasificados del Índice de Vegetación.**

Rango de Índice de Vegetación	Valor Reclasificado
-1 a 0.1	10
0.1 a 0.38	15
0.38 a 0.43	20
0.43 a 0.68	25
0.68 a 1	50





**Figura 19: Mapa de cobertura vegetal reclasificada.**

**-Cobertura de índice de Glaciares.**

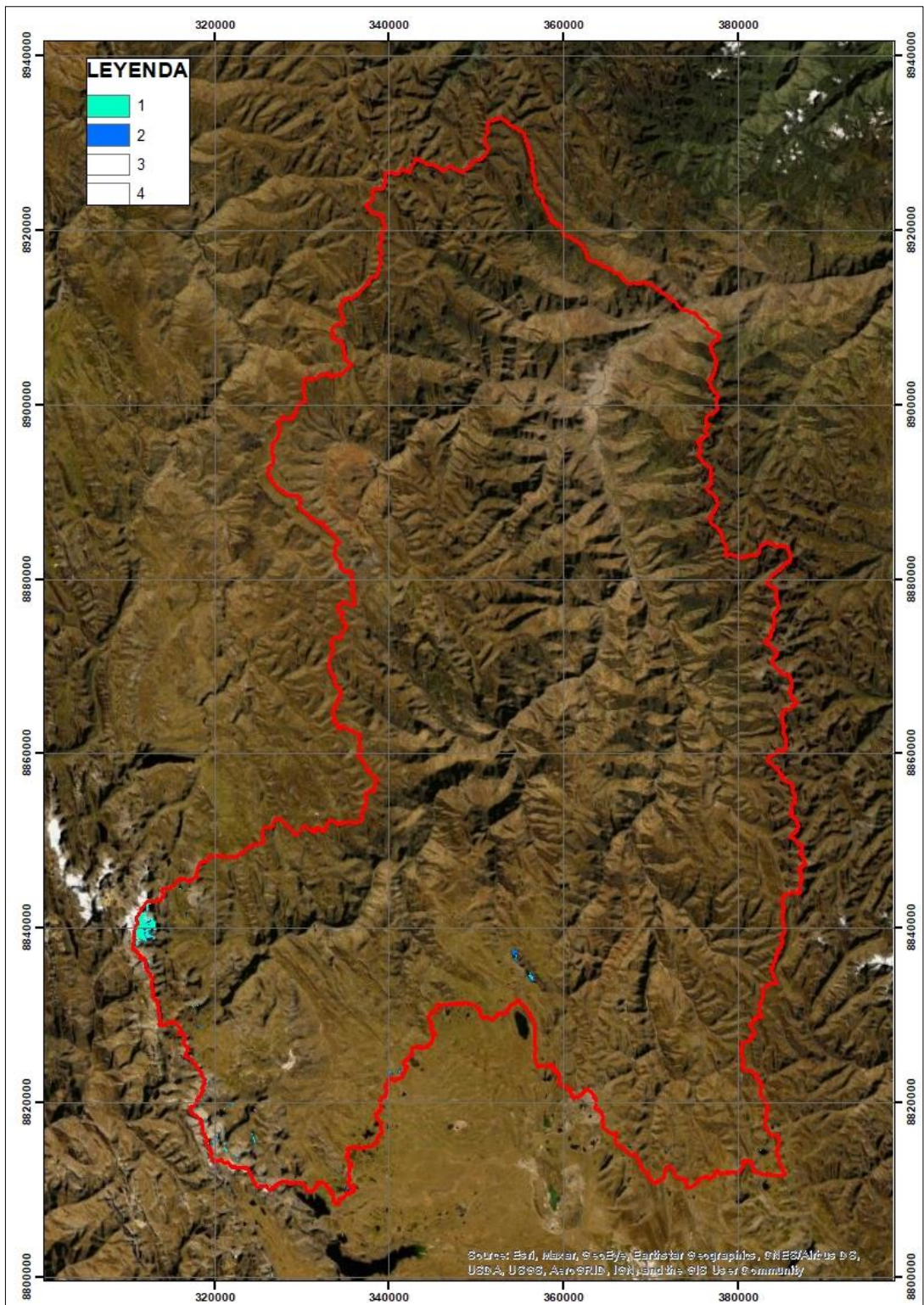
Se utilizó también las imágenes Sentinel 2B, con la fórmula empírica de índice de nieve diferencial normalizado (NDSI), el cual utiliza las reflectancias de la banda verde y la banda infrarrojo de onda corta, lo cual corresponde a la banda tres y once de las imágenes Sentinel 2B, respectivamente.

$$NDSI = \frac{b3 - b11}{b3 + b11}$$

Según Ramos *et al.* (2004) los valores de índice de nevados diferenciado normalizado varían -1.0 y 1.0, los valores menores a 0, representa cuerpos sin presencia de agua, es decir no hay humedad sobre la superficie, los valores de cero 0.0 a 0.1, representan alguna presencia de agua en el suelo, los valores de 0.1 a 0.2 representan suelos con mediana humedad, los valores de 0.2 a 0.4, representan en su gran mayoría suelos saturados, o pequeños cuerpos de agua, los valores de 0.4 a 0.7, representan cuerpos de agua, los valores entre 0.65 a 0.7, ya puede representar presencia de nevados, con cierto punto de fusión, 0.7 a 1.0 representan nevados, o cuerpos de hielo. Estos valores fueron reclasificados según el siguiente cuadro.

**Cuadro 10: Valores reclasificados del NDSI.**

Rango de Índice NDSI	Valor Reclasificado
-1 a 0	4
0 a 0.4	3
0.4 a 0.7	2
0.7 a 1	1



**Figura 20:** Mapa de nieve diferencial normalizado reclasificado.



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

El coeficiente de escorrentía se estimó para cada mes, desde enero hasta diciembre, obteniendo 12 rásters o mapas de coeficientes de escorrentía y se realizó de la siguiente manera:

$$CE = \frac{n}{\text{Valor pendiente} + \text{Valor NDVI} + \text{Valor NDSI}}$$

CE= Coeficiente de escorrentía.

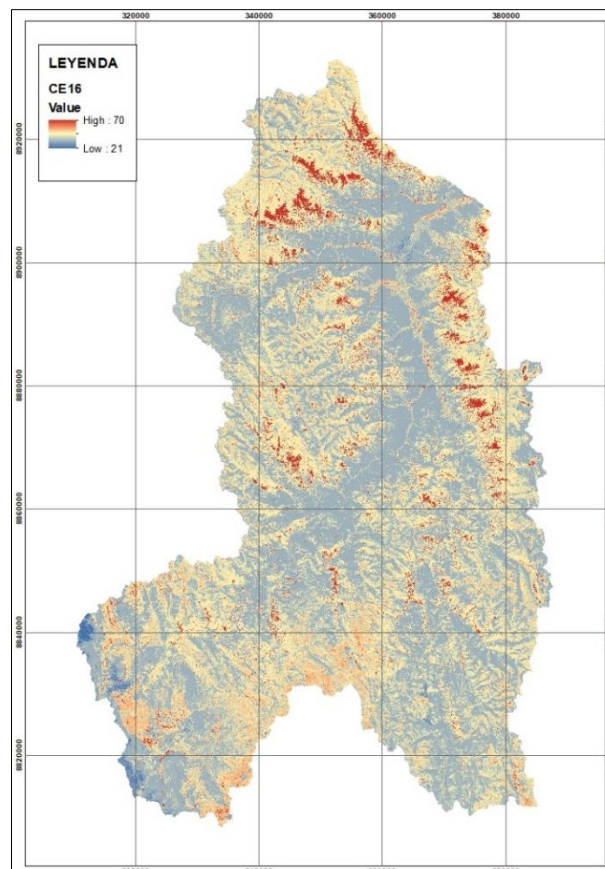
n=Coeficiente a calibrar.

Valor pendiente =Valor de pendiente reclasificado.

Valor NDVI=Valor reclasificado de índice de cobertura vegetal.

Valor NDSI= Valor reclasificado de índice de glaciares.

Según la fórmula establecida primero se suman los valores finales de pendiente, cobertura vegetal y glaciares, obteniendo el siguiente mapa:



**Figura 21: Suma de valores de pendiente, cobertura vegetal y glaciares.**

Luego se hace la calibración del coeficiente “n”, para cada mes. El coeficiente de escorrentía de forma inicial hasta la final de la calibración fue:

$$CE_i = 4.99 / (\text{Valor pendiente Valor NDVI} + \text{Valor NDSI}) \dots \text{inicial}$$

$$CE_f = 20.99 / (\text{Valor pendiente Valor NDVI} + \text{Valor NDSI}) \dots \text{final}$$

Según Nagi (2010), para estimar la escala del mapa de coeficiente de escorrentía se usó la fórmula:

$$\text{Escala del mapa} = \text{Resolución del ráster en metros} * 2 * 1000$$

Como la resolución del ráster de coeficiente de escorrentía es de 20 metros, entonces las escalas de los mapas del coeficiente de escorrentía son de 1/40,000.

#### **-Conversión de la precipitación en escorrentía**

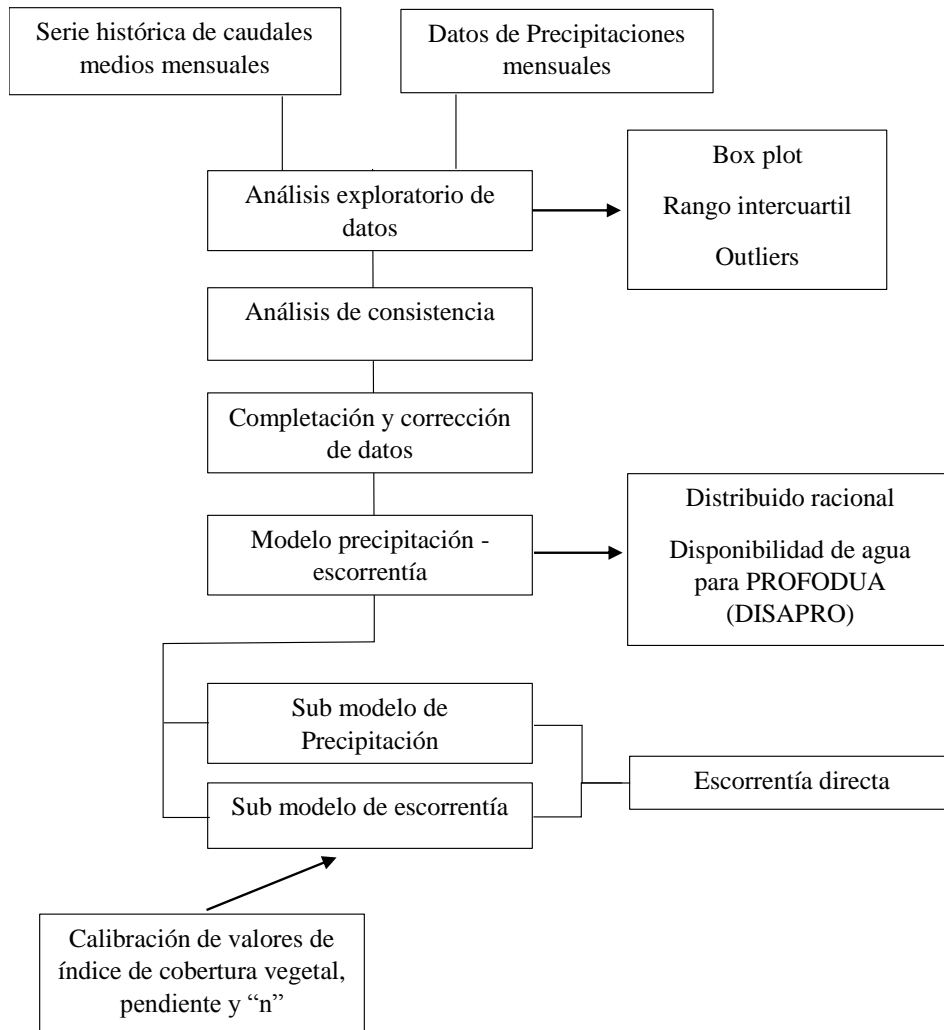
Para obtener la escorrentía, se multiplica los 648 archivos rásters generados de las precipitaciones, con el ráster de coeficiente de escorrentía CE<sub>f</sub>. El coeficiente de escorrentía final para cada mes, tienen una resolución espacial de 20 m, por lo que el valor de la escorrentía se le multiplica por 0.4 para obtener la escorrentía en metros cúbicos.

$$E (m^3) = PP_{\text{mesi}} * CE * 0.4$$

#### **g. Generación de Caudales.**

Todo el proceso mencionado anteriormente es a nivel de pixel, por lo que se necesita determinar el caudal a nivel de toda la cuenca, es decir la suma de todos los valores de los pixeles en el área de la cuenca.

La generación de caudales de escorrentía directa se realizó con el programa Arcgis, obteniéndose los valores de descargas, a través de una operación con la herramienta de análisis espacial, denominada zonal estadística, el cual suma los valores de todos los pixeles de los 648 archivos rásters de escorrentía en función al polígono de la cuenca del presente estudio.



**Figura 22: Resumen del desarrollo de la metodología para la generación de escorrentía.**

Para la estimación de los caudales medios mensuales, en donde se tiene en cuenta las otras variables como son las infiltración y caudal base, se hizo mediante el principio del proceso Markoviano de primer orden, en donde se considera el caudal actual del mes, el caudal del mes anterior y una variable que se determinó por regresión lineal:

$$Q_t = X_1 E_d + X_2 E_a + X_3$$

Donde:

$Q_t$ =Caudal medio mensual en el mes t.

$E_d$ = Escorrentía directa del mes t.

$E_a$ = Escorrentía directa del mes t-1.

$X_3, X_2, X_1$ = Variables a determinar por regresión lineal.

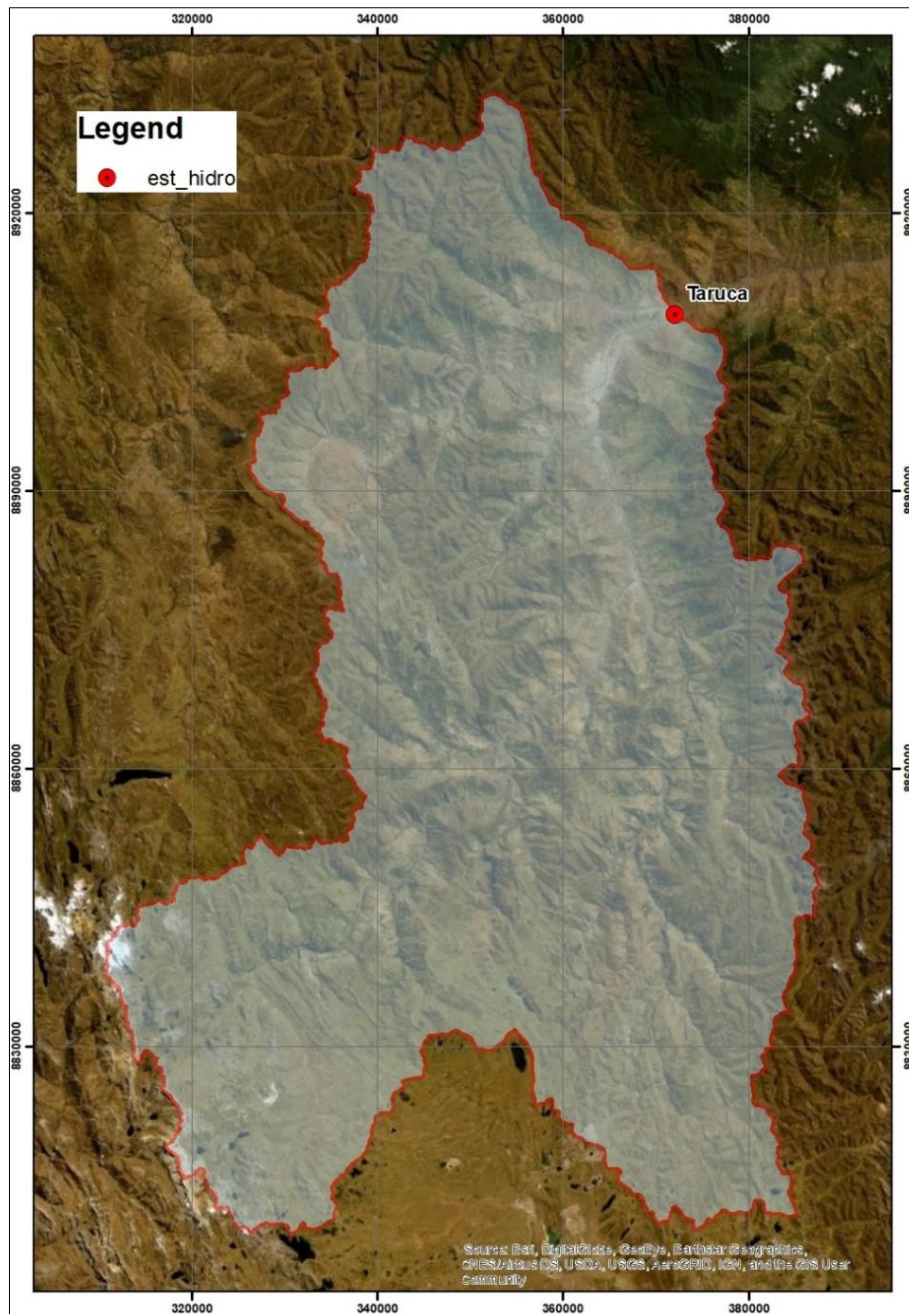
#### **3.4.4. Calibración y validación.**

Para la calibración del modelo distribuido se usó la estación hidrológica del Puente Taruca del SENAMHI, en el río Huallaga ubicada en el distrito de Santa María del Valle de la provincia y departamento de Huánuco. Que cuenta con información de caudales mensuales desde el año 1965-1980 y 2014 -2018.

La calibración se realizó en el periodo de los años 2014 al 2018 y la validación se realizó en el periodo 1965-1980.



**Figura 23: Estación hidrométrica Puente Taruca.**



**Figura 24: Estación hidrométrica existente Puente Taruca.**

Los parámetros que fueron calibrados son el factor “n” del coeficiente de escorrentía y los coeficientes  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  que se obtiene con la regresión lineal, resultado del análisis del proceso Markoviano del primer orden.

### **3.4.5 Eficiencia del modelo.**

El uso de modelos hidrológicos tiene por finalidad simular los fenómenos que ocurren en la realidad. Sin embargo, no existe un modelo hidrológico que simule a la perfección la



complejidad de los procesos hidrológicos, esto es debido a las variables que muchas veces son difíciles de modelar y la presencia de errores de diferente origen.

**a. Eficiencia de Nash - Sutcliffe**

El criterio de Nash-Sutcliffe es uno de los más usados en hidrología, debido a que implica la estandarización de la variancia residual y su valor esperado no cambia con la longitud del registro o la magnitud de la esorrentía. Si la simulación es perfecta, el resultado debe ser igual a uno, si se intenta ajustar las observaciones con el valor promedio, entonces tiene un valor de cero. Y se define como:

$$C3 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{si} - Q_{ob})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{ob} - \overline{Q_{ob}})^2}$$

Donde:

$Q_{si}$  = Caudal simulado

$Q_{ob}$  = Caudal Observado

n = Representa el número de pasos de tiempo simulados

**b. Versión adaptada de la eficiencia de Nash – Sutcliffe para la evaluación de caudales altos.**

Según Mirosław y Okruszko (2011) mencionan que este se utiliza para evaluar la capacidad de reproducir los caudales altos (picos). Un valor perfecto es 1 y está representado por la siguiente ecuación:

$$C5 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{ob} + \overline{Q_{ob}})(Q_{si} - Q_{ob})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{ob} + \overline{Q_{ob}})(Q_{ob} - \overline{Q_{ob}})^2}$$

**Cuadro 11: Criterios para evaluar el desempeño de los modelos hidrológicos.**

Range of $R^2$	Range of C1	Range of C2–C5	Model quality category
$0.99 \leq R^2 < 1.00$	<0.05	>0.85	Excellent
$0.95 \leq R^2 < 0.99$	0.05–0.10	0.65–0.85	Very good
$0.90 \leq R^2 < 0.95$	0.10–0.20	0.50–0.65	Good
$0.85 \leq R^2 < 0.90$	–	–	Fairly good
$0.80 \leq R^2 < 0.85$	–	–	Average
$0.70 \leq R^2 < 0.80$	0.20–0.40	0.20–0.50	Satisfactory/poor
$R^2 < 0.70$	>40	<20	Unsatisfactory/very poor

Fuente: Mirosław y Okruszko (2011)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA EN ESTUDIO.

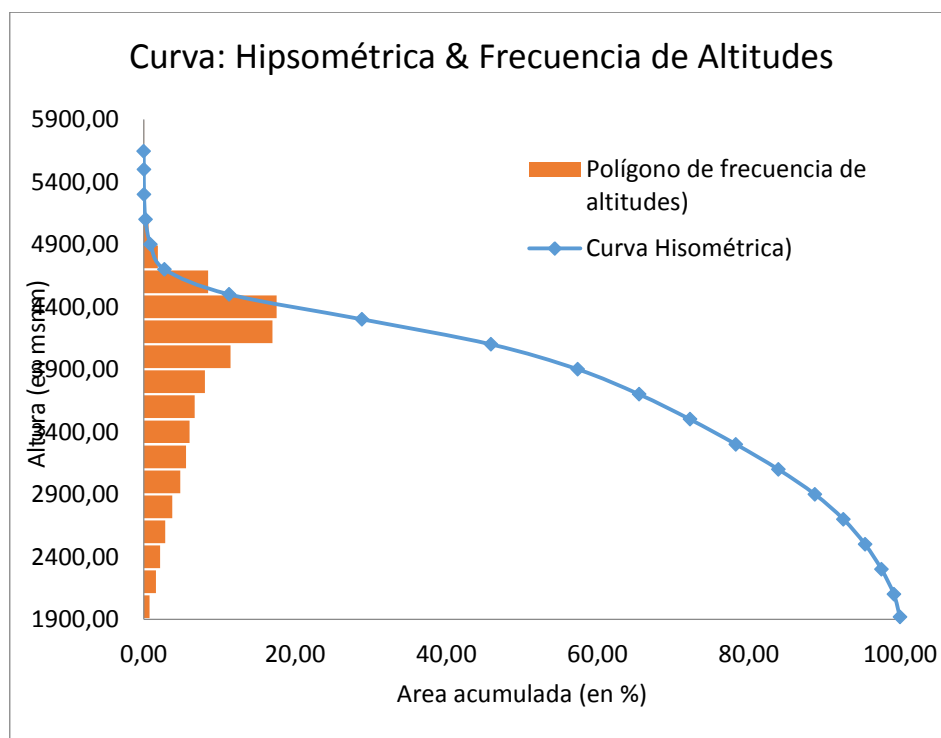
Se ha determinado las principales características morfométricas de la cuenca hidrográfica, según la metodología mencionada en el capítulo anterior. A continuación, se detalla los parámetros morfométrico de la cuenca alta del río Huallaga.

**Cuadro 12: Parámetros morfométricos de la unidad hidrográfica Río Huallaga.**

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la cuenca		
Área	Km <sup>2</sup>	5580.72
Perímetro de la cuenca	km	531.63
Cota máxima	msnm	5691
Cota mínima	msnm	1839
X centroide	m	351555.02
Y centroide	m	8867527.48
Z centroide	msnm	3992.18
Altitud media	msnm	3765
Altitud más frecuente	msnm	4221
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	3827.31
Pendiente promedio de la cuenca	%	46.83
De la Red Hídrica		
Cota máxima	msnm	4100
Cota mínima	msnm	1839
Longitud del curso principal	km	162.53
Pendiente del cauce principal	m/km	13.91
Parámetros Generados		
Tiempo de concentración	horas	17.33
Índice de compacidad o de Gravelius		1.99
Coeficiente orográfico		0.00254

**Cuadro 13: Relación de altitudes y áreas de la unidad hidrográfica Río Huallaga.**

Nro	Cota(msnm)				Area (km2)		
	Mínimo	Máximo	Prom	Intervalo	Acumulado	% Acum	% Inter
1	1839	2000	1919.5	44.40	5580.72	100.00	0.80
2	2000	2200	2100	91.39	5536.32	99.20	1.64
3	2200	2400	2300	121.14	5444.93	97.57	2.17
4	2400	2600	2500	159.35	5323.79	95.40	2.86
5	2600	2800	2700	211.07	5164.44	92.54	3.78
6	2800	3000	2900	270.29	4953.36	88.76	4.84
7	3000	3200	3100	312.48	4683.07	83.92	5.60
8	3200	3400	3300	339.41	4370.59	78.32	6.08
9	3400	3600	3500	375.39	4031.18	72.23	6.73
10	3600	3800	3700	452.72	3655.79	65.51	8.11
11	3800	4000	3900	641.11	3203.08	57.40	11.49
12	4000	4200	4100	950.43	2561.97	45.91	17.03
13	4200	4400	4300	981.96	1611.53	28.88	17.60
14	4400	4600	4500	475.75	629.58	11.28	8.52
15	4600	4800	4700	103.55	153.82	2.76	1.86
16	4800	5000	4900	37.32	50.27	0.90	0.67
17	5000	5200	5100	10.22	12.95	0.23	0.18
18	5200	5400	5300	1.74	2.73	0.05	0.03
19	5400	5600	5500	0.82	1.00	0.02	0.01
20	5600	5691	5645.5	0.17	0.17	0.00	0.00



**Figura 25: Curva hipsométrica y frecuencia y altitudes de la cuenca alta del río Huallaga.**



#### 4.2. SUB MODELO DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

Se ha determinado el mapa de coeficiente de escorrentía a una escala de 1/40,000, para cada mes en la zona de estudio de la cuenca alta del río Huallaga, a partir de los mapas de pendientes, cobertura vegetal y glaciares.

Los valores de escorrentía de los 12 meses oscilan desde 0.18 hasta 0.99, comprobando que las zonas con abundante cobertura tienen un coeficiente muy bajo. Así como también las zonas con escasa cobertura vegetal tienen valor muy alto de escorrentía, el cual indica una alta relación entre la precipitación y la generación de caudales. Los valores más altos corresponden a áreas rocosas y zonas urbanas (concreto).

Estos valores de escorrentía son los siguientes:

**Cuadro 14: Coeficientes de escorrentía por mes a nivel de cuenca total.**

MES	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
Enero	0.29-0.96
Febrero	0.28-0.92
Marzo	0.30-0.99
Abril	0.27-0.89
Mayo	0.30-0.99
Junio	0.30-0.99
Julio	0.30-0.99
Agosto	0.30-0.99
Setiembre	0.30-0.99
Octubre	0.18-0.59
Noviembre	0.21-0.69
Diciembre	0.20-0.67

También se ha estimado los coeficientes de escorrentía de las principales sub cuencas, dentro del cuenca alta del río Huallaga, los cuales son los ríos Huertas, Higuera, Garbanzo, Río Blanco, Huancachupa, quebrada Huranuisha y una sub cuenca Huallaga, como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 15: Coeficientes de escorrentía por mes a nivel de subcuentas y microcuencas.**

MES	Huertas	Subcuenca Huallaga	Higueras	Garbanzo	Río Blanco	Huanca-chupa	Qda. Huranuisha
ENE	0.29-0.96	0.29-0.96	0.29-0.84	0.29-0.84	0.29-0.96	0.29-0.84	0.29-0.87
FEB	0.28-0.92	0.28-0.92	0.28-0.80	0.28-0.80	0.28-0.92	0.28-0.80	0.28-0.84
MAR	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
ABR	0.27-0.89	0.27-0.89	0.27-0.78	0.27-0.78	0.27-0.89	0.27-0.78	0.27-0.82
MAY	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
JUN	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
JUL	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
AGO	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
SET	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
OCT	0.18-0.59	0.18-0.59	0.18-0.52	0.18-0.52	0.18-0.59	0.18-0.52	0.18-0.54
NOV	0.21-0.69	0.21-0.69	0.21-0.61	0.21-0.61	0.21-0.69	0.21-0.61	0.21-0.63
DIC	0.20-0.67	0.20-0.67	0.20-0.59	0.20-0.59	0.20-0.67	0.20-0.59	0.20-0.61

#### 4.3. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES.

Se hizo el modelamiento hidrológico de la cuenca alta del Huallaga con un área de 5,580.73 km<sup>2</sup> para un periodo de 54 años, desde el año 1965 hasta el año 2018, obteniéndose caudales mensuales en m<sup>3</sup>/s. La determinación de los caudales medios mensuales, se hizo a partir de la escorrentía directa generada por los submodelos de precipitación y coeficiente de escorrentía, como se muestra en los siguientes cuadros:

**Cuadro 16: Escorrentía directa en m<sup>3</sup>/s para el periodo de calibración 2014-2018.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2014	166.2	186.3	165.6	169.2	56.5	16.8	15.7	16.7	78	41.3	63.3	113.8
2015	179.2	111.4	154.5	101.2	66.8	9	17.9	12.1	25.4	33.2	85.1	107.8
2016	76	174	98.6	158	14.6	11	8.6	21.4	24	52	54.9	90.3
2017	181.5	159.6	209.6	145	58.4	17.3	18	17.7	70	47.6	82.2	126.3
2018	166.6	169.6	174	154	26.1	30.5	29.8	33.6	21.8	117.8	80.7	71.5

**Cuadro 17: Escorrentía directa en m<sup>3</sup>/s para el periodo de validación 1965-1980.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	118.3	169.8	155.3	62.4	21.6	6.5	8.9	8.1	41.9	83.7	89.2	58.9
1966	114.5	92.5	57.7	33.5	49	9.9	3	7.6	43.7	49	40.2	61.2
1967	135.8	230.3	153.9	36.9	42.8	18.8	43.9	37.3	95.1	46.8	48.3	52.1
1968	136.9	150.6	136.3	78.8	29	24.9	9.4	33.9	43.3	57.2	69.2	65.2
1969	124.9	177.5	123.8	78.1	25.2	80.3	9.3	11.8	52.7	20.4	73.4	96.3
1970	101	127.9	168.7	90.9	22.4	19.3	31.7	22.5	67.8	45.1	54.7	89.8
1971	164.1	174.7	154.6	133.2	22.4	12.8	30	7.3	16.5	68.5	59.8	84.4
1972	123.2	94.6	154.2	95.2	26.7	4.7	2.9	4.9	24	38.4	75.1	109.1
1973	128.7	188.4	130.6	46.6	35.2	12.6	12.2	60.2	50.6	76.4	84.4	178
1974	151.2	150.3	195	67.1	10.4	39.2	28.2	27.9	25	32.7	44.6	54.3
1975	137	176.2	180.2	48.3	71.7	18.6	5.5	15.5	53.5	47.3	74.2	66
1976	85.6	112.8	128.3	31.8	59.2	39.1	18.9	51.3	53.1	58	59.4	78.7
1977	143.6	195.9	97.6	48.9	27.1	4.9	8.9	19.3	46.2	34	95.5	59.2
1978	135	93	124.8	83.7	40.5	12.3	15.1	29.9	70.3	40.9	74.2	78.4
1979	71.9	137.5	204.8	87.4	13.6	2.1	23.5	4.3	48.2	40.1	82.4	51.1
1980	85.6	142.7	196.1	79.4	7.6	7.1	11.9	11.7	15.7	69.2	64.4	85.1

Los caudales medios mensuales se estimaron, considerando otras variables como la infiltración y el caudal base, estos se hicieron calculando los coeficientes  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ , los cuales fueron estimados por regresión lineal según la fórmula:

$$Q_t = X_1 E_d + X_2 E_a + X_3$$

**Cuadro 18: Caudales observados, caudales simulados directos y del mes anterior.**

MES	CAUDAL OBSERVADO	CAUDAL SIMULADO ACTUAL	CAUDAL SIMULADO ANTERIOR
ENE	153.9	153.9	101.9
FEB	160.2	160.2	153.9
MAR	184.6	160.5	160.2
ABR	145.5	145.5	160.5
MAY	98.6	44.5	145.5
JUN	73.7	16.9	44.5
JUL	57.4	18	16.9
AGO	50.4	20.3	18
SET	51.5	43.8	20.3
OCT	58.4	58.4	43.8
NOV	73.3	73.2	58.4
DIC	102	101.9	73.2

**Cuadro 19: Coeficientes de regresión.**

Coeficientes	
Variable $X_1$	0.4922
Variable $X_2$	0.3477
Variable $X_3$	31.0023

**Cuadro 20: Caudales generados en m<sup>3</sup>/s para el periodo 1965-1980.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	109.7	155.7	166.5	115.7	63.32	41.72	37.65	38.1	54.44	86.76	104	90.98
1966	108.6	116.4	91.58	67.56	66.76	52.89	35.89	35.75	55.12	70.31	67.84	75.08
1967	116	191.6	186.8	102.7	64.9	55.15	59.14	64.63	90.82	87.11	71.02	73.44
1968	121.1	152.7	150.5	117.2	72.68	53.36	44.31	50.96	64.09	74.23	84.97	87.15
1969	126	161.8	153.7	112.5	70.59	79.32	63.49	40.04	61.08	59.4	74.26	103.9
1970	111.9	129.1	158.5	134.4	73.67	48.32	53.35	53.12	72.21	76.76	73.61	94.22
1971	141.1	174.1	167.9	150.3	88.38	45.11	50.22	45.04	41.66	70.43	84.22	93.33
1972	129.6	120.4	139.8	131.5	77.26	42.61	34.05	34.39	44.52	58.26	81.3	110.8
1973	156.3	168.5	160.8	99.35	64.54	49.43	41.35	64.85	76.82	86.19	99.12	148
1974	124.3	157.5	179.2	131.8	59.45	53.93	58.53	54.55	53	55.8	64.34	73.24
1975	121.4	165.4	181	117.4	83.08	65.1	40.19	40.55	62.75	72.89	83.94	89.29
1976	100.5	116.3	133.4	91.3	71.22	70.85	53.91	62.82	74.99	78	80.42	90.39
1977	122.3	177.3	147.1	88.98	61.35	42.83	37.06	43.58	60.47	63.8	89.82	93.35
1978	124.7	123.7	124.7	115.6	80.05	51.18	42.75	50.99	75.98	75.57	81.73	95.37
1979	84.17	123.7	179.6	145.2	68.08	36.77	43.31	41.31	56.26	67.54	85.5	84.79
1980	102.8	131	177.1	138.3	62.37	37.16	39.33	40.9	42.78	70.51	86.75	95.3

**Cuadro 21: Caudales generados en m<sup>3</sup>/s para el periodo 2014-2018.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2014	152.4	180.5	177.3	171.9	117.6	58.91	44.57	44.69	75.19	78.42	76.5	109
2015	156.7	148.1	145.8	134.5	99.05	58.64	42.94	43.19	47.7	56.18	84.43	113.6
2016	99.8	143.1	140	143	93.11	41.46	39.06	44.54	50.26	64.93	76.1	94.56
2017	164.3	172.7	189.7	175.3	110.2	59.81	45.86	45.98	71.6	78.74	88.01	121.8
2018	137.9	172.4	175.6	167.3	97.38	55.09	56.28	57.89	53.41	96.58	111.7	94.27

#### 4.4. CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO.

##### 4.4.1. Calibración.

Se empieza con la calibración de los valores de cobertura vegetal, pendiente y el “n” para la estimación del coeficiente de escorrentía de los meses de enero a diciembre de la cuenca alta del río Huallaga. Una vez obtenido la mejor reclasificación de cobertura vegetal y pendiente, se procede a calibrar el valor “n” para la obtención de la escorrentía directa de la cuenca en estudio con relación a la estación hidrométrica Puente Taruca. En el siguiente cuadro se muestra los valores calibrados de “n”.

**Cuadro 22: Valores de la calibración de “n”.**

MES	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	"n"
Enero	0.29-0.96	20.11
Febrero	0.28-0.92	19.28
Marzo	0.30-0.99	20.99
Abril	0.27-0.89	18.76
Mayo	0.30-0.99	20.99
Junio	0.30-0.99	20.99
Julio	0.30-0.99	20.99
Agosto	0.30-0.99	20.99
Setiembre	0.30-0.99	20.99
Octubre	0.18-0.59	12.38
Noviembre	0.21-0.69	14.52
Diciembre	0.20-0.67	14.09

La calibración final de los caudales medios mensuales fueron realizados mediante regresión lineal, en el periodo de los años 2014 al 2018 de la escorrentía directa y la estación Puente Taruca, obteniendo la siguiente expresión:

$$Q_t = 0.49E_d + 0.35E_a + 31$$

Donde:

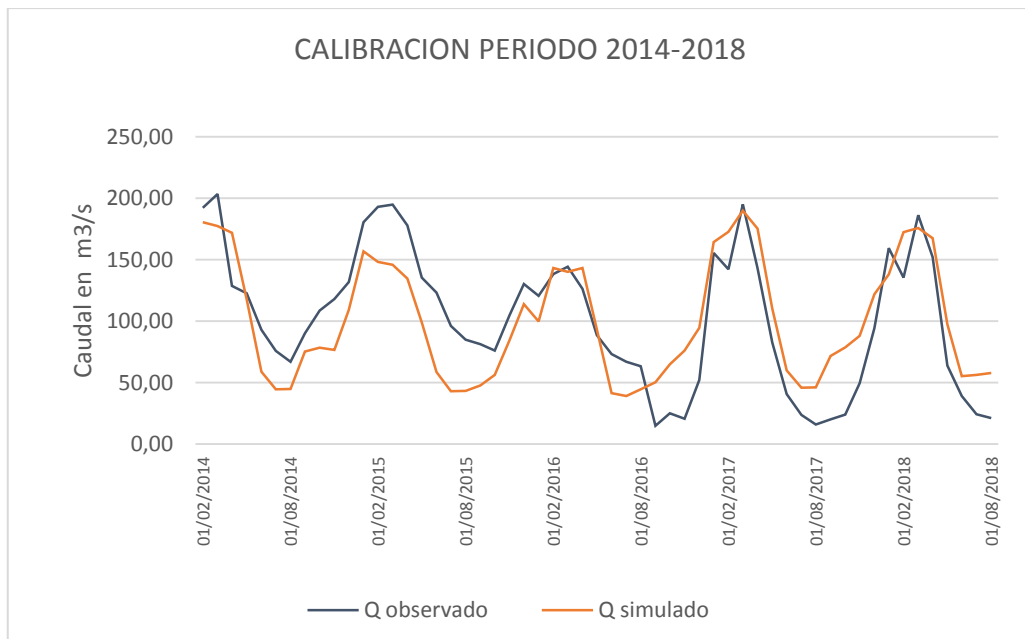
$Q_t$ =Caudal medio mensual en el mes t.

$E_d$ = Escorrentía directa en el mes t

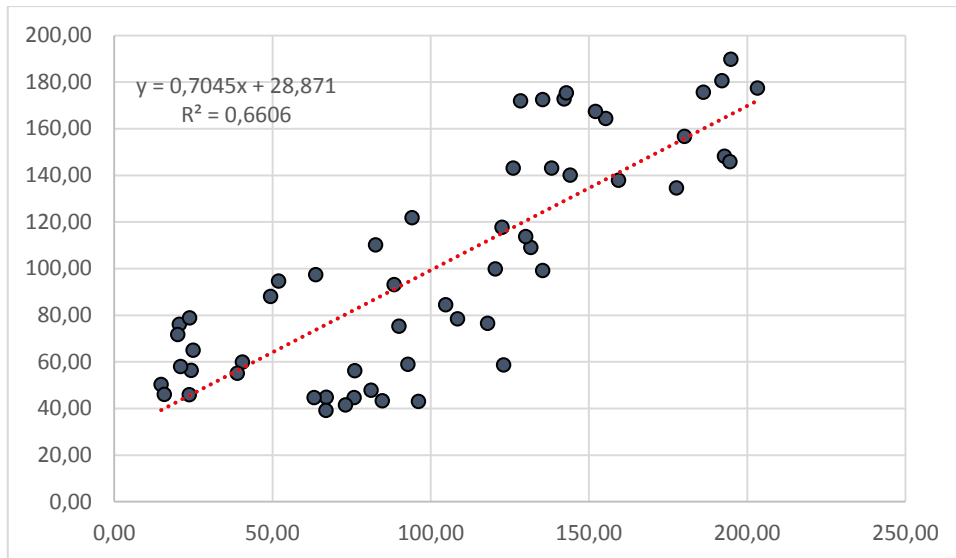
$E_a$ = Escorrentía directa del mes anterior. (t-1).

**Cuadro 23: Caudales observados y simulados en m<sup>3</sup>/s para el periodo 2014-2018.**

AÑO	Caudales	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2014	OBS		192.1	203.3	128.5	122.6	92.8	75.8	67	90.1	108.5	118	131.7
	SIM		180.5	177.3	171.9	117.6	58.9	44.6	44.7	75.2	78.4	76.5	109
2015	OBS	180.3	192.9	194.6	177.8	135.5	123.1	96.2	84.8	81.2	76	104.8	130.1
	SIM	156.7	148.1	145.8	134.5	99.1	58.6	42.9	43.2	47.7	56.2	84.4	113.6
2016	OBS	120.4	138.3	144.1	126.1	88.5	73.2	67	63.2	14.8	25	20.7	52
	SIM	99.8	143.1	140	143	93.1	41.5	39.1	44.5	50.3	64.9	76.1	94.6
2017	OBS	155.4	142.2	195	142.9	82.7	40.6	23.8	15.9	20.1	23.9	49.5	94.1
	SIM	164.3	172.7	189.7	175.3	110.2	59.8	45.9	46	71.6	78.7	88	121.8
2018	OBS	159.4	135.5	186.2	152.1	63.8	39	24.4	21				
	SIM	137.9	172.4	175.6	167.3	97.4	55.1	56.3	57.9				



**Figura 26: Calibración del modelo hidrológico 2014-2018**



**Figura 27: Determinación de coeficiente de determinación.**

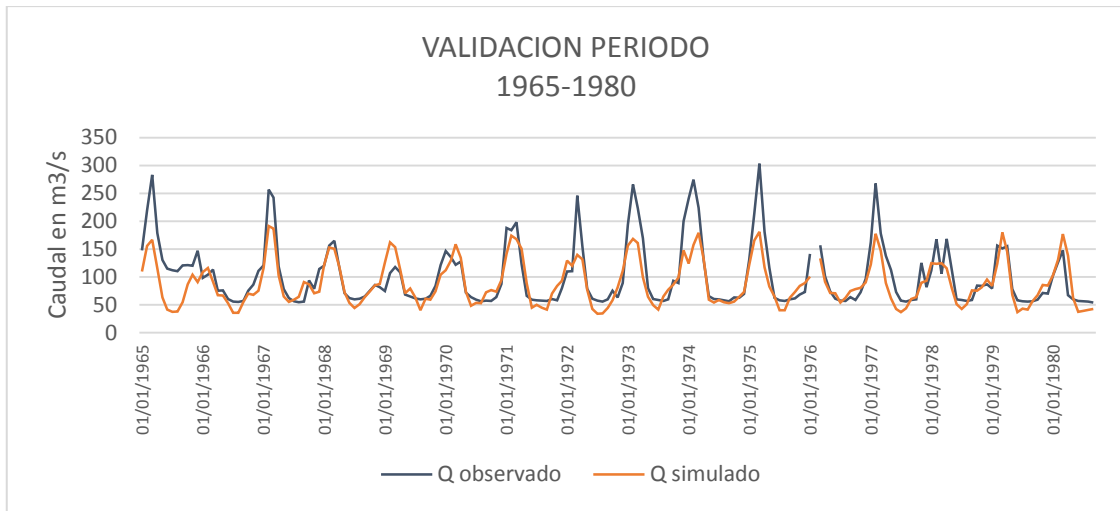
#### 4.4.2. Validación.

La validación del modelo se hizo con los caudales medios mensuales observados corregidos de la estación hidrológica del SENAMHI puente Taruca y los caudales medios mensuales estimados en el periodo del año 1965 al 1980.

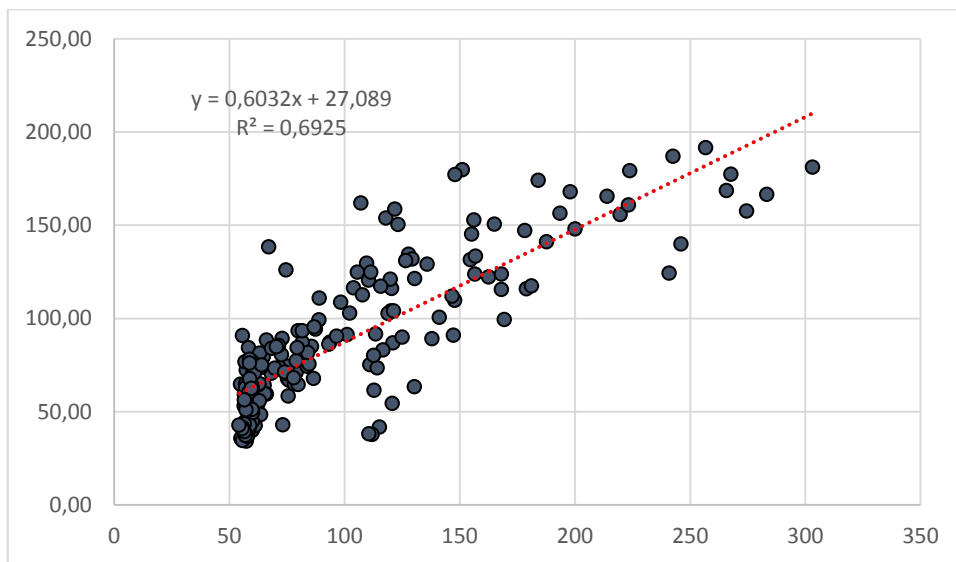
**Cuadro 24:** Caudales generados y simulados en m<sup>3</sup>/s para el periodo 1965-1980.

AÑO	Caudales	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	COR	147.9	219.7	283.4	179.0	130.3	115.2	112.0	110.6	120.8	121.1	120.3	147.3
	SIM	109.7	155.7	166.5	115.7	63.3	41.7	37.7	38.1	54.4	86.8	104.0	91.0
1966	COR	98.4	104.0	113.5	75.4	76.1	60.4	56.1	55.1	56.8	75.2	86.5	111.0
	SIM	108.6	116.4	91.6	67.6	66.8	52.9	35.9	35.8	55.1	70.3	67.8	75.1
1967	COR	120.5	256.7	242.6	119.0	78.2	62.3	56.6	54.8	55.7	93.6	79.0	114.2
	SIM	116.0	191.6	186.8	102.7	64.9	55.2	59.1	64.6	90.8	87.1	71.0	73.4
1968	COR	119.9	156.2	165.1	115.7	70.7	62.2	59.9	61.2	65.2	75.5	85.8	81.7
	SIM	121.1	152.7	150.5	117.2	72.7	53.4	44.3	51.0	64.1	74.2	85.0	87.2
1969	COR	74.6	107.1	118.0	107.9	68.3	64.7	61.3	60.1	61.0	66.2	83.8	121.3
	SIM	126.0	161.8	153.7	112.5	70.6	79.3	63.5	40.0	61.1	59.4	74.3	103.9
1970	COR	146.7	135.9	121.9	127.9	71.7	63.7	59.4	56.6	57.3	56.9	63.7	87.5
	SIM	111.9	129.1	158.5	134.4	73.7	48.3	53.4	53.1	72.2	76.8	73.6	94.2
1971	COR	187.8	184.1	198.1	123.3	66.2	59.5	58.3	57.3	56.8	60.2	58.3	79.9
	SIM	141.1	174.1	167.9	150.3	88.4	45.1	50.2	45.0	41.7	70.4	84.2	93.3
1972	COR	109.7	110.5	246.2	154.7	79.1	61.2	57.4	55.7	60.0	75.6	63.2	89.1
	SIM	129.6	120.4	139.8	131.5	77.3	42.6	34.1	34.4	44.5	58.3	81.3	110.8
1973	COR	193.6	265.8	223.3	169.4	80.0	60.2	58.7	57.2	59.8	93.2	89.0	200.2
	SIM	156.3	168.5	160.8	99.4	64.5	49.4	41.4	64.9	76.8	86.2	99.1	148.0
1974	COR	240.9	274.6	223.9	129.3	65.4	60.5	60.1	58.4	56.6	63.1	62.6	69.8
	SIM	124.3	157.5	179.2	131.8	59.5	53.9	58.5	54.6	53.0	55.8	64.3	73.2
1975	COR	130.4	214.0	303.1	181.1	116.7	63.0	58.3	57.2	60.0	61.6	68.3	73.0
	SIM	121.4	165.4	181.0	117.4	83.1	65.1	40.2	40.6	62.8	72.9	83.9	89.3
1976	COR	141.2		156.8	101.2	74.1	60.9	57.8	57.1	64.0	58.8	72.7	96.6
	SIM	100.5		133.4	91.3	71.2	70.9	53.9	62.8	75.0	78.0	80.4	90.4
1977	COR	162.5	267.8	178.3	138.0	112.8	73.2	57.5	56.0	58.6	59.9	125.1	81.7
	SIM	122.3	177.3	147.1	89.0	61.4	42.8	37.1	43.6	60.5	63.8	89.8	93.4
1978	COR	111.5	168.1	105.7	168.2	112.6	59.9	59.0	57.2	58.8	84.7	84.1	86.9
	SIM	124.7	123.7	124.7	115.6	80.1	51.2	42.8	51.0	76.0	75.6	81.7	95.4
1979	COR	79.5	156.6	151.2	155.3	78.0	58.0	56.6	55.9	56.6	59.0	71.5	70.5
	SIM	84.2	123.7	179.6	145.2	68.1	36.8	43.3	41.3	56.3	67.5	85.5	84.8
1980	COR	102.2	126.6	148.0	67.2	59.6	57.0	56.6	55.6	54.2			
	SIM	102.8	131.0	177.1	138.3	62.4	37.2	39.3	40.9	42.8			





**Figura 28: Validación del modelo hidrológico 1965-1980.**



**Figura 29: Determinación de coeficiente de determinación.**

#### **4.5. EFICIENCIA DEL MODELO HIDROLÓGICO.**

La eficiencia del modelo se presenta a continuación en los siguientes cuadros para el periodo de calibración y validación.

**Cuadro 25: Coeficientes de eficiencia de calibración.**

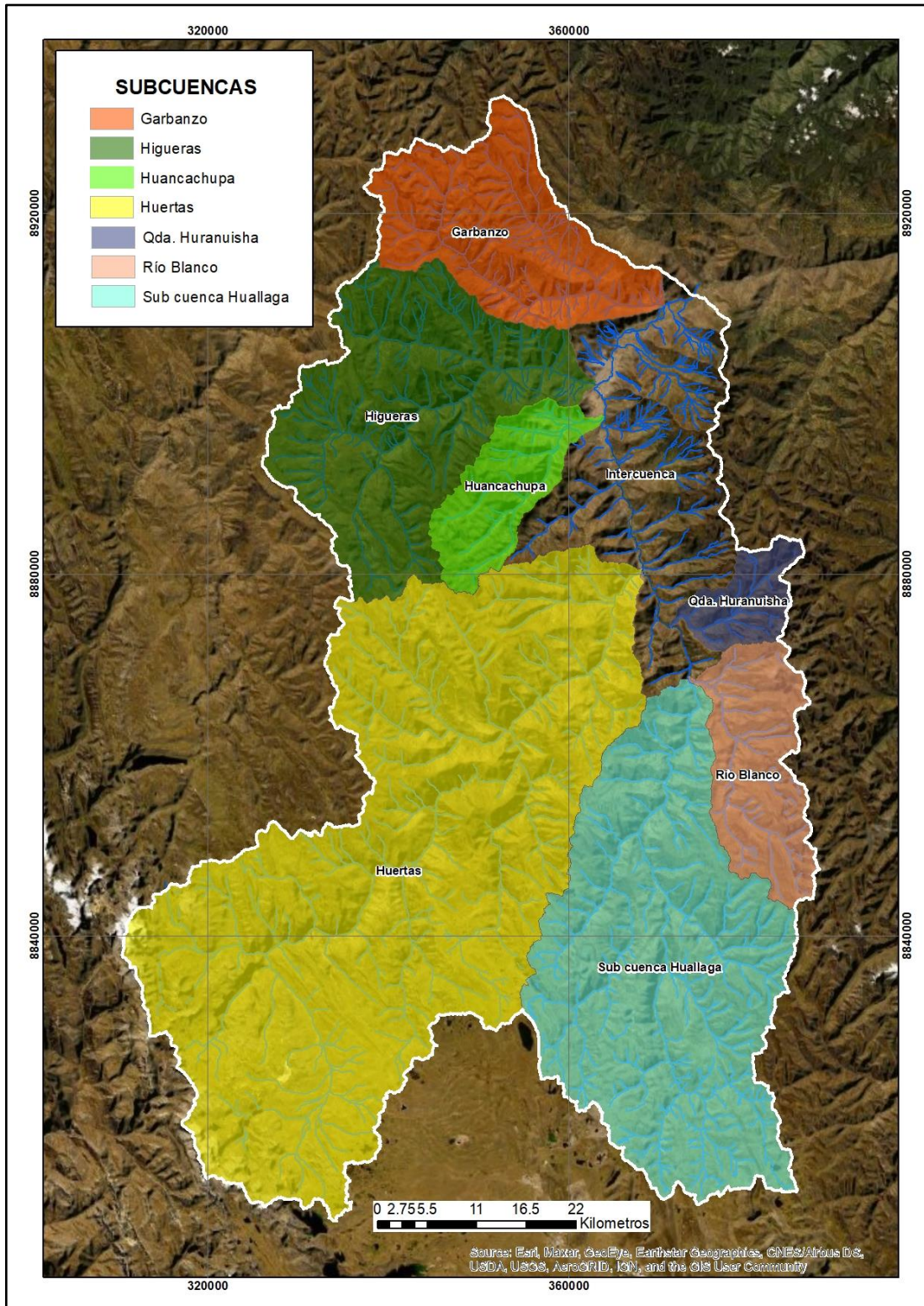
<b>Coeficiente</b>	<b>Valor</b>
Correlación	0.81
Determinación	0.66
Nash Sutcliffe	0.66
Nash para caudales altos	0.68

**Cuadro 26: Coeficientes de eficiencia de validación.**

<b>Coeficiente</b>	<b>Valor</b>
Correlación	0.83
Determinación	0.69
Nash Sutcliffe	0.62
Nash para caudales altos	0.62

#### **4.6. ESTIMACION DE CAUDALES MENSUALES DE LAS SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS.**

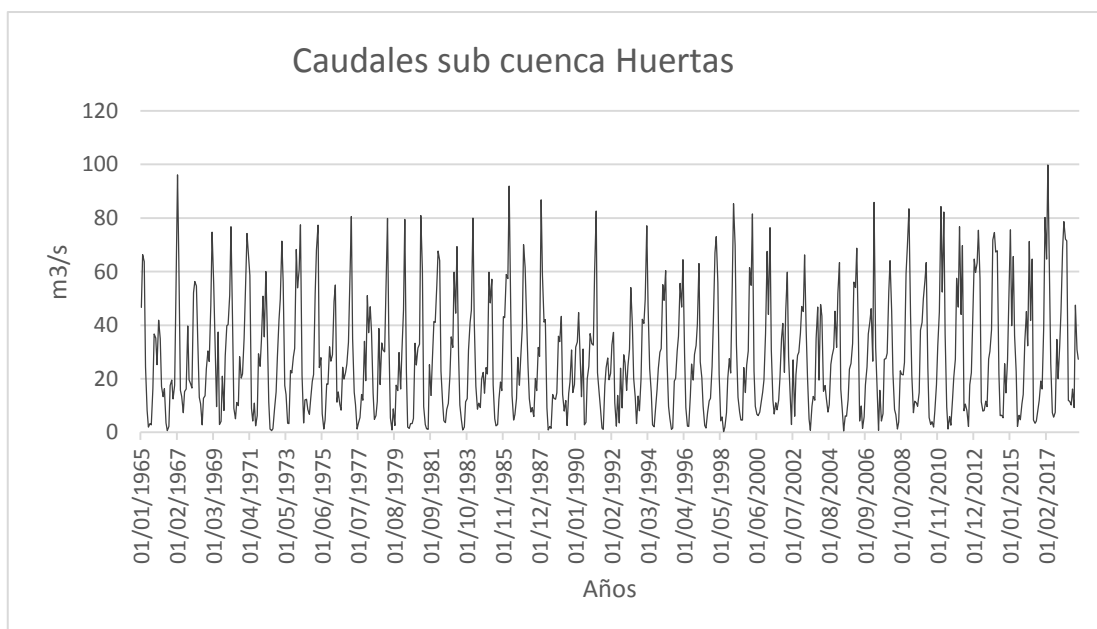
Luego de la calibración y validación del modelo se procedió a estimar los caudales de escorrentía directa de las subcuencas y microcuencas principales de la cuenca alta del río Huallaga



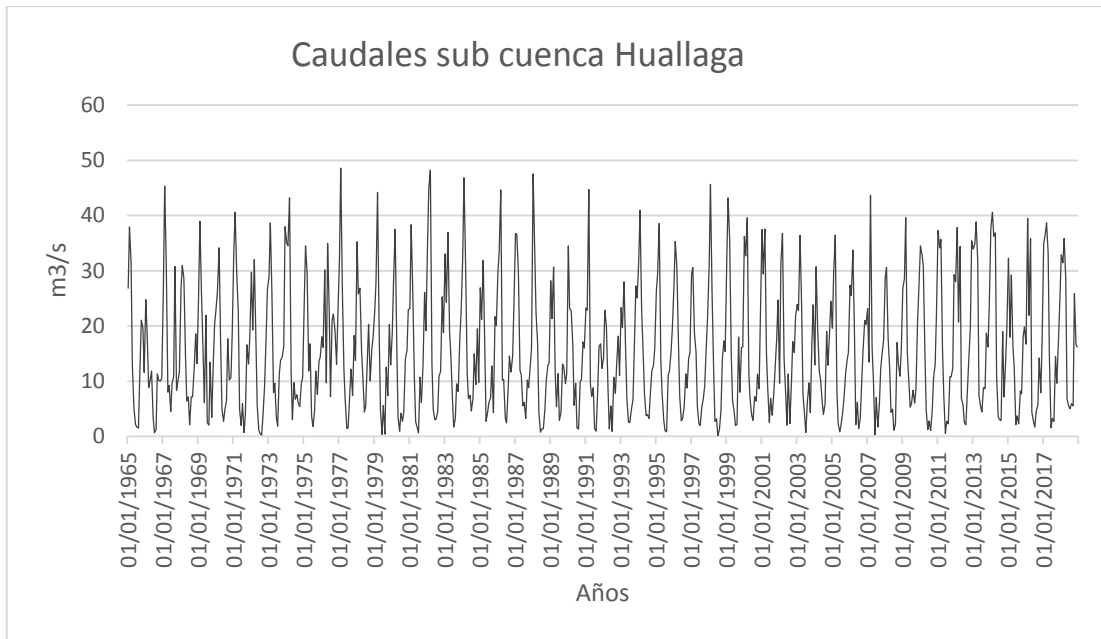
**Figura 30:** Subcuencas delimitadas dentro de la cuenca alta del río Huallaga.

**Cuadro 27: Subcuencas delimitadas en la cuenca alta del río Huallaga.**

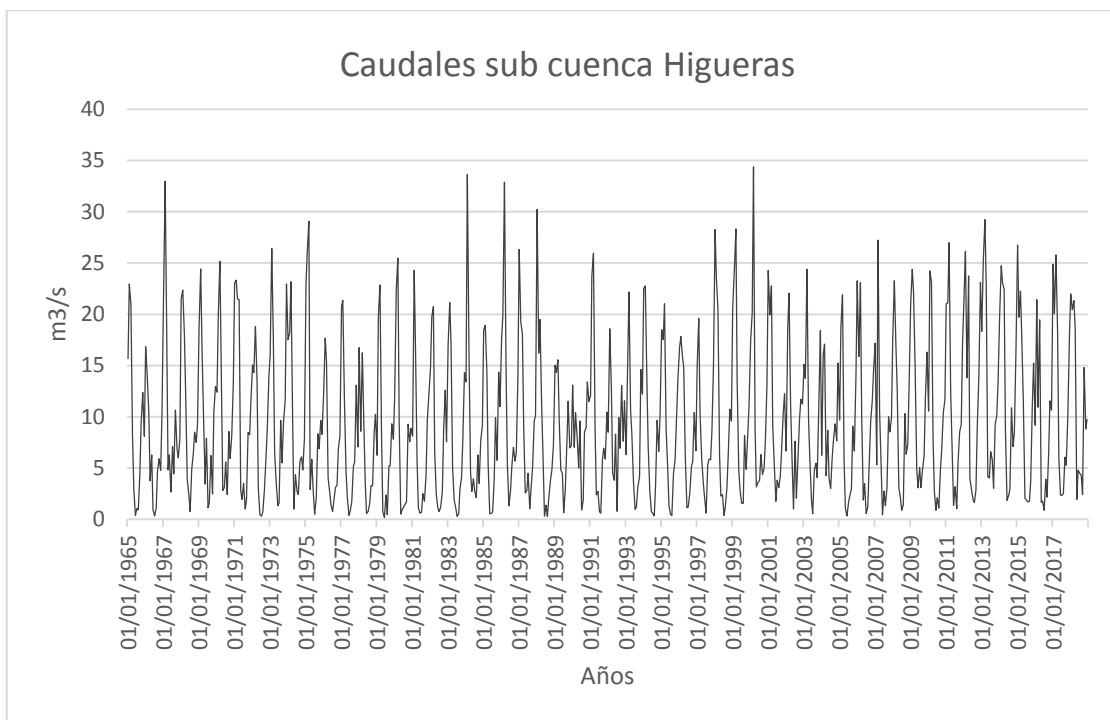
Sub cuenca	Area Km <sup>2</sup>	Perímetro Km
Huertas	2,190.36	302.18
Subcuenca Huallaga	1,101.76	193.72
Higueras	705.17	152.89
Garbanzo	433.66	112.48
Río Blanco	264.13	93.98
Huancachupa	185.63	74.48
Qda. Huranuisha	100.37	53.24



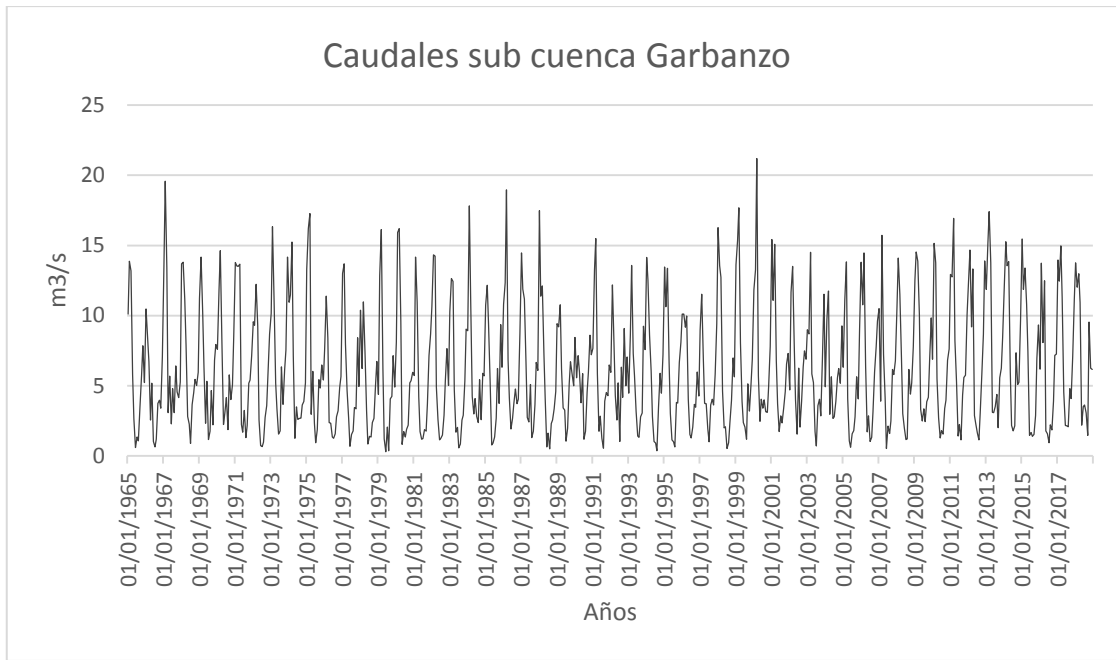
**Figura 31: Escorrentía directa para la subcuenca del río Huertas.**



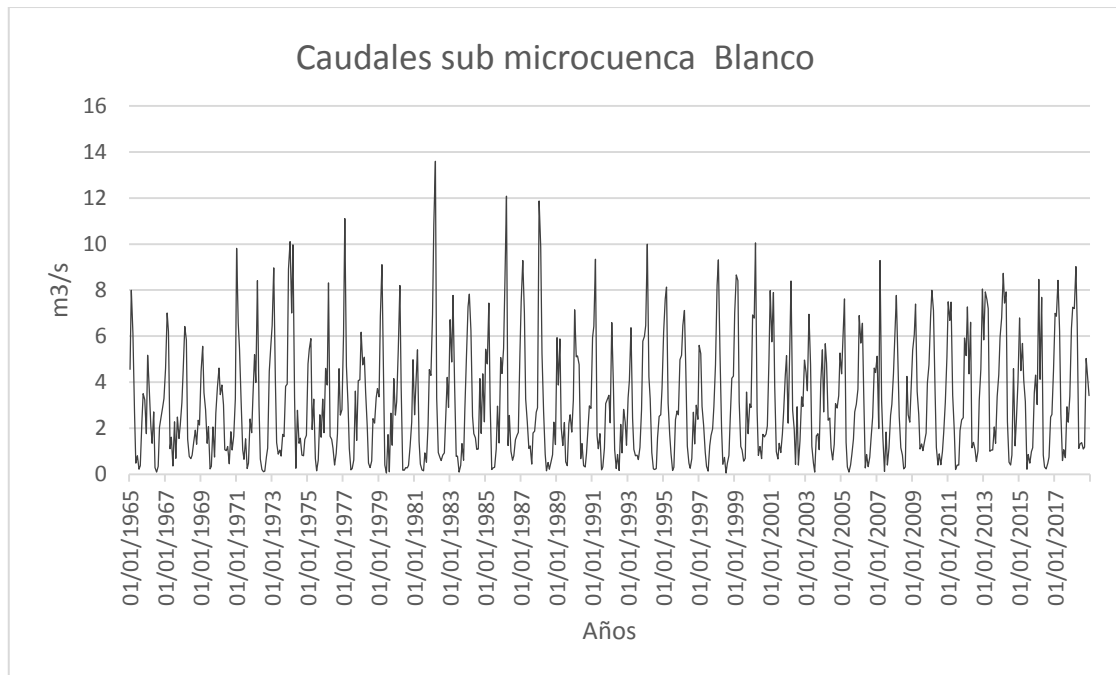
**Figura 32:** Escorrentía directa para la subcuenca Huallaga.



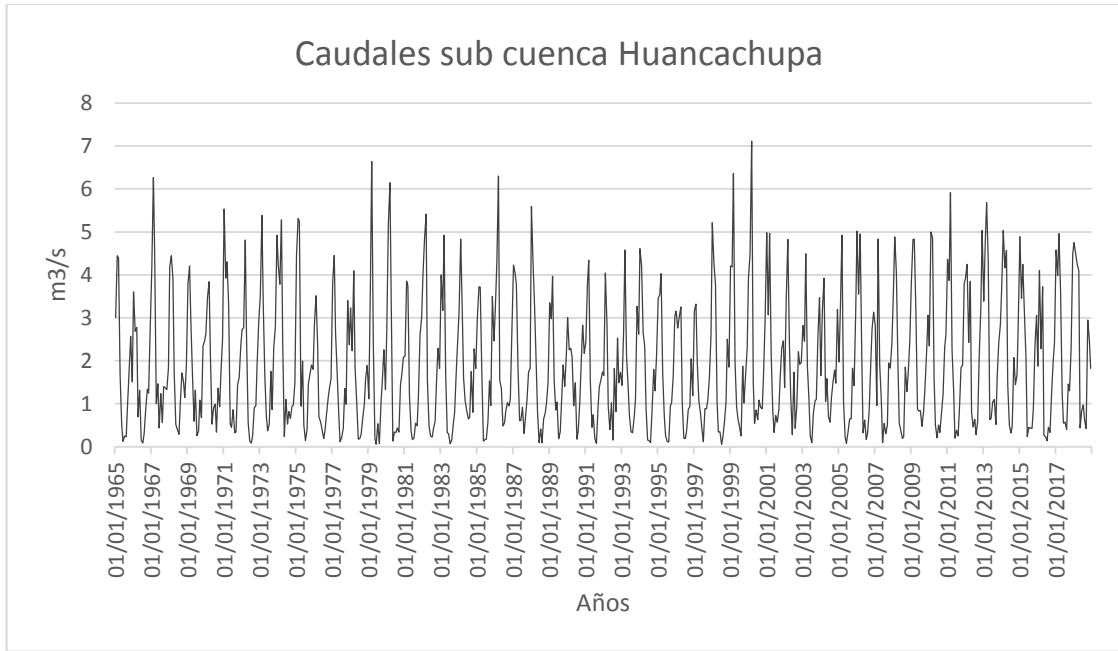
**Figura 33:** Escorrentía para la subcuenca del río Higuera.



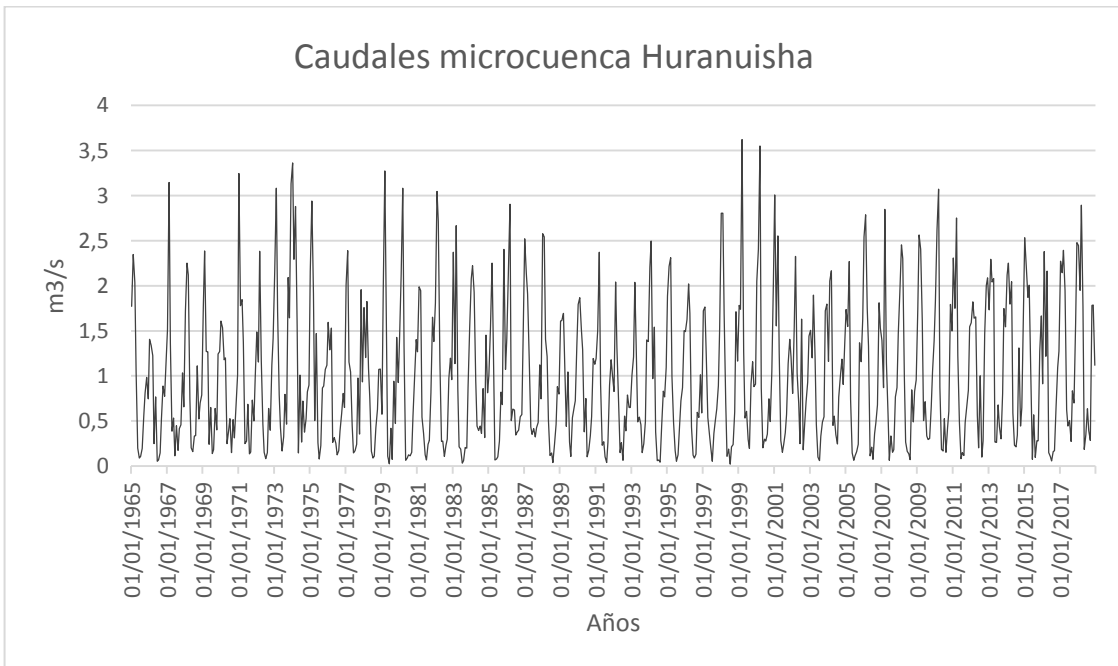
**Figura 34: Escorrentía directa para la subcuenca Garbanzo.**



**Figura 35: Escorrentía directa para la microcuenca río Blanco.**



**Figura 36: Escorrentía directa para la microcuenca río Huancachupa.**



**Figura 37: Escorrentía directa para la microcuenca Qda. Huranuisha.**

## V. CONCLUSIONES

-Se ha simulado un modelo hidrológico distribuido racional de precipitación -escorrentía, a partir de un sub modelo de precipitación y un sub modelo de coeficiente de escorrentía. El submodelo de precipitación es la interpolación IDW de las precipitaciones mensuales totales de 13 estaciones meteorológicas y el submodelo de coeficiente de escorrentía es estimado con las variables de pendiente, cobertura vegetal (NDVI) y cobertura de índice de glaciares (NDSI) en formato ráster. Estas variables fueron reclasificadas según la metodología propuesta para obtener un coeficiente de escorrentía calibrado, que mejore la eficiencia del modelo hidrológico.

-Parte de la calibración de caudales es mediante una modificación del proceso Markoviano del primer orden, teniendo en cuenta la escorrentía directa del mes actual, la escorrentía del mes anterior, el cual se podría representar las condiciones de infiltración y caudal base al modelo hidrológico distribuido racional.

-En este trabajo de investigación se estimó los caudales medios mensuales de la cuenca alta del río Huallaga, en un periodo de 54 años, desde el año 1965 hasta el año 2018, obteniendo una eficiencia de Nash-Sutcliffe de ajuste considerado “Bueno” para el periodo de calibración y de validación.

-A partir del modelo calibrado y validado a nivel de la cuenca alta del río Huallaga, se ha estimado los caudales mensuales de escorrentía directa de las subcuencas y microcuencas de los ríos principales de la cuenca en estudio, en un periodo de 54 años (1965-2018).

-Se ha estimado los principales parámetros de caracterización morfométrica y fisiográfica de la de la cuenca alta del río Huallaga.

-



Se ha estimado el coeficiente de esorrentía con una resolución espacial de 20 metros y a una escala de 1/40,000, de la cuenca alta del río Huallaga para los meses de enero a diciembre de la cuenca alta del río Huallaga.

-Según el análisis de consistencia de los caudales registrados para los periodos de calibración (2014-2018) y validación (1965-1980), presentan inconsistencia en la media, los cuales fueron corregidos en el primero periodo 1965-1980. Esta inconsistencia puede ser debido a varios factores, como es al cambio de estación hidrológica Puente Taruca o al cambio climático, que ocasiona la disminución de las áreas de los glaciares presente en la cuenca de estudio.

## **VI. RECOMENDACIONES**

-Las interpolaciones de las precipitaciones mensuales se realizaron con el método IDW, se recomienda probar con otros métodos de interpolación para analizar que método mejora la eficiencia del modelo Hidrológico.

-Para la obtención del mapa de escorrentía se usaron imágenes Sentinel 2, en la época de verano que es el mes de agosto, esto con la finalidad de evitar la presencia de nubes. Pero sin embargo se recomienda obtener imágenes en el periodo de lluvia y sin nubes para obtener una cobertura vegetal que corresponda a este periodo, ya que en el presente trabajo no se consiguió imágenes limpias en el periodo lluvioso.

-El periodo de calibración es menor de 04 años, por lo que se recomienda considerar un periodo más largo según la información disponible actual.

-Se debe hacer un análisis a la serie histórica de caudales de la estación Puente Taruca, para determinar las causas de la inconsistencia de los periodos 1965-1980 y 2014-2018, esta inconsistencia podría ser debido al cambio climático u otros factores.

-Las cuencas hidrográficas son sistemas abiertos, que son susceptibles a constantes cambios en los que intervienen factores físicos y humanos. Por lo que es recomendable actualizar los mapas de cobertura vegetal, glaciares y de pendientes, cada cierto tiempo, ya que son estos los principales insumos para la elaboración del mapa de coeficiente de escorrentía.

## VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Astola, H., Hame, T., Sirro, L., Molinier, M., Kilpi, J., 2019. Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 imagery for forest variable prediction in boreal region, *Remote Sensing of Environment*, 223, 257-273.

Bosque, J. 1997. *Sistemas de información geográfica*. Madrid, España. Editorial Rialp. 2 ed. 451 p.

Crane, R.G., Anderson M.R. 1984. Satellite discrimination of snow cloud surfaces. *International Journal of Remote Sensing* 5, 213-23.

Chow, V.T., Maidment D., Mays, L. 1994. *Hidrología aplicada*. Mc Graw-Hill. 584 p.

Dozier J. 1989. Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. *Remote Sensing of Environment*, 28, 9-22.

Fattorelli, S., Fernandez, P. 2011. *Diseño Hidrológico*. 2 ed. Edición digital. 602 p.

Fuambaa, M., Brangerb, M., Braudb, I., Batchabani, E., Sanzana, P., Sarrazin, B., Jankowfsky, S. 2019. Value of distributed water level and soil moisture data in the evaluation of a distributed hydrological model: Application to the PUMMA model in the Mercier catchment (6.6 km<sup>2</sup>) in France. *Journal of Hydrology*, 569, 753-770.

Gaspari, F.J., Rodríguez Vagaría, A.M., Senisterra, G., Delgado, M.I., Besteiro, S., 2013. *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. 1 ed. Buenos Aires, Argentina. Editorial de la Universidad de La Plata. 191 p.

Guzinski, R., Nieto, H., 2019. Evaluating the feasibility of using Sentinel-2 and Sentinel-3 satellites for high-resolution evapotranspiration estimations, 221, 157-17.

Lavado, W. 2010. Apuntes del curso Métodos estadísticos en hidrología. Maestría en recursos hídricos. UNALM.

Lewis, E., Birkinshaw, E., Kilsby, C., Fowler, H.J. 2018. Development of a system for automated setup of a physically-based, spatially-distributed hydrological model for catchments in Great Britain, *Environmental Modelling & Software*, 108,102-110.

Liu, HQ, Huete, AR, 1995. Una modificación basada en retroalimentación del NDVI para minimizar el fondo del dosel y el ruido atmosférico. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 1995, 33 , 457-465.

Mejía, A. 2006. Hidrología Aplicada. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 214 p. 70-77.

Mirosław, D., Okruszko, T. 2011. Modelling of Hydrological Processes in the Narew Catchment. New York, US. Springer. 153 p.

Monsalve, G. 1999. Hidrología en la Ingeniería. 2 ed. Colombia. Alfaomega grupo editor. 360 p. 37-50.

Nagi, R., 2010. 12 dic. 2010. On map scale and raster resolution, *Imagery & Remote Sensing*, ArcGis Blog, ESRI. Consultado 10 feb. 2022. Disponible en <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/on-map-scale-and-raster-resolution/>.

Paredes C., Salinas W. , Martínez X. , Jiménez S. 2013 . Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para la generación de modelos digitales de elevación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 82,120-122.

Ramos, C., 2004. Modelo hidrológico distribuido de generación de caudales en cuencas con escasa información en los andes peruanos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola . Lima-Perú.

Risco, ER. 2013. Modelo hidrológico distribuido para la generación de escorrentía mensual en cuencas andinas del Perú. Magister Scientiae. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina .282 p.

Sruthi.S. , Mohammed Aslam ,MA. 2015. Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data , a Case Study of Raichur District. Aquatic Procedia. 4,1258-1264.

Villón Béjar, M. 2002. Hidrología. 2 ed. Lima, Perú. Editorial Villón.431 p.

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1: Precipitaciones mensuales de la estación Huánuco completados (ANA Y SENAMHI)**

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	30.9	66.7	77.0	28.1	4.3	2.0	4.6	2.3	13.2	17.7	66.3	34.3
1966	73.4	37.0	55.0	3.6	18.7	0.7	0.7	6.9	11.8	38.0	41.4	96.1
1967	59.3	117.7	99.7	16.9	31.9	4.9	12.8	5.5	15.7	52.4	36.4	47.3
1968	78.0	78.2	43.3	15.1	1.3	4.9	1.6	15.5	47.2	37.2	10.8	47.0
1969	75.8	45.0	28.1	17.8	3.3	7.7	0.9	7.4	13.7	12.5	70.4	64.3
1970	29.4	43.9	36.0	35.4	8.5	21.4	14.6	0.2	18.2	15.9	50.4	78.1
1971	99.1	37.6	78.6	42.8	10.7	6.1	7.3	11.8	3.4	30.0	47.2	56.7
1972	38.2	51.8	102.3	42.1	11.4	0.0	0.0	6.0	26.5	26.6	41.5	29.0
1973	51.5	100.4	60.3	46.4	12.2	11.0	9.9	34.2	1.6	64.5	66.8	151.5
1974	58.0	42.9	116.2	70.9	2.8	12.5	2.7	14.7	3.4	15.8	13.5	29.7
1975	64.0	90.0	74.2	14.2	48.2	8.3	4.5	5.1	21.4	60.6	39.8	67.6
1976	66.5	64.3	14.7	6.5	1.6	0.0	0.0	0.0	5.7	26.4	18.6	33.0
1977	45.5	61.8	46.2	54.9	24.6	0.5	2.0	8.6	36.7	31.5	128.7	60.0
1978	53.6	27.4	88.0	28.3	22.2	1.6	0.8	3.0	1.7	11.5	27.5	33.9
1979	31.8	69.3	183.1	51.2	0.0	0.0	3.2	0.0	5.9	60.1	52.1	9.6
1980	68.9	175.2	128.0	149.5	0.0	15.7	7.2	13.8	5.9	53.4	38.4	56.0
1981	30.6	45.9	49.7	19.9	8.6	0.6	1.4	5.7	7.4	50.0	97.2	81.7
1982	109.4	105.7	106.4	30.1	4.0	2.4	4.2	11.5	6.0	39.7	40.0	46.9
1983	49.2	35.2	113.8	38.3	1.0	2.9	0.5	3.4	4.4	18.0	36.8	32.7
1984	37.5	55.4	53.3	38.5	49.7	16.3	9.4	17.8	48.2	7.4	82.1	45.4
1985	60.8	63.1	61.7	33.5	0.3	2.2	0.0	2.6	22.3	31.3	110.7	48.7
1986	40.7	83.9	113.4	9.8	21.7	12.9	4.0	15.8	12.2	12.9	22.7	56.7
1987	35.6	65.0	57.0	32.6	6.3	10.7	8.9	4.0	11.0	23.2	37.5	40.2
1988	88.9	83.8	34.9	42.7	6.5	0.0	6.2	1.9	9.7	14.5	22.4	25.1
1989	56.8	43.8	98.2	20.8	14.8	11.5	0.0	2.5	12.0	67.9	41.3	59.1
1990	45.8	13.5	34.7	52.2	32.6	15.1	1.5	7.1	10.9	86.8	77.0	59.2
1991	25.7	44.3	93.4	29.1	3.0	10.1	4.8	0.0	8.5	33.4	40.2	39.6
1992	43.1	88.7	66.2	20.6	0.0	14.4	0.0	37.2	4.0	97.4	37.4	21.6
1993	18.1	40.9	76.8	25.9	16.8	12.3	6.1	6.3	8.0	17.2	97.3	50.1
1994	81.2	57.5	41.3	57.6	23.4	0.0	0.0	0.0	32.7	64.4	20.4	41.0
1995	38.7	50.4	50.3	26.0	3.6	1.4	1.2	0.4	7.2	23.2	48.8	59.0
1996	59.5	33.1	41.7	69.3	23.0	0.0	0.1	5.3	2.3	23.6	57.8	15.7
1997	54.6	41.6	26.5	15.1	9.6	2.2	0.0	9.6	7.6	29.8	41.5	47.3
1998	93.5	63.0	66.9	3.1	2.8	2.1	0.0	2.8	3.8	29.3	64.5	34.0
1999	81.7	88.5	109.3	22.3	18.4	15.1	8.6	0.6	57.6	20.8	33.8	58.2
2000	68.2	89.6	148.1	30.3	10.1	16.0	3.6	17.1	11.9	9.5	61.0	77.2
2001	45.2	36.2	85.2	46.2	10.4	3.3	8.4	10.2	7.4	36.9	72.7	55.8
2002	29.5	56.4	83.1	56.5	18.2	2.9	12.8	4.1	8.4	109.8	40.8	21.0

<<Continuación>>

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	44.7	26.9	70.5	24.6	14.3	0.3	0.1	9.4	12.6	17.1	77.3	83.1
2004	33.6	31.7	56.9	31.2	24.8	5.1	5.6	16.7	16.2	28.6	34.8	104.6
2005	32.6	45.0	92.7	12.6	1.4	0.0	2.0	8.6	5.8	51.5	26.3	106.9
2006	81.9	48.4	112.7	38.6	2.0	6.2	3.5	2.9	11.4	49.1	66.7	89.1
2007	33.9	6.9	81.6	35.8	7.8	1.9	6.7	3.9	4.4	59.2	40.6	70.3
2008	29.8	90.8	91.3	36.3	3.6	5.5	0.1	2.0	33.4	38.0	50.9	68.1
2009	68.0	72.5	90.8	85.9	14.2	10.3	12.3	4.4	11.0	44.6	40.2	59.6
2010	21.8	85.9	91.6	19.0	3.4	2.6	4.9	7.2	14.1	26.7	55.1	81.9
2011	76.8	64.0	141.6	43.9	21.1	1.9	1.9	3.7	22.6	67.7	56.6	132.3
2012	78.6	55.7	30.1	74.8	13.7	3.8	7.8	3.4	4.9	75.0	94.5	154.7
2013	36.2	90.0	92.0	33.6	5.7	10.7	12.5	22.1	6.6	37.8	71.3	76.1
2014	72.0	94.0	76.0	43.1	29.2	6.6	2.9	0.7	28.9	49.7	32.1	84.9
2015	75.6	48.9	62.3	59.0	37.8	2.8	3.9	2.3	3.1	22.7	71.4	35.3
2016	34.7	47.1	67.8	11.6	0.2	0.8	0.2	1.1	1.7	34.3	37.5	70.2
2017	72.1	70.9	74.0	24.6	12.3	4.0	4.8	5.1	15.9	32.3	49.4	132.1
2018	88.5	87.9	85.3	61.4	10.6	12.0	8.8	2.0	0.0	101.0	81.3	22.5



**Anexo 2: Precipitaciones mensuales de la estación Dos de Mayo completados  
(ANA Y SENAMHI)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	119.9	164.5	166.4	62.5	26.8	0	6.3	2.1	28.2	107.5	122.7	88.3
1966	88.1	95	75.3	31.9	42.2	1.3	0	4.8	36.9	61.5	37	65.4
1967	144.4	307.3	186	44.9	36.8	7.3	21.7	27.3	76.5	88.1	63.4	71.4
1968	139.6	150.7	139.8	125.6	28.2	10.9	0	49.8	23	90.9	116.1	95
1969	123.8	233.6	191.5	99.6	20.5	39.7	7.6	5.1	42.7	34.1	87.4	144.1
1970	80.3	161.3	302.8	128.6	12.8	9.4	19.9	14.7	52.5	94.3	76.5	144.8
1971	114.3	223.2	186.5	211.8	50.9	0	13.7	0	15.7	91.5	86.5	122
1972	123.8	90.7	97	92	26	0	0	0	12.5	48.7	76.9	163.9
1973	102.1	173.5	158.2	35.8	38	0	0	103.1	54	92.7	87.2	249.7
1974	103.6	137.8	175	42.8	14.7	16.2	21.3	0	10.4	45.1	70.9	104.6
1975	137.6	197.9	239.1	77	33.5	6	0	9.4	30.9	73	115.5	101.3
1976	29.7	131.3	125.7	32	15	5.2	10.4	26.5	31.9	71.3	95.1	138.8
1977	147.8	200.5	105.3	24.9	23.3	0	3.7	5.5	10.9	33.7	77.6	57.5
1978	111.1	74.9	106.4	102.1	18.2	1.2	1.1	11.6	23.6	35.1	64.2	117.4
1979	53.7	166.7	128.2	43.5	12.1	0	9.5	1.2	38.3	73.2	126.3	110.7
1980	73.1	102.6	139.7	85.1	12.4	3	0.9	10.2	24.3	80.5	100.8	85.5
1981	37.1	214.7	180.5	70.6	14.2	2.6	6.3	2.8	14.4	35.8	82.6	156.8
1982	72.8	151.3	117.5	42.2	25.4	1.6	0	3.8	30.5	88.6	110.8	53.9
1983	41.6	217.2	158.8	53.8	16.6	10.5	0	7.4	24.8	37.9	54.5	183.3
1984	85.4	256.9	256.4	52.5	9.2	32.5	15	0.9	50.6	67.5	76.6	103.6
1985	108.3	131.3	96.7	47.4	15.1	0.4	5.2	20.5	43.5	76.5	126.3	72.3
1986	132.7	87.6	155.9	73.7	14.9	6	20.2	23.2	35.6	96.6	68.6	168.9
1987	173.7	131.1	128.3	72.6	29.8	8.9	33.5	0.8	8.1	55.1	124.3	96.8
1988	189.9	102	208.6	84.2	36.9	0	3.9	1.3	16	30.8	55.2	68.1
1989	72.6	86	91.5	50.1	25.8	13.1	5.4	14.9	59.2	103.1	143.3	61.7
1990	42.6	85.4	116.5	45.1	26	29.3	2.8	8.3	24.7	67.9	124.8	130.4
1991	74.1	184.1	289	92.9	8.5	17.1	7.4	3.1	24	81.6	61.6	118
1992	62.4	94.8	104.9	58.7	24	27.4	9.1	14.5	27.3	117.3	78.3	119.7
1993	21.4	91.9	144.3	96.9	45.6	7.1	0	0.7	12.3	39.6	108	87.5
1994	141.2	80.6	103.3	34.5	17.1	6.6	0.7	2.8	24.3	94.9	72.1	87.1
1995	103	141.3	199.3	90.3	31.5	5	5.3	5.4	33	83.6	82	133.8
1996	177.8	119.1	113.8	88.5	31.6	4.8	1.1	16.8	30.3	56	78.4	75
1997	70.2	167.8	126.6	24.3	31.7	5.5	0	45.7	46	77.7	71.2	209.8
1998	222.8	205.9	269.7	131	32.5	6.1	1	42.1	29.2	84.5	80.2	65.1
1999	100.9	253.4	263.6	164.5	8.9	16.5	16.7	24	29.5	67.7	88.5	113.4
2000	95.8	93.9	100.2	67.7	16.7	17.1	16.9	11.7	27	61.5	82.5	206.1
2001	233.8	259.3	262.8	66.3	49	0	14.4	12	53.6	58.5	94.7	121.4
2002	34.3	161.1	250.1	76.9	30.1	0	27.4	2.1	21.9	88.3	119.6	129.9

<<Continuación>>

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	115.8	83.1	170.7	39.3	51.7	1.4	9.4	25.7	21	24.3	84	162.4
2004	40.9	107.7	115	30.1	33.6	10.1	21.3	27.7	35.9	101.8	66	138.5
2005	110.8	118.8	145.6	59.6	24.6	0.6	14.5	6.3	25.8	96.1	101.1	126.6
2006	144.7	128	138.9	112.9	9.2	31.1	7.1	13.2	58.2	102	90.8	69.1
2007	90.4	66.9	183.4	83.1	19.6	1.2	7.6	4.9	17.6	64.5	92.9	83.8
2008	105.7	108.8	92.2	39.7	16.2	14	0.6	1.7	33.2	97.1	54.4	122.9
2009	164.4	134.1	155.1	76.4	43	8.5	13.1	23.9	37.9	68.8	111.6	107.1
2010	99.4	115.6	139.2	66.5	13.7	8.7	6.7	5.2	14	79.4	151.9	128.5
2011	122	139.7	159.3	91.6	27.4	3.6	11.4	1.4	37.7	74.9	75.3	135.3
2012	139.4	224	126	139.5	24.2	16.1	0.8	24.8	27.7	58.4	86.7	231.4
2013	114.6	178.1	149	60.8	40.2	15.5	27	43.2	30.7	102.7	104.6	120.8
2014	165.5	207.3	151.3	125.6	28.6	0	5.2	25.8	50	79.1	73.9	186.7
2015	193.9	159.7	159.8	112.3	49.2	10.5	4.7	16.7	12.2	66.5	94.9	148.4
2016	36.4	139.3	88.4	119.6	29.9	0.3	3.3	13.5	21.9	66.3	76.2	147.3
2017	163.5	171.3	301.6	72.8	24.1	12.9	8.5	12.8	45.3	66.9	139	128.7
2018	160.8	137	108	60.8	6.6	0	18.3	23.7	0	156.4	76.37	111.6

**Anexo 3: Precipitaciones mensuales de la estación Carpish completados (ANA Y SENAMHI)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	274.6	300.9	306.3	165.9	118.1	31.9	93.3	52.5	148.7	305	236.2	187.8
1966	197.9	207	134.2	87.2	224	78.2	49.2	67.1	166.2	164.3	79.6	183.6
1967	366.8	398.8	303.5	76.4	237.3	112.5	166.3	129.8	204.7	199.9	129.3	175.9
1968	336.3	300.3	244.9	301.2	97.3	127.8	41.1	129.8	81.3	225.2	277.3	198.1
1969	267.9	309.4	258.9	220.3	88.5	203.8	63.7	84.3	176.7	124.9	188.5	295.6
1970	181.9	279.1	377.6	272.7	75.8	92.5	162.2	84.2	183.8	205.8	146.1	308.7
1971	217.4	297	309.8	521.3	191.2	56.8	134.4	69.9	99	258.9	171.6	260.6
1972	280.6	216.1	247.8	360.1	108.1	44.5	46.7	7	97.6	165.9	164.5	321
1973	209.8	342.2	276.7	122	191.6	73.2	54.2	167.4	141.2	213.3	162.4	456.3
1974	194.7	262.4	359.2	162.7	71.2	110	137.7	86.5	33.3	144.5	180	225.2
1975	256.9	343.3	361.1	125.3	269.2	104.2	65.2	78	137.5	197.3	266.3	206.2
1976	116.7	305.7	199.4	40.3	80.8	55.7	110.7	84.1	131.2	182.4	230.8	258.5
1977	275.5	324.8	170.6	139	145.4	52.1	106.6	92	31	141.9	148.4	135.4
1978	287.3	164.5	271.7	329.9	105.8	67	70.8	78.8	102.8	128.3	132.1	260.9
1979	166.6	328.1	320.5	173.5	52.1	0.9	80.9	21.8	179.8	209.2	328.4	210.6
1980	182.2	347.3	341.2	416.3	37.9	108.3	67	109.7	113.6	203	237.5	185.1
1981	146.8	317.7	276.3	161.8	98.5	74.7	111.9	72.6	75.1	156.1	188	298.3
1982	181.3	356.7	261.5	145.1	112.3	45.6	74.2	88.6	149.1	225.4	210.2	127.4
1983	134	307.7	303.9	167.2	69	140.5	38.4	54.5	120.3	132.6	114.2	372.3
1984	191.7	314.4	332	120.7	118.2	190.3	137.8	103.2	207.6	152.8	174.4	228.1
1985	200.9	280.4	190.2	205.2	59.8	52.8	74.5	90.3	160.2	174.7	263.8	164.2
1986	329.8	241.2	369.7	133.5	108.3	140.3	157	144.9	131.9	215.2	133.6	343.1
1987	259.3	273.2	250.7	240.9	135.5	124.6	348	87.1	8.8	174.9	304.1	202.7
1988	361	270.9	337.7	231.8	148.7	56.2	89.1	45.2	97.4	133.1	131	170.6
1989	193.6	209	231.9	181.8	119.9	124.6	69.4	82	194.3	265.4	381.6	127.1
1990	139.2	178.1	231.8	203.3	134.8	168.6	51.3	84.2	109	192.4	263.8	256.8
1991	167.9	287.2	417.8	182	55.8	132.7	105.6	36.2	125	212	134	268
1992	175.4	277.1	233.2	191.7	70	150.1	67.2	136.5	103.9	476.6	139.3	268.6
1993	118.3	231.6	317.8	262.5	204.6	153.5	79.2	52.1	62	147.3	217.9	198.4
1994	311.9	181.1	218	184.4	107.5	77.9	45.4	18.8	153.3	216.1	173.5	310.3
1995	622.2	217.5	312.1	317.9	81.3	62.1	69.4	48.2	181.9	160.3	371.7	163.8
1996	149	216.2	172.3	243.4	108.3	107.6	94	105.1	138.6	161.5	119.7	216.2
1997	144.4	299	190.7	98.8	186.2	70.4	69.3	135.7	133.8	143.5	244	320.1
1998	358.1	310.3	280.8	158	66.5	107.2	39.2	20.5	70.1	204.1	207	176.1
1999	388.4	393.7	326.4	244.9	134.1	83	102.7	50.7	81.6	183.2	154.7	219.8
2000	355.9	310	475.2	183.8	95	212.8	185.3	144.9	99.2	140.9	162.7	186.7
2001	456.2	206.7	358.4	294.6	142	96.4	104.7	116.6	132.2	237.7	160.3	253.5
2002	146.4	240.1	246	286.3	107.3	106.8	313.4	107.6	125.8	223.9	315.4	287.2

<<Continuación>>

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	210.2	219	356.3	159.7	245.3	80.4	40.8	124.4	150.2	127.2	200.1	415
2004	164.6	215.2	336.7	70.6	180.2	100.4	132.2	117	215.6	385	203.5	276.4
2005	174.9	266.1	242.4	169.1	41.2	20.4	93	61.6	126	236.3	100.4	257.8
2006	272.6	286.8	282.5	147.4	101.3	123.1	80.7	71.1	68.9	201.7	256.9	340.9
2007	278	120.2	316	254.9	159.8	35.9	86	98.5	117	276.3	220.3	230
2008	265.3	254.3	298.1	155	199.8	116.1	53.2	72.7	152.7	219.3	228.9	239.7
2009	275.2	333.7	351.2	360.4	70.2	89	109.9	118.5	173.5	229.2	168.8	361
2010	159.3	300.6	267.5	219.8	159.9	90.6	81.7	110.6	129.4	140.2	205	276
2011	290.6	242.8	334.4	274.4	255.9	71.6	90.8	61.5	159.6	269.9	153	252.2
2012	210.6	281.8	289	429.8	100	108	80.9	34.6	186.8	197.8	206.8	381.8
2013	381.6	280.1	380.4	70.7	111.3	129.4	59.7	138	31.2	170.7	112.7	275.9
2014	263.3	347.4	261	290.7	205.9	111.6	89.5	104	191.1	232.2	127	262.3
2015	286.3	227.9	328.5	219.4	193.7	44.9	43.6	58.9	43.9	146.6	228	340.3
2016	129.8	413.2	222.4	352	85.5	56.7	50.6	72.8	93.8	173	298	255.8
2017	220.8	213	222.9	126	154.5	89.8	117.9	82	160.3	204.2	181.5	275.7
2018	299.5	153.7	269.6	171.6	120.4	117	174.9	111.7	35.2	395.1	147.6	223

**Anexo 4: Precipitaciones mensuales de la estación Chaglla completados (ANA Y SENAMHI)**

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	167	194.3	105.1	81.1	50.3	4.7	3.2	53.8	59.1	110	234.2	28.1
1966	145.1	91.8	23.8	0	155.7	0	0	11.8	55.2	140.8	156.3	184.1
1967	212.4	255.9	202.1	62.3	95	15.7	78.79	63.6	87.7	124.9	64.4	131.8
1968	227.7	123.5	77.8	77.8	11.1	71	0	89.6	110.6	210.6	23	124.3
1969	85.5	184.4	100.5	56.8	16.4	27.5	0	61	107	37.1	84.9	133
1970	74.3	175.3	103.4	77.8	23.7	79.5	105.8	0	108.2	60	59.1	194.3
1971	240.6	214.7	202.5	240.1	5.2	65.5	81.4	15.2	85.7	62.4	74.8	116.9
1972	175.4	150.1	132.9	157.3	0	27	0	1.1	0	154.8	150.8	112.5
1973	147.5	217.9	88.2	132.7	0	9.2	24.2	167.9	63.7	243.3	210.3	293.1
1974	146.7	154.6	232.9	164.6	0	75.1	82.6	72.6	0	68.6	42.2	86.9
1975	185.6	200.1	255.3	0	164.7	35.1	0	26.6	118.8	226.1	173.8	59.3
1976	172.1	106.2	16.2	49.8	59.8	43.8	12.9	14.2	36.6	177.4	66.8	63
1977	162.2	220.8	54	110.1	0	0	1.3	36.7	89.6	81.2	180.4	97.7
1978	127.5	108.2	114.9	87.3	105.9	0	2.9	9.6	65.8	74.7	164.8	170
1979	17	222.8	260.3	93.9	0	16.3	91.3	3.1	125.6	233.7	130.9	45.3
1980	106.9	306	220.8	199.3	0	0	8.2	11.6	43.7	25.9	85.3	202.7
1981	20.5	186.2	73.7	47.2	21	0	0	54.1	0	76.9	147.5	136.3
1982	198.9	295.5	173.1	106.3	89.3	17.9	29.5	29.5	0	129.4	217.7	78.2
1983	110.4	141	126.8	104.9	4	29.4	0	0	52.5	41.6	155.7	159.8
1984	64	173.8	204.8	53.7	0	98.8	51.1	74.6	111.8	9.7	117.1	75.1
1985	207.1	100.1	171.8	64.8	0	54.5	16.3	59.4	161	106.2	209.3	63.2
1986	69.2	174.7	186.5	32	114	6.7	49.4	79.8	155.7	8.3	108.9	183.1
1987	206	183.7	221.4	108.2	62.9	29	114.9	13.9	31.5	139.9	56	57.9
1988	221	203.7	176.6	83.6	104.3	0	42.6	0	26.8	51.8	37	27.8
1989	171	73.9	136.5	8.1	97.2	57.5	1.4	16.6	56	159.4	80	229.5
1990	126.6	57	58.3	96	0	120.3	1.5	64.3	66.2	239.5	253.3	121.6
1991	79.6	139.1	18.4	52.5	64.8	57.7	0	0	142.2	111	96.4	85.8
1992	90.8	186.2	39.4	83.1	17.9	82.9	28.4	116.8	48.2	306.2	147	118.9
1993	0	75.9	140.3	113.2	68.3	94.7	0	0	95	135.4	229.7	210.8
1994	137.5	148.9	146.2	171.7	74.5	0.1	22.5	3.6	52.9	164.8	148.2	65.3
1995	143.3	148.8	238	132.5	61.3	0	1.8	0	65.3	92.8	76.2	151.6
1996	203.4	101.8	149.9	227.7	24.7	0	16	0	59.9	46.5	115.2	0
1997	151.5	96	93.7	60	53.3	45.2	0	63.4	49.4	99.3	151.5	206.9
1998	136.1	55	87.1	47.7	8.8	13.2	1	7.8	64.4	76.9	115.6	115.5
1999	166.8	220.3	225.4	138.2	82.4	14.7	56	17.1	91.9	85.3	49	113
2000	185.8	218.7	328.1	135.5	49.5	42.9	54.2	28.4	33.8	131.3	71.4	44.2
2001	140.3	71.7	156.7	12.8	8.7	14.3	30.8	26.5	36.5	77.5	84	58.8
2002	36.2	114.8	98.5	83.3	12.4	8.3	91.9	45.3	75.6	130.5	52	58.8

<<Continuación>>

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	128	101	112.6	17.8	74	3.5	2.3	85.7	35.4	37.4	34.6	284.5
2004	49.3	133.1	140.3	25.5	80.3	33	31.3	77.3	68.8	110	66.7	173.1
2005	78.6	85.6	209.4	81.2	8	5.2	20.6	23.6	43.5	117.7	97.2	107.3
2006	190.1	91.8	241.9	101.6	4	65	4.4	17.4	21.9	196.4	158.8	297.3
2007	148.8	94.5	208.2	148.2	28	11	9.8	45.2	34.6	103.8	159.4	136.2
2008	105.6	153.8	171.6	109.2	9.2	6.4	13	3.4	51.6	109.2	157.8	128.2
2009	102	81.6	89	36	41.8	14.4	46.4	10.4	31	70	132.4	138.4
2010	194.4	247.5	122.4	31	10.2	0	10.2	21.8	53.4	104.6	95.2	172.4
2011	193.2	183.6	165.9	83.4	59.6	40.6	58.4	37.8	30.8	94	85	111
2012	44	138.8	78.8	132.4	39.8	6.4	10.4	28.8	73.2	107	273	234.4
2013	168.4	222.8	219.3	44.6	76	27	42.4	107.2	34.8	176	190.2	170.4
2014	200.8	192.2	231.4	251.2	98	39.4	53.4	30.2	232.4	154.8	116.8	206.2
2015	251.2	174	132.4	116	165.2	28.4	63.6	32.6	65.1	178	109.3	214.5
2016	96.4	162.2	186.8	143.6	28.2	65	14.8	26.2	24.6	69.2	79.8	202.8
2017	277.8	281.2	263	127.4	124.6	56	66.4	78.4	142.1	215.8	260.6	265.8
2018	245.6	212.6	172.4	116.4	42	102.8	84.6	70	35.4	357.8	145	163.4

**Anexo 5: Precipitaciones mensuales de la estación Jacas Chico completados  
(ANA Y SENAMHI)**

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	138.7	194.8	164.8	68.1	25	0	4.8	3.9	31	138.7	137.4	104.6
1966	139.1	119.8	60.6	33.1	44.7	7.6	0	4.5	35.6	71.9	39.6	87.9
1967	198.2	284.2	157	39.2	37.7	22.3	65.6	46.5	109.9	95.6	62.3	80.9
1968	191.4	187	137.5	137.8	39.8	18.7	0	35.7	38.2	128.8	99.4	109.9
1969	167.8	224.7	151	97.9	31	68.8	6	10.1	52	16.7	106.2	168.7
1970	100.7	183.8	248.6	129	22.5	12.1	50.4	23.1	78.1	94.2	89.6	175
1971	173	215.5	175.2	228.8	82.8	12.2	19	1.7	11	134.9	94.7	141.4
1972	138.6	119.7	116.3	127.2	24.6	0.5	0	0	8	81.6	92	160.6
1973	126.1	216.9	146.2	39.6	24.7	4.5	3.2	84.8	48.8	116.1	110.2	271.6
1974	126.8	140.7	165.6	84.4	3.7	25.2	18.3	3.2	69.6	108.5	48.3	100.2
1975	213.5	213.4	262.7	0	8.1	17.5	0	16.6	76.7	75.1	108.9	94.7
1976	94.1	143.3	156.2	40.8	13.6	2.9	0	12.6	11.9	2.3	74.1	91.3
1977	193.9	159.4	78.9	4.3	0	0	0	9.3	31.8	90.4	117.8	28.9
1978	150.7	43	100.9	95.7	14	0	0	9.4	18.4	17.2	104	132.3
1979	55.8	163	108.1	35.4	0	0	14.9	3.9	39	35.7	78.8	109.8
1980	93.2	160.3	174.6	20.5	0	0	3.9	3.8	7.9	160.5	74	89.4
1981	47.2	234.8	117.4	46.5	0	0	0	14.1	5.1	29.6	71.7	109.1
1982	82.5	121	120.1	48.2	14.4	6.3	0	0	14.1	133.7	158.4	72.3
1983	127.2	211.8	78.7	3.5	12.8	2.7	0	0	22.3	56	79.1	192.6
1984	94.3	359.3	139.1	6.1	0	23.4	14.7	1.2	26.6	35.1	48.5	114.6
1985	190.3	156.4	85.1	14.4	0	0	0	39.6	98.4	93.9	138	121.7
1986	162.4	154.8	295.7	197	33.2	0	20.7	49.2	66.7	88.8	82.4	175.1
1987	279	149.8	146.3	79.4	10.9	19.4	27	2.4	15.4	67	116.9	136.4
1988	286.9	89	185.6	106.1	53.9	0	3.4	0	5.3	52.7	52.1	86.8
1989	118	113.6	94.5	106.8	44.7	30.4	0	31	67.7	194.8	70.7	49.8
1990	100	17.1	72.4	50.7	43	94.4	4.8	13.9	98.3	106.5	147	149.8
1991	103.3	234.2	248.9	89.1	17.7	9	1.5	5.8	53.4	96	44.1	153.4
1992	73.9	145.3	93.5	32.6	45.7	92.9	4.1	91.2	79.7	187.2	87.2	179.2
1993	45.1	112.2	181.6	89.6	77.3	27	0	2.9	20.3	32.6	152.5	139.1
1994	194.7	207.7	109	21.1	4.1	3.2	1.3	0	11.7	148.6	72.7	111.1
1995	162.8	143.6	177	73.3	52	8.6	0	0	28.1	87.2	117.5	156.6
1996	149.5	180.5	137.9	124.1	58.2	6.9	9.8	23.1	43	92.2	128.5	86.2
1997	126.4	182.3	86.6	59.2	20.7	15.1	2.5	49.5	57	87.7	100.4	206.2
1998	273.3	211.5	176.7	55.4	19.7	22.4	2.5	9.6	23.4	98.6	110	127.9
1999	175.3	213.8	210.6	148.4	38.9	18.7	3.1	14	60.1	67.1	92.5	132.4
2000	127.4	149	291.7	89.4	27.5	17.7	32.6	62.2	33.3	73.8	83.2	144.5
2001	201.1	198.9	163.4	68	50.2	12.6	31.2	27.1	30.7	84.3	110.5	152.1
2002	54.6	163.5	164.9	88.3	37.1	2	51.7	13.4	56.4	126.1	158.8	155.4

<<Continuación>>

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	140.3	120.6	220.7	90.6	45	18	3.3	43.6	43	36.5	113.3	243.9
2004	35.6	134.1	119.8	28.2	79.2	36.3	22.2	56.9	62.2	134.3	87.8	184.1
2005	81.4	164.8	160.9	53	5.2	0	10.8	10.4	16.3	132.5	71.1	155.1
2006	194.1	112.6	178.8	84.3	15	26.3	0	4.7	43.8	131.8	111	166.4
2007	175.7	41.4	255.6	98.3	53.7	3	20.6	6.3	26.9	147.4	88.3	96.4
2008	161.6	187.3	113.8	149.1	24.6	15.4	4.2	12	95.5	81.7	70.5	172.3
2009	198.3	207.6	165.6	124.3	41.3	15.9	48.8	28.3	41.6	81.5	151.6	218.2
2010	75.8	198.3	191.2	65.6	20	2.9	13.7	1.8	48	107.1	107.5	124.9
2011	174	188.2	208.7	119.8	47.1	11.6	35.3	4.9	44.7	112.9	105.6	195.3
2012	219.5	253.3	123.9	175.6	33.3	25.2	6.7	14.3	15.1	111.3	142.1	268.4
2013	166.4	220.9	254.5	112.3	38.9	36.6	71.1	47.7	26.3	145.7	100.1	157.4
2014	185.9	197.2	211.4	127.2	86	5.7	23.9	27.1	91	94.6	99.1	231.2
2015	256.1	184.4	194.3	87.1	105.8	23.3	12.2	8.3	8.5	35.6	124.1	186.8
2016	76.8	179.2	81.6	83.2	11.6	16.9	6.5	46.4	17.3	92.2	158.4	108.2
2017	237	162.4	215	106.5	39.6	13.8	12.9	22.8	31.6	50.3	95.5	180
2018	176.4	151.4	183.8	105.4	9.6	42.3	32.6	42.3	21.7	209.8	62.9	125.5



**Anexo 6: Precipitaciones mensuales de la estación Canchán completados (ANA  
Y SENAMHI)**

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	58.9	78.7	89.5	26.5	5.2	0	2.6	2	11.6	62.3	74.4	39.1
1966	82.5	52	79.4	17	18.1	0	0.1	4.9	6.7	38.1	27.9	103.2
1967	98.4	104	90.9	23.9	26.1	5.9	24	1.3	8.7	41	23.5	68.7
1968	86.5	81.8	93.9	21.3	4.3	0.6	5.1	20	28	48.4	12.7	59.6
1969	79.7	69.8	57.5	19.8	11.4	17.9	5.7	3	9	27.6	63	59.5
1970	60.4	66.5	71.5	28.7	5.7	17.8	12.7	2.5	15.1	22.4	53.2	57.5
1971	132.1	69	82	51.6	4.3	7.4	13.9	3.7	0	36.3	42.1	75.1
1972	40.6	47.9	106.3	44.5	1	0.4	0	4.3	12.9	23.4	46.5	108.9
1973	73.4	89	56	32.7	3.5	3.2	11.2	25.6	10.5	63	84.6	114
1974	85.2	72.6	87.2	33.5	2.4	15.7	4.9	11.7	8.6	24.4	13.6	35.8
1975	104.8	99.8	111.4	19.7	28.9	4.5	0	4.1	17.5	59.2	42	37.1
1976	57.5	71.1	28.6	14.8	7	6.5	0	0.7	13.1	37.1	31.1	38.5
1977	73.4	75.3	57.1	32.7	8.8	0	0	3.7	15.8	30	90.5	113.9
1978	55.2	49.8	94	20.2	15.1	0.7	0	1.8	3	42.6	31.1	43.1
1979	0	59	135.5	52.5	0.7	0.9	6.6	0.1	8	63.4	55.5	33.8
1980	46.7	70.7	132.4	52.8	1.5	1.1	6.2	6.2	0	27.8	41.7	48.4
1981	51.4	52.1	83.4	24.7	1.3	0.9	4	7.1	6.9	22.8	50.8	99.7
1982	77.6	68.1	114.9	21.3	2.4	0	1.1	4.8	6.6	47.7	55	55.4
1983	100.7	50.2	101.3	38.3	0.5	0.1	0	0.8	5.4	30	44.2	61.8
1984	68.8	67.7	35.4	37.1	12.3	5.5	7	6.5	23.3	35.4	55.2	56.9
1985	39.7	73.4	79	32.6	0.8	0.6	0	5.4	15	10.2	81.8	92.3
1986	61	79.3	116.1	15.1	30.7	0	8.2	7.3	5.9	23.6	16.7	74.4
1987	73.1	72.5	78.1	26.3	3.7	7.4	11.5	2.3	13.7	35.7	26.8	51.2
1988	106.2	80.6	56.5	32.7	7.2	0	10.5	0.2	13.4	25.8	15.1	55.1
1989	79.4	61.5	82.6	22.1	10.6	13.5	0	0	15.9	46.7	23.4	76.7
1990	64.9	55.3	34.4	35.4	6.5	19.8	0.2	2.7	10.1	76.5	80.7	50.7
1991	55	69.3	36	18.9	5	14.8	0	0	13.4	34.4	32.6	33.4
1992	19.7	73.4	49.9	3.6	3	8.4	1	33.4	7	74.3	32.5	51.4
1993	24.9	56.2	101.3	42.5	26.7	5.2	1	2.1	12.3	46.6	90.6	80.4
1994	100.5	67.3	52.6	50.3	16.7	1.3	1.2	0	1.8	47.9	26.8	65
1995	58.6	60.8	67.4	24.8	8	2.8	0	0	14.9	16.1	20	114
1996	51.1	31	42.5	67.7	13.8	0	1.6	1.5	7.3	18.4	50.7	27.2
1997	66	50.1	30.1	17.1	12.3	10.8	0	15.8	8.9	29.2	27.7	55.6
1998	94.7	58	63.6	10.7	3.3	1.2	0	0.5	11.1	16.3	64.5	50.9
1999	83	40.1	136.3	20.9	8.5	4.4	5.2	1.5	23.6	16.5	44.9	75.7
2000	79.3	81.7	132.9	14.2	4.6	12.9	9	22.1	12.4	26.4	31	83.6
2001	115.4	43.5	94.8	38.2	11.4	3	14.2	5.1	12.7	52.8	48.3	70.4
2002	18.7	58.4	103.8	46.5	20.7	1.7	25.3	7.3	12.1	65.3	35.3	39.2

<<Continuación>>

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2003	50.1	42.4	86.2	31.7	13	0	0	9.7	19.5	57.8	62.6	88.2
2004	29.6	60.7	89.9	18.2	31.7	11.4	8.6	17.8	19.7	51.7	22.1	87.7
2005	20.7	69.9	105	14.6	1	0	6.6	20.4	11	47.3	28.8	89.7
2006	122.5	57.9	99.6	33.8	5.7	9.3	1	1.4	7.5	75.4	69.1	88.9
2007	45	4.4	64	22.6	20.1	0	4.6	3	5.8	67.3	49.4	67.1
2008	74	94.4	78.6	27.4	5.8	1.9	2.1	3.6	27.9	37.7	43.8	73.7
2009	73	96.9	93.3	53.6	6	16.1	12.6	1.6	10.1	41	50.1	95.8
2010	36.6	94.6	86.8	29.9	8.1	0	7	5.3	6.2	39.1	51.5	60.8
2011	80.5	65.9	107.4	31.4	25.2	0	2.4	3.5	9.3	66.9	48.1	113.2
2012	78.8	67.8	27.9	58.9	10.3	3.4	6.3	4.8	4	66.3	84.5	159
2013	64.2	81.2	127.7	21	5.7	6.6	17.9	14.2	4.6	41.7	56	76.7
2014	45.9	91.7	66.5	22.2	14.9	9.3	0	7.3	27.2	49.2	50.5	57.1
2015	92.3	52	86.8	17.3	30.4	0	2.5	14	5.8	34.1	53.7	108.3
2016	32	68	14.7	23.4	0	0	0	5.3	0	35	50.9	62.3
2017	85.9	61	88.7	11.1	22.5	8.3	9.1	0	24.2	43.3	54.5	153
2018	97.1	90.5	50.9	35.3	0	10.9	18.5	3.8	6.9	63.6	59.6	49.6

**Anexo 7: Precipitaciones mensuales de la estación Tingo María completados  
(ANA Y SENAMHI)**

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	472.5	380.9	448.5	490.3	215	96	86	86	96	143	281	516
1966	446	379	141	209	153	34	80	64	158	259.6	229	458
1967	399	338.5	290	104	357	151	196.2	109.6	150.6	240.3	411.9	298.2
1968	529.1	502.3	424	335.4	295.3	56.2	124.7	100.7	137.1	388.8	292.1	400.7
1969	208.8	333	311.4	276.1	104.1	234.8	111.8	130.4	188.3	398.1	527.8	295.8
1970	284.4	222.5	357.5	298.3	231.7	249.4	160.8	172.6	247.4	481.5	224.5	460.1
1971	288.9	303.1	369.1	201.5	100.6	110.2	254.2	106	229.8	299.8	410.1	225.8
1972	297.3	410.3	343.8	208.4	222.9	72.1	108.2	312.2	227.3	269.6	521.1	514.4
1973	515.8	508.6	443.6	451.8	170.9	162.1	273.6	125.7	85.9	229.6	556.1	437.4
1974	546.4	441.2	405	366.1	145.1	241.5	121	342.3	134.6	358.8	562.7	336.9
1975	362.4	508	502.1	307.5	210.7	199.1	113.8	176.9	261.8	201.4	296.2	226.2
1976	291.5	317	282.4	147.4	241.9	92.8	36.4	39.6	121.7	354.7	375.4	467.4
1977	892.5	448.5	529.2	416.1	171.7	75.8	229.6	102.6	206.1	146.2	435.8	158.6
1978	291.2	276.4	255.1	274.2	169.3	40.6	313.2	47.4	44.7	379.2	310.3	531
1979	211.7	391.1	421.5	384	289.3	94.7	114	15.2	74	138.4	490.5	359.7
1980	427.6	620.6	311.5	126	172.5	163.3	136	138.2	233.8	271.3	278.1	387.3
1981	412.6	467.7	417.8	176.4	199.9	200	39.1	83.3	187.7	710	718.4	784
1982	718.3	610.8	844.9	338.8	275.1	161.2	161.1	47	283.3	253.9	491.7	542.4
1983	688.5	467.8	367	341	242.3	175	99	97	117	405.1	666.6	595.5
1984	681	473.2	349	412.4	186.1	300.6	235	205.9	117.6	261.1	465.1	169.8
1985	480	604	231.3	517.4	57	59.4	265.8	179.5	231	299	369.9	253.7
1986	347.6	411.4	500.2	171.7	238.4	46.6	82.6	130.7	267.5	301.3	273.8	313.7
1987	612.9	236.3	195.6	361.7	237.8	62.2	124.2	73.2	139.5	308.5	525.1	444.5
1988	539.3	369.4	330.3	232.6	264	47.7	79.9	14	204.8	178.8	309.7	307
1989	319.2	456.2	426.5	524.3	85.6	83.6	146.3	117.9	176.5	232.4	234.8	156.5
1990	628.1	248.7	210.2	215.5	242.4	172.3	257.1	81.7	111.9	372.2	325.5	414.7
1991	512.9	251.3	363.9	322.3	124.4	181.7	59.9	37.8	96.2	292.2	391	372.8
1992	306.9	390.4	397.5	428.4	303	281.8	71.1	347.6	301.1	461.3	406.9	523.6
1993	465.1	218.2	288.2	268.3	241	79.6	202.6	230.9	346.1	235.6	520	562
1994	672	494.7	253.3	299.5	164.6	67.4	164.1	54.3	235.6	302.1	281.2	815.2
1995	373.8	323.7	539.4	166.7	136.3	72.9	153	72.6	148.1	390.7	308.4	488.2
1996	508.9	385.9	261.2	438	267.7	152.6	45.7	124.1	219.3	267.3	277.3	287.6
1997	396.3	247.1	296.2	218.8	310.3	173.2	152.2	91.2	240.6	207.7	359.2	741.8
1998	332.6	316.2	502.7	450.8	297.9	156.7	59.1	95.2	162.7	220.8	416.6	282.3
1999	568.1	486.4	544.4	217.3	324.4	184.7	196.8	67.6	108.3	73.8	358	353.6
2000	412.2	419.8	509.9	177.3	147.6	316	190.8	61.6	171.4	171.3	185.9	367.5
2001	442.1	313.3	593.9	175.9	217.7	128.9	186.4	41.6	180.2	202.2	455.3	301.2
2002	304.7	590.1	406	308.4	415.5	149.3	190.1	144.9	137.1	262.3	500.1	484

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	239.6	460.8	343.9	306.8	345.2	228.7	100.2	249.7	216.9	272.4	330.9	598.1
2004	301.1	298.9	427.4	176.8	141.8	83.4	236	71.1	193.9	293.3	469.3	323.4
2005	245.1	314.8	549.4	121.3	149	187.7	55.8	82.9	204.2	259.2	209	571.5
2006	284.8	528.9	389.9	274.1	99.7	122.5	70.4	117.4	207	391.7	485.8	571.2
2007	526.8	257.2	460.7	298.8	187.3	12.4	169.6	95.2	118.5	267.5	277.3	492.7
2008	428.8	534.6	300.6	196.6	120.3	106.2	224.4	55.2	164.8	335	138.8	363.7
2009	496.7	400.2	311.1	282.9	326.1	164.7	170.1	150	183.6	134.9	414.4	496.5
2010	301.9	592.2	373.1	262.4	192.2	110.7	127.9	55.2	98.2	180.1	463.2	304.4
2011	458.1	542.9	558.6	379.7	197.6	129.3	111.3	66.2	280	171.6	376.9	320.8
2012	376.5	446.5	464.1	356.3	120.7	151.7	52.8	37.5	92.9	384.1	298.6	413.7
2013	438.2	483.8	405.8	426.7	195	172.3	101.6	249.3	193.9	495.4	270.5	421
2014	350.7	289.3	399.2	206.6	219.8	195.4	50.1	48.2	256.7	500	418.1	487
2015	511.4	537.6	310.1	304.8	298.2	127.9	208.6	37.6	123.1	152.1	238.1	408.5
2016	517	406.6	392.3	159.2	217.2	171	111.2	64.5	113.3	162.1	333.2	413.8
2017	385.1	467.7	427.7	205	282.2	154.8	25.8	143.5	219.4	319.7	675.4	373.2
2018	388.2	317.5	483.3	226.3	179.9	188.8	62.3	205	79.3	483.1	513.2	432

**Anexo 8: Precipitaciones mensuales de la estación Yanahuanca completados  
(ANA Y SENAMHI)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	112.7	134.3	144.9	55.3	22.5	0	8	3.6	30.3	186.3	129.8	91.2
1966	78.4	69.1	0.7	24.5	26.5	8.5	0	2.3	40.4	52	0	0
1967	113.8	225.5	133.7	24	23.8	21.3	32.9	52	117.2	73.5	47.9	20.4
1968	119.3	118.9	118.8	133.9	45.5	32.1	0	24.8	14.2	115.5	123.9	95.2
1969	115.9	190.8	152	96.7	22.1	128.3	5.1	5.7	51.3	26.7	88.7	121.4
1970	65.2	136.5	237.1	124.1	19	2.5	24.9	33.1	68.8	103	75.5	114.1
1971	76.7	181.9	149.4	203.8	137.8	7	23.3	0	15.3	143.6	95.5	105.9
1972	118.6	60.8	69.7	107.1	36.6	0	0	0	10.2	61.1	79.2	135.4
1973	81.1	137.9	133.8	14.7	26.4	0.7	0	61.9	53	91.6	90.2	200.5
1974	73.2	117.2	162	23.3	5.7	8.5	37.5	1.7	6.4	56.9	69.5	74
1975	98.4	157.7	192.3	79.4	56.9	18.4	0	3.4	22.8	69.7	121.7	103.1
1976	6.2	115.9	106.5	12.6	0.5	0	25.2	81.3	41.6	76.9	103.2	133.6
1977	123.8	176.1	52.6	1.7	10.9	0	9.3	5.5	6.4	44.6	78.7	13.7
1978	110.3	51.3	100.9	122.8	28.9	11.8	19.4	29.2	134.4	74	134.2	106.5
1979	47.5	69.2	201.9	20.3	0	0	4.2	5.3	9.3	179.3	72.6	71.7
1980	65.3	93.8	164.9	94.7	13.8	2.9	17.4	10.6	30.4	69.9	81.8	26.4
1981	58.6	217.5	148.3	3.7	0	0	0	105	53.3	138	134.5	139.8
1982	117.9	84.2	80.1	44.2	38.1	8.3	5.7	27.1	22.7	66.9	94.4	111.6
1983	121.9	97.2	132.9	49.2	18.9	0.8	0	0	25.8	59.8	115.2	128.2
1984	68.7	185.3	20	17	0.3	20.4	24	81.6	40.2	51.2	31.4	51.2
1985	197.8	107.9	103.3	4.8	14.8	0	0	36.9	24	75.9	134.7	168
1986	149.7	106.5	213.3	181.7	16.2	0	15.4	31	94.9	78	124.8	111.4
1987	160.8	111.4	70.6	55	23	13.6	11.2	15.8	65.6	64.7	114.2	102.7
1988	206.7	105.2	73.1	133.7	13.5	0	0	2.5	52.1	46.9	5.1	10.5
1989	8.9	31.8	47.3	0	2	6.7	0.4	63.9	38.6	158.6	30.4	32.1
1990	0	48.1	114.3	60.5	41.1	115.5	8.1	9.1	65.6	85.2	123.9	109.7
1991	48.6	138.9	197	58.6	54.9	14.3	0	0.7	56.6	96.7	99.4	39.7
1992	41.2	21.8	81.3	10.3	0	40.3	13.4	74.4	11.5	128	94.5	35.5
1993	18.2	19.2	82.6	113.4	68.3	45	0.1	59	11.6	54.2	109.9	72.5
1994	62.1	170.7	94.2	12.6	35.4	3.3	0.2	37.6	41.9	108.4	125.5	111.2
1995	135.4	95.9	95.2	59.2	10.6	11.9	0.2	1.8	51.8	75.9	111.9	99
1996	139.9	61.2	156.8	30	12.1	0.5	0.4	53.8	84.2	104.9	111.3	152.7
1997	55.6	156.4	39.8	51.5	24.3	0	2.2	7.7	18.8	29.1	60.4	123.9
1998	117.2	143.1	118.1	59.8	10.1	13.1	0	0.3	12.2	69.1	60.1	41.2
1999	107.8	192	128.3	79.2	21.4	12.8	8.4	11.5	38.3	33.6	73.5	98.6
2000	137.5	84.6	167.8	43.4	15.5	9.2	11.6	0	11.4	42.9	60.6	78.2
2001	127.7	65.3	169.9	79.8	27.4	20.6	30.1	22.1	15.1	66	97.9	145.4
2002	43.3	79.7	106.3	65.2	26.3	2.6	73.3	18.9	69.2	108	96.5	114.4

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	116	111.4	144.2	102.8	74.6	12.4	0	17.9	24.9	58.2	128.9	153.1
2004	29.9	84.9	86.5	29.4	39	35.9	20.8	16.1	48	121.6	94.7	150.7
2005	50	123.9	123.9	43.3	32.7	0	21.8	12.1	34	89.7	92	93.9
2006	114.3	101.2	148.6	60.3	12.2	22.3	0.5	12.3	51.2	97.3	98.9	138
2007	102.1	55.4	196.5	74.9	40.8	0.7	54.9	11.9	9.4	123.6	93.7	82.2
2008	104.8	122	81.1	34.9	21.4	13.7	0	11.4	39.4	78.4	71.8	53
2009	150.3	165.2	208.3	122	62	8.6	31.6	27.7	16.8	36	128.7	110.3
2010	108.2	101.4	123.6	50.1	5.6	5.8	0	0	12.1	74.1	110.2	153.7
2011	243.2	97.7	206.5	100.8	4.1	0	16.9	4	15.6	82.7	87.5	214.7
2012	92.2	184.8	94.3	137.8	8.5	30.4	16.8	0	51.1	59.1	130.7	220.4
2013	160.6	125.1	170.2	35.2	25.2	15.4	9.3	14.4	19.1	90.9	80.7	102.1
2014	195.4	158.5	146.4	78.6	56	16.7	19.7	8	33.8	49.7	109.5	190.2
2015	206.7	66	179.6	52.1	44.5	1	12.2	11.2	29.1	68.1	118.3	171.7
2016	94.5	157.4	97.6	63	6.3	6.3	16.3	26	38.4	66.9	30.2	148.4
2017	232.4	128.8	283	114	70.9	21.9	6.1	22.3	119.2	74.8	115	128.8
2018	171.5	235.8	158.8	123.7	37.1	30.5	19.4	59.6	22.8	213.2	91.5	72.1

**Anexo 9: Precipitaciones mensuales de la estación Oyón completados (ANA Y SENAMHI)**

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	39.3	92	104	46.1	1	0	2	0	16.7	32.4	29.5	80.7
1966	80.3	43.6	60.1	44.4	1.8	0	0	0	18	78.9	42.1	62
1967	91.2	162.2	175.1	80.1	2.8	2.9	1.7	10.8	9.8	97.1	38.8	48
1968	72.9	55.7	81.5	5.9	5.6	1.6	3.2	26.2	18.6	50.8	33	61.7
1969	39.6	103.6	89.6	59.2	3.8	2.5	2.4	13.2	10.3	39.1	65.7	142.9
1970	116.8	52.1	102	72.5	23	2.1	4.8	7.3	53	59.4	42.8	101.2
1971	84.8	121.1	154.1	40.2	4.5	1.4	0.3	16.4	5	46.4	46.3	113.7
1972	88.2	72.7	203.9	95.2	0.1	0	0	12.1	31.5	38.2	32.5	55.5
1973	119.9	101.8	116.4	94.8	46.1	1.3	7	9.3	49	26.8	45.3	134.5
1974	83.8	119.6	111.4	32.3	3.8	5.1	2.1	26	3.6	13.5	34.9	41.7
1975	127.4	76.9	165.7	44.3	36.8	0	0	8.3	29.5	31.8	41.3	16.9
1976	125.3	114.5	117.9	38.2	5.7	7.9	2.7	10.3	14	5.6	19.4	69
1977	68	115.2	50.1	40.2	46.2	0.8	1.7	0.7	17.8	14.2	85.6	72.3
1978	39.4	114.6	50.1	29.3	3.9	0	5.8	2.9	33.6	44.3	45.6	28.2
1979	48.3	95.4	106.7	57.1	7.2	0	0	0	9.8	18.8	16.5	13.1
1980	71.5	62.6	80.5	8.1	4.8	1.2	0.8	0	3.4	106.4	61.6	74.6
1981	96	156.4	110.6	0	0	0	0	7.4	0	59.1	61.7	113.2
1982	88.3	153.2	74.3	38.6	3.5	0	4.3	0	0	57.5	65.5	105.3
1983	162.8	50.7	180.2	102.6	0	0	0	0	3.3	25.3	55.5	77.5
1984	93.9	66.1	120	62	24.2	0.6	0.2	0.1	8.4	55.8	39.6	98.3
1985	47.2	75.4	140.4	41.3	10.4	0.5	0	3.3	23.4	28.1	45.5	121.5
1986	121.4	59.3	126.7	89.2	14.1	0	3.5	7.2	12.1	10.6	24.7	65.8
1987	127.3	105.1	35.8	25.8	1.7	0	5.3	3.6	14.9	19.6	90.2	45.4
1988	104.7	61.8	58.1	72.9	12.6	0	0	0	11.1	28.5	29.7	63.9
1989	138.2	97.4	109.7	46.5	22.5	3.7	0	2	14.7	39.5	18.4	7.6
1990	51.4	76	59.4	4.4	8.5	1	0	0	1.5	139	82.7	113.3
1991	49.1	146.2	111	35.7	0.9	0	0	0	0	0	14.3	16.8
1992	39.5	23.8	48.7	23.5	2.6	3.4	0	0.4	6.6	19.9	22.8	17.3
1993	89.2	127.7	151.9	112.9	0.8	0	0	0	9	82.8	82.7	247.4
1994	129	127.3	163.9	110.5	45.4	1.7	1.9	0.7	12.1	8.9	56.8	47.9
1995	73.3	35.2	140.1	59.4	9	5.1	1.2	4.4	7.3	43.2	49.4	85.5
1996	121.9	96.4	125	58.2	3.9	0	0	2	6.1	26.5	21.4	61.8
1997	88.3	115.7	40.5	26.8	0	0	0	0	14	24.2	64.4	125.3
1998	178.1	112.3	123.3	20.9	2	2.5	0	0	11.9	58.5	33.6	32
1999	101.6	193.2	85.7	52.6	38.5	0	4.2	0	31.9	57.1	50.3	76.9
2000	120.6	124	104.9	63.4	35.9	0	2.7	4.5	26.4	60.1	29.5	135.1
2001	143.3	87	149.9	33.9	10.2	7.5	0	0	26.4	35.6	104.9	66
2002	92	65.1	96.9	45.5	8.6	2.1	0	2.1	17.2	73.5	73.9	93.1

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	89.7	96.3	121.7	37	0	0	0	1.3	11.3	15.8	8.7	87.7
2004	36.3	78.7	58.4	23	0	6.8	0	0	22.3	56.4	95.6	96.1
2005	63.6	41.7	105.6	9.5	4.1	0	0	3.9	0.5	28	23.8	80.3
2006	70.9	124.3	148.6	161.4	0.3	11.5	0	6	6.2	35	80.8	92.3
2007	95.5	77.4	148.5	55.2	36.6	0	0	0	6.7	52.2	44.9	39.5
2008	108.8	136	100.7	49.9	0	5.2	0	0	2.8	59.6	17.4	83.4
2009	101	108.4	165.3	78.1	16.8	0	1.5	7.5	8.2	54.2	86.9	95.5
2010	60.1	57.3	117	29.9	0	1.1	0	0	7	20.7	45.7	123.2
2011	145.6	60.9	133.4	63.4	5.6	0.6	0	0	5.4	22.4	79.7	129.9
2012	81.4	136.3	91.4	113.9	1.8	2.8	0	0	34.1	35.2	46.5	89.3
2013	55.8	69.8	118	21.6	17.5	0.4	2.7	8.5	1.4	80.6	45.3	74.3
2014	95.1	125.3	133.5	29	19.6	0	0	1.8	15.5	50.6	37.9	135.1
2015	102	62.5	69.5	48.9	6.6	3.4	0	7.7	2.8	22.6	50	82.8
2016	25.8	94.4	88.3	36.7	1.1	1	1.6	4	15	29.4	5.6	84.9
2017	130	128.3	181.4	60.5	32.6	0.4	0	2.7	6.4	69.08	20.1	52.3
2018	108.5	82	120.3	65	8.6	3.3	1	0	10	35.1	33.6	88.2



**Anexo 10: Precipitaciones mensuales de la estación Picoy completados (ANA Y SENAMHI)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	103.7	124.6	153.9	35.4	8.6	0	7.1	15.1	36.8	22.1	25.3	107.4
1966	73.2	88.4	78.7	31.9	0.2	0	0	0	2.1	118.2	51.7	123
1967	105.2	221.8	175.3	74.2	2.1	0	5	0	8.4	64.3	21.4	47.6
1968	130	70.8	111	20.5	3.5	0	1	4.4	9.8	16.1	31.6	77.9
1969	72.3	78.4	114.7	86.6	13.9	0	1.2	6.7	17	29.3	45.7	144.6
1970	137.2	10.5	103.4	31	7.9	0	0	0	31.5	28.7	44	66.1
1971	79.8	104.4	141.1	34.9	5.3	0	0	7	5	12.8	25.6	93.5
1972	105.5	109.1	247.8	64	0	0	0	0	11.1	34.7	35.8	67.6
1973	156.6	92.7	152	103	14	0	0	5.1	13.4	25.7	27.6	120.9
1974	56.5	124.1	107.6	29.2	11.3	1.5	0.2	1	3.8	15	33.8	66
1975	120	79.3	173.9	28.6	6.2	0	0	6.3	32.8	30.7	49.2	81.1
1976	139.7	132.9	158.9	31	1.8	8.4	0.3	12.7	3.1	0	7.9	38.3
1977	59.2	61.1	111.7	46.8	16.7	0	0	0	0.9	5	47.5	74.5
1978	111.8	105.7	52	23.1	0	1.2	0	5	43.4	24.3	41.3	77.7
1979	108.8	89.7	156.3	59.2	5.1	5.9	0	0.9	3.1	4.8	27.9	54.5
1980	61.2	11.9	47.8	5.5	0	0	0	0.2	3.3	80.1	48.9	62.2
1981	106.1	160.2	151.4	12.9	0	0	0	9.1	0.5	46.4	72.1	105.6
1982	86.1	148.1	83.1	41	0	0.4	0.5	0.4	9.5	47.6	97.1	46.3
1983	99	39.9	107.4	66.2	10.7	4.3	0	0	5.8	24.4	26	119.7
1984	80.9	162.7	160.9	34.9	32.6	9.8	0.4	0.8	1.2	48.8	71.1	88.1
1985	29.7	116.4	113.4	47.8	16.4	3.3	0	0	16.3	17.4	31.5	78.5
1986	127.9	157	91	77.9	18.9	0	1	5.1	1.1	13.1	25.1	122.7
1987	104.6	88.3	69.2	26.9	9	0	0	4.6	9.3	10.8	40.4	76.1
1988	91.6	70.2	73.1	58.2	19.2	0	0	0.9	4.2	21	17.9	76.1
1989	145.6	147	134.7	40.3	14	2.8	0	2.4	7.3	36.5	8.5	8.7
1990	105.2	26.8	37.8	18.8	5.8	0.7	0	0	5.5	76.5	70.3	63.5
1991	59.2	57.9	120.6	31.3	9.4	0	2.9	0	7.7	65.5	42.1	38.2
1992	35.3	41.5	80	25.8	0	0	0	1.7	6.4	32.4	33.5	19.3
1993	97.6	100.5	118.4	72.7	18.2	0	0	0	12.5	69.9	99.9	104
1994	100.9	130.2	130.1	61.6	14	0	0.7	0	9.4	7.1	40.3	65.9
1995	74.3	31.5	79.9	46.5	8.6	0	3.4	0	4.6	32.2	63.9	74.3
1996	92.6	139.7	119.1	71.2	3.5	0	0	0	0	20.9	16.9	70.7
1997	82.5	96.5	44.2	6.4	0	0	0	0.6	12	13.4	45.4	116.2
1998	140	83.7	133.2	41.6	0	5.2	0	0	10	24.6	34.5	43.2
1999	92.9	200.6	105.1	56	40.9	3	0	0	21.9	37.2	17.8	95.7
2000	65.5	83.9	66.3	35.4	21	0	0	0	7.5	5.9	12	57.4
2001	84.2	57.4	138.5	10.5	0	0	0	0	9	4	109.6	17.7
2002	31.8	39.8	40.2	33.8	0	0	0	0	0	26	35.9	50.2

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	64.1	49	85.3	26	0	0	0	0	0	0	21	61.7
2004	7.3	76.9	76.6	23.2	0	0	0	0	26	41.4	94	93.3
2005	64.2	64.2	110.3	16.2	0	0	0	0	0	6.7	13.1	78.4
2006	109	113.8	182.9	103.9	0	3.3	0	0	3.9	8.1	45.9	93.7
2007	104.2	97.3	152.6	74.3	24.5	0	0	0	0	37.2	9.3	50.6
2008	164.7	130.4	107.8	36.2	0	0	0	2	0	81.8	40.6	77
2009	152.6	156.6	152.7	85.5	13	0	0	0	0	59.2	89.6	144.4
2010	92.9	45.7	106.2	51	7.6	0	0	0	2.6	15.6	44.7	123
2011	131.7	85.9	116	47.3	1.2	0	0	0	0	6.4	84.4	120.9
2012	58.5	141.2	115.7	121.8	0	0	0	0	15.4	21.6	55.5	103.8
2013	77.8	126.2	143.6	30.9	14.3	0	0	3.4	0	59.2	24.5	73.7
2014	113.1	95	110.7	43.2	16.3	0	0	0	6.5	35.1	24.9	93.9
2015	110.2	82.9	92.5	69.3	8.7	0	0	0	0	8.2	4.4	85.7
2016	50	125.7	39.1	10.1	0	0	0	0	12.4	9.3	0	66.3
2017	64.5	139.4	170.4	38	17.5	0	0	0	0	47.5	7.4	45.8
2018	54.5	79.9	107.6	42.3	2	0	0	0	2	24.8	30.2	38

**Anexo 11: Precipitaciones mensuales de la estación Ambo completados (ANA Y  
SENAMHI)**

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	81.6	91.7	82.7	48.7	3.8	0.5	3	7.8	18.6	44.5	43.1	48
1966	48.2	54.8	61.7	5.2	24.8	0	2.5	5.4	15.8	68.3	41.2	62.5
1967	51.4	139.4	28.2	14.4	12.2	0	7.4	0	0	20.4	74.1	24.2
1968	65.9	94.1	96.7	28.8	3.3	0	17.8	5.8	54.7	24.2	37.9	43.8
1969	82.1	107.7	48.6	68.2	5	21.9	5.8	4.8	20.8	31.4	81.4	78.3
1970	77.7	61.6	31	55.7	6	12	19.2	3.8	10.4	10.6	36.4	48.8
1971	154.8	59	68.6	50.8	2.4	10.1	31.4	4.2	0	47.4	16.6	52.1
1972	57.4	36.3	96.5	48.2	24	7	3.6	6.6	33.9	19.9	57.2	77.9
1973	100.7	132.5	75	34.9	17.8	1.9	13.7	29.5	14.6	195.7	107.2	215.3
1974	172	98.6	114.7	81.4	5.8	47	3.5	34.6	18.1	42.7	58.1	64.5
1975	102.7	140.7	62.1	19	68.7	7.7	2.2	7.9	32.9	68.3	59.4	86.6
1976	72.7	43.1	52.3	4.3	6.2	6.7	2.9	2.5	10.2	10.1	45.2	25.5
1977	84.1	76.7	38.1	47.2	18.9	7.5	6.5	8.5	39.9	15.6	135.1	47.8
1978	72.4	43.4	75.6	44.3	32.6	6.8	0	1	9.5	43.8	64.2	60.2
1979	13.7	68.8	140.5	74.6	1.8	0	14	4.1	40.9	20.3	87	64.8
1980	66.4	74	136.2	47.6	1	0	3.4	1	1.5	37.3	63.6	86.7
1981	66.2	85.1	85.8	22.9	18.6	4.4	1	5.4	12	60.8	103.5	79.1
1982	63	119.5	86.1	57.1	5.2	12.3	0	7.2	8.5	76	60.8	59.3
1983	115	25.9	117.7	27.2	6.4	3	0	0	0	5	44.3	93.2
1984	94.6	80	77.2	45.4	14	6.2	17.7	10.8	22.6	12.3	91.4	49.8
1985	14.4	54.2	97.8	69.6	1.6	0	1	6.4	25.3	55	171.4	58.5
1986	50.4	79.1	101.7	18.2	18.9	34.1	14.1	12.2	4.2	38.5	28.2	79.8
1987	114.7	74.4	71.6	56.2	10.5	12.7	7.9	17.6	15.2	24.2	71.5	36.1
1988	85.4	98.2	44.6	59.6	20.6	5.9	2.3	0.3	6.6	37.7	61.9	60.8
1989	62.5	73.1	61	51.8	15.1	54.1	13.8	0.4	14	26.6	38.6	97.4
1990	73.4	93	65.5	56	14.3	29.8	1.8	4.7	8.4	15.6	63.4	72.1
1991	38	44.3	90.7	46.4	4.5	0.8	3.2	0	0	63	78.5	61.4
1992	33	79.7	52.8	37.7	3.3	0.4	0.1	9.9	13	25.7	27.8	34.8
1993	46.7	45	80.9	59	14.8	24	25.2	3	1.2	18.5	62.2	70.7
1994	94.7	97.2	23.7	80.4	11.8	0.3	0.2	0.3	12.7	52.6	40	61.1
1995	74.1	93.1	89.4	39.9	18.6	4.8	0	5.7	9.4	48.4	46	92.6
1996	54.5	60.7	86.1	74.9	15	2.2	1.5	0.8	18.4	40.6	59.1	30.6
1997	74.8	72.7	57.4	19.2	9.4	7.2	0.3	10.4	16.1	44.8	45.8	92.4
1998	129.8	124.6	64.2	31.2	0	4.3	0	10.8	5	35.9	118.7	72.8
1999	58.8	38.7	173.6	61.1	20	31.4	11	7.5	31.4	114.6	49.6	48.7
2000	82.7	100.2	148.4	35.4	2.7	2.9	7	7.7	36.7	30.2	73.4	159.2
2001	146.7	58.6	104.5	60.1	6.5	2.6	2.4	16	22.8	97	87.9	65.3
2002	36.1	52.7	92.1	42.1	30.1	11.1	86.8	4.4	12.1	27.1	48.4	95

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	66	44.3	66.7	54.7	11.8	0	2	4.3	15	44.7	123.1	106.5
2004	59.2	93.9	101.3	13	12.5	11.9	6.4	38.7	40.2	94.9	47.8	71.5
2005	92.3	54.5	86.1	38.7	5.6	1.9	1.6	1.7	0.7	121.5	81	113.7
2006	118.7	144.1	50.7	66.2	2.6	1.7	0.8	18.4	18.2	31.5	120.6	88.1
2007	49.6	40.4	119.5	49.8	23.9	2.3	9	3.3	0.4	44.8	42.2	96.8
2008	88.5	99.7	109.6	45.7	6.1	2.2	4.7	0.6	24	16.4	45.4	45.5
2009	70.6	119	101.3	79.7	13.6	38.6	8.3	10	4.6	47.3	52.4	77.3
2010	79.9	105.6	153.2	34.2	0.3	6.4	29.4	4.1	16.4	41.6	135.8	91.3
2011	97.1	57.4	115.4	54.5	10.7	0	2.2	2.4	13.2	35.2	46.1	82.1
2012	64.4	58.6	74.4	72.1	27.2	1.6	64.1	1.2	4.6	127.1	134.8	108.9
2013	66.9	84	63.1	31.4	4.4	5.4	36.3	7.2	8.7	42.8	121.1	88
2014	90.5	76.7	54.9	37	14.2	6.5	8	15.7	46.5	17.3	27.6	115.5
2015	113.2	105.6	73	77.1	36.5	0	31	0	8.8	6	78.1	110.5
2016	33.7	92.8	40.6	40.9	1.1	0	0	4.1	2.9	42.9	69.5	71
2017	94.3	81.8	88.8	47.2	16.3	21.5	24.5	8.8	27.6	42.5	103.5	173.1
2018	105.7	67.6	130.1	81.3	0	6.4	28.6	13.7	10	127.5	125.2	69.8

**Anexo 12: Precipitaciones mensuales de la estación San Rafael completados (ANA  
Y SENAMHI)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	60	135.5	91.8	42.6	0	20.9	0	2.6	40.7	104.2	61.9	25.7
1966	94.1	52	16.9	26	46.6	2.6	0	4.2	34.1	68.3	83.7	83.6
1967	59.2	59.3	107.2	11.4	19.5	0	45.4	0	26.4	34.4	38	96.4
1968	51.1	96.6	88.7	0	9.4	4.8	16.1	21.6	17.4	7.6	43.6	36.3
1969	57.5	51.8	35.5	33.7	28.2	18.2	0	0	26.6	11.5	41.1	81.7
1970	75.7	22.5	30.7	38	20	14.4	12.4	1.6	16.3	13.8	23.9	68
1971	189.7	98.9	71.3	16.5	2.2	7.9	20.8	1	2.4	57.7	31.6	79.5
1972	86	62.3	159.2	30.6	0	0	0	0	0	17	126.3	159.8
1973	114.2	144.3	42.1	5.6	2	24.6	13.5	10	18.9	77	78.8	220.5
1974	204.6	113.1	180.4	48.4	0	49.1	23.8	21.2	8.8	2	17.1	17.3
1975	53.6	35.9	76.2	35.5	38.3	7.4	0	7	39.3	18.6	72	7.7
1976	80.8	52	190.6	36.7	6	7.2	0	0	19.9	188.6	58	64.3
1977	98.9	225.6	85.8	58.2	13.9	0	0	4	74.4	43.5	69.4	131.6
1978	108.5	85.6	72.5	62.8	31.9	5.7	0	0	38	70.7	76.4	96
1979	68.6	119.7	136.5	73.3	4.5	0	35.5	0	40.4	18.2	94.5	61.6
1980	35.5	62.9	119.4	58.1	0	0	0	0	0	0	32.1	140.1
1981	20.3	15.8	78.7	16.9	0	0	0	6.2	0	47.5	94.7	103.9
1982	133	202.3	310.5	61.6	12.6	12.3	11.5	13.1	8	53.5	95.1	63.5
1983	114	82.7	124.5	82.4	4	11	0.2	6.9	23.2	2.6	58.9	134.2
1984	148.5	119.8	102.6	43	35.1	25.1	14.2	12	85.8	61.5	108.9	48.8
1985	107.1	73	135	47.6	0	0	0	16.5	49.6	25.2	90.7	124.3
1986	96.2	156.9	243.7	0.8	49.8	10.1	2.6	0	11.6	41.4	29.6	141.1
1987	124.2	188.2	130.5	56.3	48	17.1	11.9	0	32.7	55.3	48	73.2
1988	256.3	198.7	90.7	26.8	2.8	0	8.3	3.9	0	1.8	49.5	2.3
1989	113.7	47.9	99.5	25	16.8	29.8	7	0	35.1	70.5	29.8	74.2
1990	151.4	86.1	93.3	104.6	0	0	7.1	0	1.5	48.3	42	51.7
1991	137.3	121	174.9	12.5	17.9	35.9	0	7.9	10.6	90.9	72.4	96.7
1992	27.9	119.5	59.6	0	0	5.6	0	33.6	6.5	67.3	41.3	3.6
1993	57.7	66.3	102.7	17.1	4	1	11.9	9.2	19.2	97.5	153.3	182.7
1994	105.4	198.1	71.2	43.5	6.2	0.8	0	2.1	24.2	64.2	57.6	100.4
1995	105.7	143.5	144.8	51.5	31.5	20	1.5	5	45.5	90.5	46.8	136.4
1996	86	117.5	131.2	82.2	16	8	0.9	8.9	52.3	23.4	65.4	58.3
1997	99.5	71.3	33.8	36.6	9.9	0	0	19.1	28.1	56.7	64.9	115.4
1998	143.4	164.2	79.7	29.5	6.6	12.5	0	7.6	10.7	72.1	90.4	129.2
1999	133.7	160.1	115.1	42.8	11.7	10.9	4.4	13.2	64.4	24	75	63.1
2000	119.9	100.9	158.6	47.5	9.7	20.5	5.4	35	22.1	46.2	33.4	113.1
2001	125.4	100.9	125.9	72.1	10.5	11.5	26.5	13	28	68.9	104.6	151.7
2002	35.1	88	157.8	38.6	32.2	3.2	30.3	1.2	17.5	106.8	63	139.9

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	67.1	47.3	116.5	101.4	8.9	7.2	0	33.2	28.6	19.4	83.3	126.8
2004	40.2	84.3	60.7	53.5	45.7	16.7	5	9.8	45	66	85.8	141.8
2005	71.5	100.4	129.4	10	1.9	0	4.4	16.4	30.1	55.2	67.8	72.7
2006	112	68.7	104.6	54.2	0.9	9.7	5.8	9.8	22.1	62	97.9	96.9
2007	93.6	18.9	157.3	47.4	18.5	0.7	41	3.7	21.7	67.4	70.3	114.6
2008	100.2	133.2	58.8	35.4	21.2	14.5	1.9	3.9	89.4	84.8	42.3	100.2
2009	84.9	75.2	112.1	44.6	55.9	8.6	22.5	13.8	25.2	42.9	97.5	114.7
2010	134.9	133.6	99.1	78.3	24.9	5.4	10.6	5.4	9.9	43.9	43.1	134.2
2011	125.7	116.7	104.9	53.4	33.7	1	1.6	5.2	32.4	66.2	49.4	157.3
2012	85.1	123.2	63	111.6	12.1	30.2	3.3	11.2	8.3	77.1	83.8	223
2013	94	135.9	123.1	71.4	11.9	16.9	7.5	39.4	24.5	104.3	96.5	175.6
2014	110.1	155.5	134.2	44.5	37.3	3	0	11.5	81	19.5	51.4	72.4
2015	97.4	50.7	81.8	57	50.6	0.7	6.9	7.7	12.8	25.3	73.6	88.6
2016	49.6	148.5	63.9	61.9	16.4	1.5	2.2	2.2	9.4	75.2	53.9	122.6
2017	109.6	104.8	139.5	36.9	45.2	1.3	14	8.6	45.4	62.3	54.9	149.6
2018	118.8	124.5	162	81.3	20.4	20.5	15.8	12.8	22.5	124.8	87.2	83.6

**Anexo 13: Precipitaciones mensuales de la estación Cerro de Pasco completados  
(ANA Y SENAMHI)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	158.6	164.6	147.5	64	38.4	0.5	11.1	6.5	45.5	193.8	154.2	98.9
1966	115.7	89.4	39.7	69.9	50.4	26.5	5	4.1	57.6	60.3	39.4	34.2
1967	152.9	257.4	125.3	52.5	52.5	34.5	33.6	89.2	236.3	63	71.4	53.6
1968	152.7	140.7	132.4	105.8	40.4	51.3	1.8	32.8	27.9	144.9	172.1	108.9
1969	146.4	239.1	153	83	24.4	157.2	20.7	11.6	79	25.4	96.3	148.5
1970	120.4	170.5	217.2	79.9	19.5	2.5	16.6	51.7	122.7	119.4	85.9	143.8
1971	94.5	219.5	141.3	133.7	136	3.5	21.9	0.5	26.1	171.8	112.2	132
1972	164.7	82.6	93.5	97.8	41	7.7	3.7	0	20.6	101.7	93.6	177.4
1973	127.7	152	143.7	47	76.1	6.2	0	66.2	91.5	93.9	90.6	227.2
1974	106.8	159.1	168.1	42.6	25.1	32	29.5	42.5	42.5	56.5	82.7	94
1975	122	207	116	67.2	90.3	18.5	15.5	30	52.5	59	62.3	150.4
1976	67.5	40.7	69.3	59.1	340	211	63	191	180	123	86	213
1977	170.3	183.6	148.4	50.6	37.9	11.3	9.3	63.2	33.3	59.9	119.7	47.9
1978	203.5	132.3	138	57.7	59.9	32.6	49.1	129.2	125.3	71.4	92.6	119.9
1979	140.4	90.4	207.8	90.4	39.8	2.1	11.2	0.8	59.4	65.5	141.1	102.6
1980	116.1	146.9	157.9	83.2	34	5	37.6	21.1	35.7	169.5	140.9	156.8
1981	180.5	257.2	109.4	83.8	19.6	12.7	2.8	75.3	44.5	118.4	207.5	109
1982	168.2	168.1	131.1	49.6	20.7	12.1	16.1	22.9	87.1	97.8	204.7	168.2
1983	165.2	105.3	165.7	94	135.9	49.2	16	24.6	58.8	110.1	144.1	129.2
1984	146.5	252.3	158.1	59.3	24.4	32	18	33.1	39.5	76.7	127.9	52.3
1985	110.7	74.9	123.6	103.9	21.2	39.1	59.2	39.7	51	8.1	131.1	113.2
1986	146.4	113.3	112.2	47.7	38.7	13.5	8.4	66.8	97.6	124.6	131.3	147.2
1987	175.3	115.4	118.5	37.9	54	26.8	30.1	22.9	49.6	65.1	73.3	120.3
1988	156.8	105.5	83	97.2	21.4	4.9	0	8.5	31.6	142.4	111.7	163.5
1989	139.6	116	158.4	75.6	23.5	65.2	18.4	26	71.6	79.2	71.1	55.9
1990	184.9	108.2	88.3	47.6	37.4	51.2	5	4.7	68.9	71.7	125.9	123.4
1991	79.9	37.5	189.9	53.6	39.9	42.5	10.8	0.6	51.5	145.6	121.4	52.2
1992	90.4	64.5	94.5	70.1	7.6	27.6	2.9	44.7	55.8	85.8	173.7	122
1993	163.8	90.2	109.6	91.7	32.4	1.2	7.7	26.9	35.6	140.6	168.7	135.8
1994	163.8	135.7	103.9	76.1	49.9	33.1	37.3	23.1	39.2	87.2	74.4	87.3
1995	97.6	97.7	176.2	58	36	5.6	6.6	0.5	43.3	79.2	115.6	98
1996	132.2	185.6	110.3	55.9	44	16.1	27.1	31.6	33.9	85.7	87	118
1997	164.1	156.4	117.8	108.6	29.5	15.6	17.4	21.7	25	72.8	125.3	131.6
1998	91.5	214.2	112	72.2	15.7	11.4	0	1.5	25.4	130.5	103.7	69
1999	135.6	176.8	146.3	68.9	32.5	21.6	5.9	3.3	87.4	70.7	116.6	124
2000	189.1	153.1	132.5	42.8	43.6	5.7	11.4	29	25.1	118.2	48.2	144
2001	178.9	142.9	160	52.7	62	5.7	32.4	13.3	34.5	97.8	88.9	163.6
2002	37	172.5	150.1	72.8	44.3	10.9	41.7	11.6	52	136.2	100.5	131.8

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	124.2	125.6	174.7	114	39.2	26.2	5	20.2	50.7	24.8	98.4	141.9
2004	69.6	163.9	69.1	62	36.7	30.6	24	29.6	112.6	88.7	130.8	151.5
2005	93.6	138.4	164.5	53.3	12.2	6.8	7.8	20.3	32.2	79.7	85.9	85.3
2006	97.2	110.4	150.4	97	13.3	37.9	5.6	15.1	62.7	160.2	134.2	126.4
2007	92.8	79.2	183.9	80.5	63.9	0	17.1	5.4	30.4	88	101.1	97.4
2008	135.8	94.1	50.2	63.7	11.6	26.8	6.2	13.2	58.4	103.3	68.8	83
2009	119.4	116.4	189.3	54.2	34.7	30.3	23	58.8	21.4	68.8	135.4	213
2010	178	123.3	126.5	59.9	17.6	2	9.6	0	23.7	101.2	73.1	120.5
2011	165.8	164	149.3	65.7	25.6	0	15.6	12.9	60.3	75.5	76.5	191.7
2012	152.6	167.6	88.4	104.7	44.2	16.9	5.7	7.3	53.6	106.8	116.7	203.8
2013	190.4	134.7	177	85.3	46.7	26.6	21.4	35.6	52.5	168.3	77.8	119.2
2014	200	165.2	156	71.1	45.2	22	19.7	8.3	73.7	63.4	92.9	124.9
2015	139	65	130.5	98	43.1	15.7	19.5	8.9	56.6	76.3	124.4	120.9
2016	87.7	164.6	107	76.2	23.7	20	9.7	33.5	32.7	135.7	20.6	66.01
2017	157.5	180.2	134.2	88.8	66.9	0.5	7.7	7.1	57.1	58.3	122	115.9
2018	139.3	100.6	118.3	80.8	36.2	17.7	16.2	26	23.3	217.1	91.4	110.9



**Anexo 14: Caudales medios mensuales estación Hidrológica Puente Taruca**

<b>EST. HID. PUENTE TARUCA /DZ-10</b>					<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL (m3/s)</b>							
Cod. 221809		LATITUD: 09° 52' "S"			LONGITUD: 76° 10' "W"				ALTITUD: 1967 msnm			
DEP: HUANUCO					PROVC: HUANUCO				DIST: SANTA MARIA DEL VALLE			
<b>AÑO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</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>
1964 - 1965	S/D	S/D	S/D	S/D	118.684	202.393	276.516	154.933	98.252	80.657	76.881	75.235
1965- 1966	87.147	87.481	86.540	118.016	61.084	67.590	78.619	34.227	35.055	16.850	11.784	10.623
1966 - 1967	12.670	34.071	47.263	75.797	86.768	245.464	228.968	85.027	37.561	19.017	12.390	10.329
1967 - 1968	11.317	55.526	38.480	79.432	86.152	128.407	138.797	81.270	28.764	18.950	16.248	17.723
1968 - 1969	22.410	34.365	46.407	41.600	33.384	71.229	83.923	72.117	25.984	21.860	17.916	16.410
1969 - 1970	17.567	23.574	44.063	87.726	117.345	104.732	88.461	95.403	30.000	20.610	15.671	12.374
1970 - 1971	13.237	12.694	20.703	48.323	165.129	160.929	177.129	90.037	23.532	15.710	14.342	13.181
1971 - 1972	12.567	16.548	14.413	39.477	74.194	75.203	233.145	126.647	38.568	17.777	13.264	11.381
1972 - 1973	16.363	34.497	20.130	50.181	171.932	256.036	206.581	143.747	39.600	16.593	14.834	13.045
1973 - 1974	16.163	54.994	50.103	179.584	227.019	266.286	207.174	97.070	22.624	16.937	16.461	14.465
1974 - 1975	12.370	20.006	19.397	27.768	98.370	195.686	299.510	157.430	82.350	19.840	14.400	13.090
1975 - 1976	16.310	18.220	26.050	31.500	110.868	556.207	129.122	64.360	32.710	17.450	13.781	13.019
1976 - 1977	21.010	14.970	31.139	59.005	135.747	258.382	154.112	107.192	77.861	31.745	13.475	11.692
1977 - 1978	14.671	16.270	92.168	41.593	76.269	142.239	69.533	142.301	77.659	16.230	15.158	13.108
1978 - 1979	14.996	45.055	44.417	47.666	39.058	128.835	122.545	127.280	37.270	14.038	12.391	11.584
1979 - 1980	12.347	15.168	29.711	28.528	65.529	93.862	118.793	24.682	15.904	12.896	12.340	11.199
1980 - 1981	9.594	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2013 - 2014	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	192.109	203.280	128.489	122.576	92.831	75.837	67.019
2014 - 2015	90.051	108.508	118.035	131.680	180.283	192.932	194.589	177.759	135.464	123.111	96.155	84.774
2015 - 2016	81.192	76.037	104.784	130.126	120.445	138.280	144.114	126.134	88.505	73.183	66.997	63.230
2016 - 2017	14.834	24.967	20.686	51.989	155.364	142.176	194.969	142.902	82.662	40.616	23.800	15.854
2017 - 2018	20.101	23.927	49.497	94.137	159.413	135.460	186.242	152.139	63.757	38.990	24.368	21.013
S/D= SIN DATOS												

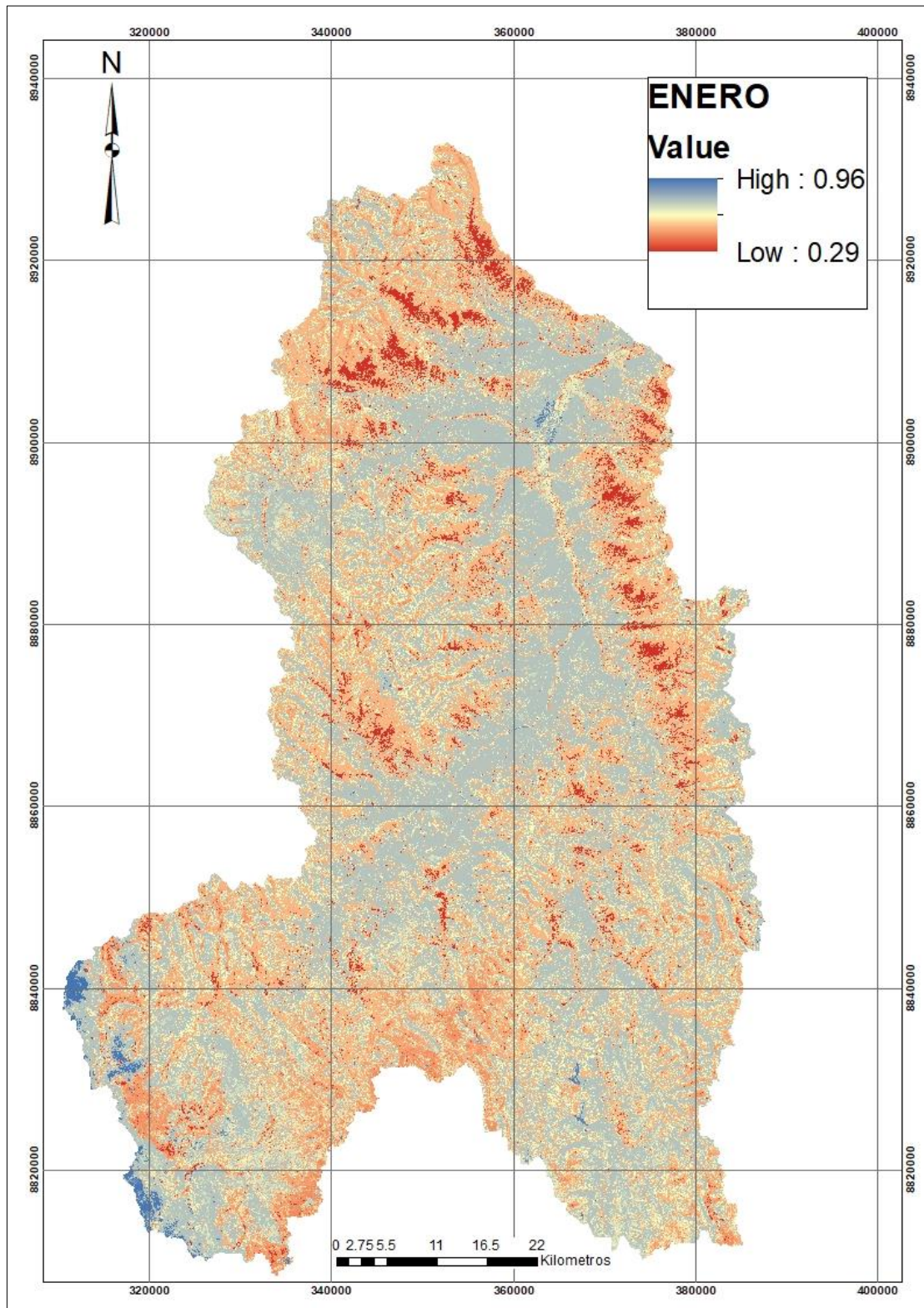
## Anexo 15: Caudales de escorrentía directos simulados periodo de 1965-2018

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	118.3	169.8	155.3	62.4	21.6	6.5	8.9	8.1	41.9	83.7	89.2	58.9
1966	114.5	92.5	57.7	33.5	49.0	9.9	3.0	7.6	43.7	49.0	40.2	61.2
1967	135.8	230.3	153.9	36.9	42.8	18.8	43.9	37.3	95.1	46.8	48.3	52.1
1968	136.9	150.6	136.3	78.8	29.0	24.9	9.4	33.9	43.3	57.2	69.2	65.2
1969	124.9	177.5	123.8	78.1	25.2	80.3	9.3	11.8	52.7	20.4	73.4	96.3
1970	101.0	127.9	168.7	90.9	22.4	19.3	31.7	22.5	67.8	45.1	54.7	89.8
1971	164.1	174.7	154.6	133.2	22.4	12.8	30.0	7.3	16.5	68.5	59.8	84.4
1972	123.2	94.6	154.2	95.2	26.7	4.7	2.9	4.9	24.0	38.4	75.1	109.1
1973	128.7	188.4	130.6	46.6	35.2	12.6	12.2	60.2	50.6	76.4	84.4	178.0
1974	151.2	150.3	195.0	67.1	10.4	39.2	28.2	27.9	25.0	32.7	44.6	54.3
1975	137.0	176.2	180.2	48.3	71.7	18.6	5.5	15.5	53.5	47.3	74.2	66.0
1976	85.6	112.8	128.3	31.8	59.2	39.1	18.9	51.3	53.1	58.0	59.4	78.7
1977	143.6	195.9	97.6	48.9	27.1	4.9	8.9	19.3	46.2	34.0	95.5	59.2
1978	135.0	93.0	124.8	83.7	40.5	12.3	15.1	29.9	70.3	40.9	74.2	78.4
1979	71.9	137.5	204.8	87.4	13.6	2.1	23.5	4.3	48.2	40.1	82.4	51.1
1980	85.6	142.7	196.1	79.4	7.6	7.1	11.9	11.7	15.7	69.2	64.4	85.1
1981	83.0	179.4	137.1	36.9	11.5	5.9	4.8	43.6	26.5	56.2	102.9	99.0
1982	140.1	182.8	186.0	59.4	24.6	12.0	10.5	18.8	31.2	57.4	95.9	74.6
1983	145.9	119.8	168.1	69.7	30.8	17.1	3.9	7.7	30.0	31.2	72.3	103.9
1984	123.3	206.5	123.0	48.4	28.5	32.2	24.1	35.8	62.0	35.0	74.0	56.8
1985	133.3	121.5	138.9	57.8	10.0	9.5	12.4	29.4	58.0	36.1	113.0	94.9
1986	135.9	151.5	228.5	83.7	42.5	16.2	18.1	34.8	60.1	44.8	59.4	103.0
1987	174.8	157.3	127.8	65.3	34.7	22.6	30.7	14.1	40.3	39.8	72.4	71.0
1988	218.2	154.2	114.2	91.1	28.0	3.5	8.9	4.3	27.0	33.9	41.7	48.1
1989	109.6	96.7	124.4	51.4	27.0	39.9	9.1	25.3	51.9	71.9	46.2	55.7
1990	109.7	87.3	102.1	73.9	33.0	64.2	7.7	10.8	47.6	60.2	91.5	80.9
1991	92.1	141.8	199.0	55.8	29.5	28.7	6.3	3.9	40.6	62.1	66.7	60.8
1992	61.0	112.3	96.1	35.1	11.8	37.5	7.0	60.4	32.4	77.7	65.6	53.5
1993	69.6	88.9	144.3	86.3	47.8	27.5	11.8	23.1	24.6	50.1	113.6	103.4
1994	145.5	183.5	107.3	67.7	33.3	9.3	8.4	12.9	37.3	62.1	62.6	78.0
1995	136.0	132.1	160.6	68.4	30.7	13.0	4.4	4.6	45.2	49.8	72.7	95.9
1996	129.0	129.6	142.8	91.8	32.5	9.4	9.0	25.8	52.7	43.3	72.2	66.0
1997	114.2	145.1	75.3	52.3	27.1	11.3	5.9	26.6	34.5	38.6	66.1	105.1
1998	175.3	186.7	137.2	51.5	13.2	15.9	1.7	7.3	20.8	51.6	80.2	66.2
1999	146.5	195.1	190.9	82.1	34.2	22.7	13.3	11.6	68.3	39.8	65.1	77.2
2000	152.4	149.7	220.5	58.8	25.1	23.3	19.9	31.2	31.8	40.0	51.8	100.1
2001	176.6	123.6	183.0	76.5	33.9	15.1	28.9	21.7	33.8	55.5	86.0	101.0
2002	52.6	127.3	162.2	74.9	39.8	9.7	66.0	14.8	46.6	74.9	76.0	92.1

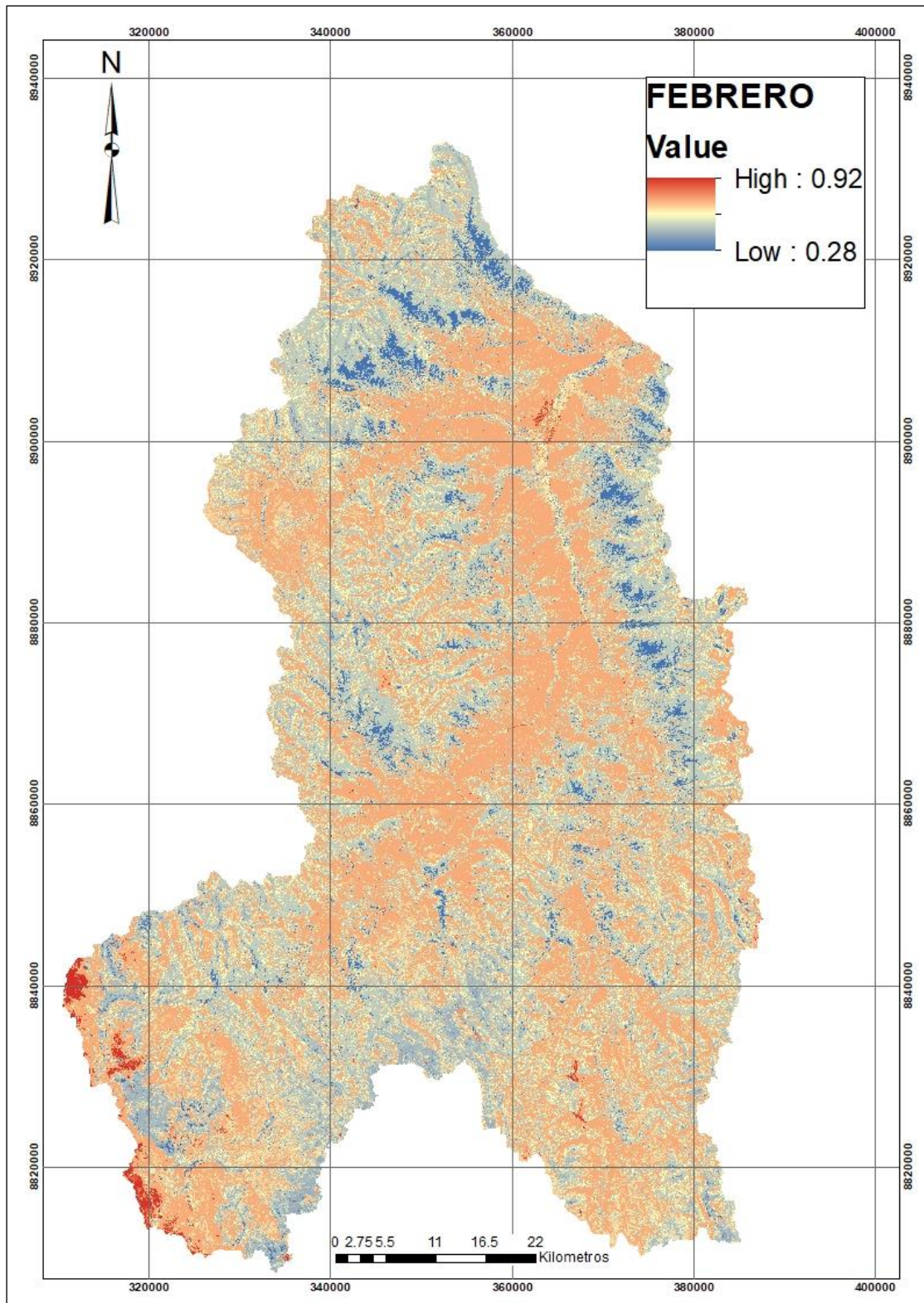
<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	112.6	104.8	167.6	90.2	45.9	14.0	3.3	29.6	39.2	29.2	87.9	122.2
2004	55.5	125.6	115.3	41.6	51.0	29.8	20.6	33.5	68.5	69.0	73.5	113.7
2005	83.5	132.3	165.4	41.4	13.9	2.9	13.2	17.7	29.8	62.5	61.3	90.0
2006	150.4	132.0	167.6	85.4	11.6	25.7	5.7	14.6	41.9	66.0	96.0	104.9
2007	114.6	56.9	205.3	78.3	45.4	2.7	32.1	10.7	21.8	66.7	68.5	80.4
2008	131.1	162.6	116.9	65.4	22.7	18.2	5.6	9.9	69.0	53.7	55.3	76.2
2009	142.2	165.4	188.9	103.0	46.9	24.3	30.8	28.3	29.4	41.9	90.8	111.8
2010	121.2	160.6	163.2	63.7	19.2	8.0	14.8	7.7	26.2	46.6	78.7	104.4
2011	183.5	144.1	196.9	87.3	35.9	5.7	16.0	8.7	39.6	55.6	65.6	136.6
2012	130.7	180.3	104.7	163.7	27.2	24.9	20.9	8.8	36.0	65.7	104.4	167.1
2013	144.9	168.4	191.6	152.9	29.7	24.5	29.0	37.5	27.1	71.5	80.6	103.1
2014	166.2	186.3	165.6	169.2	56.5	16.8	15.7	16.7	78.0	41.3	63.3	113.8
2015	179.2	111.4	154.5	101.2	66.8	9.0	17.9	12.1	25.4	33.2	85.1	107.8
2016	76.0	174.0	98.6	158.0	14.6	11.0	8.6	21.4	24.0	52.0	54.9	90.3
2017	181.5	159.6	209.6	145.0	58.4	17.3	18.0	17.7	70.0	47.6	82.2	126.3
2018	166.6	169.6	174.0	154.0	26.1	30.5	29.8	33.6	21.8	117.8	80.7	71.5

**Anexo 16: Coeficiente de esorrentía para el mes de enero.**

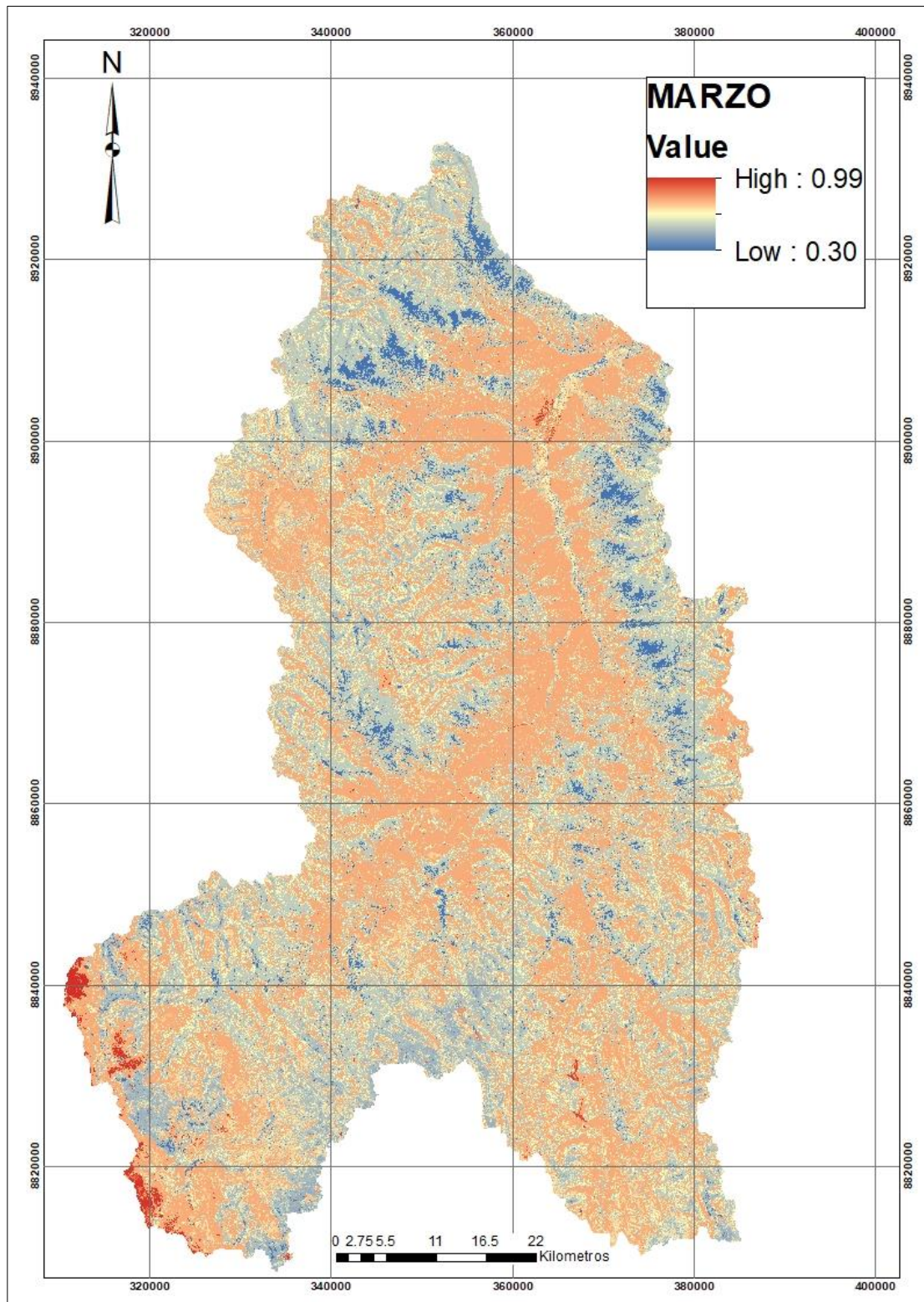


**Anexo 17: Coeficiente de escorrentía para el mes de febrero.**

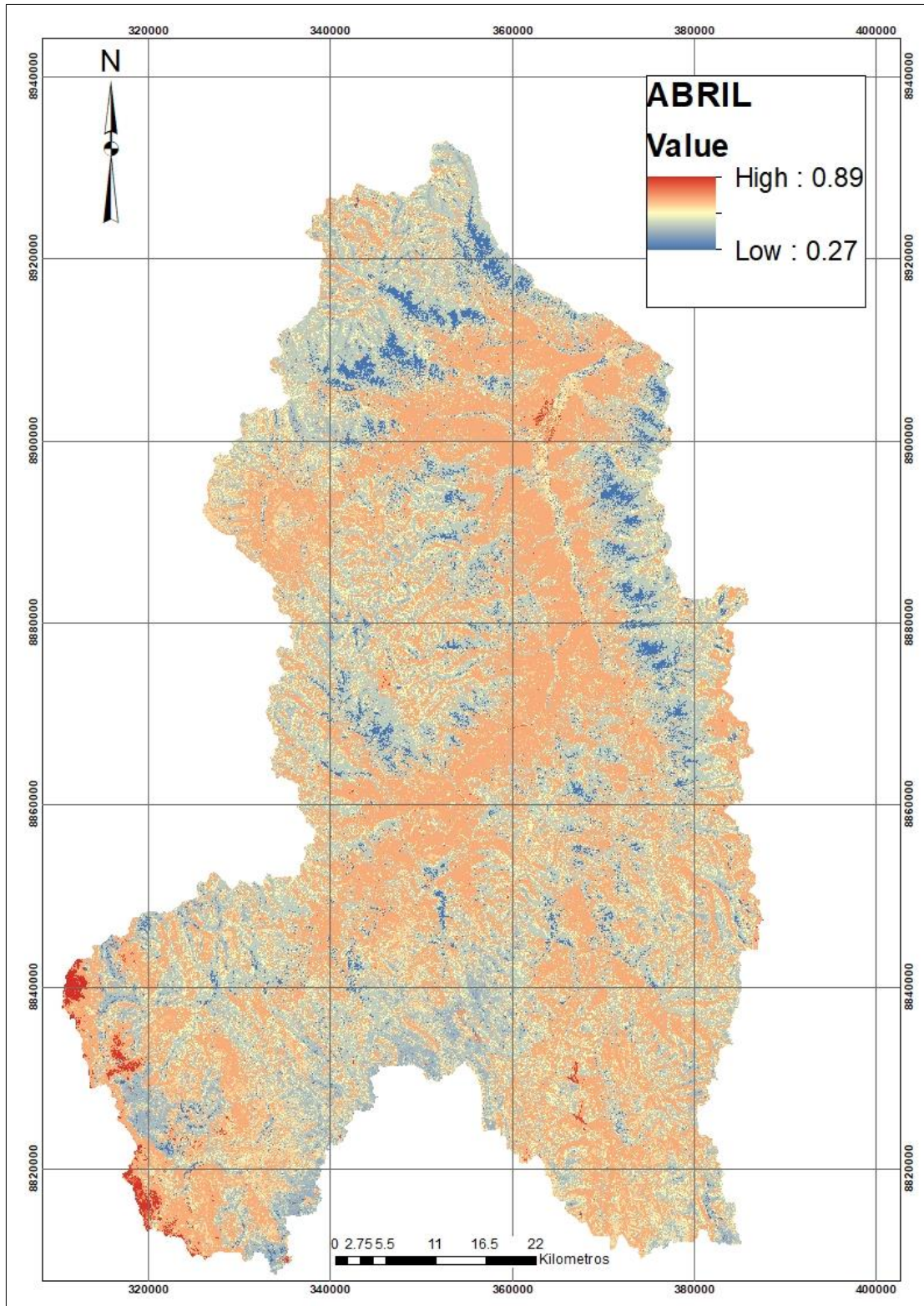




**Anexo 18: Coeficiente de escorrentía para el mes de marzo.**

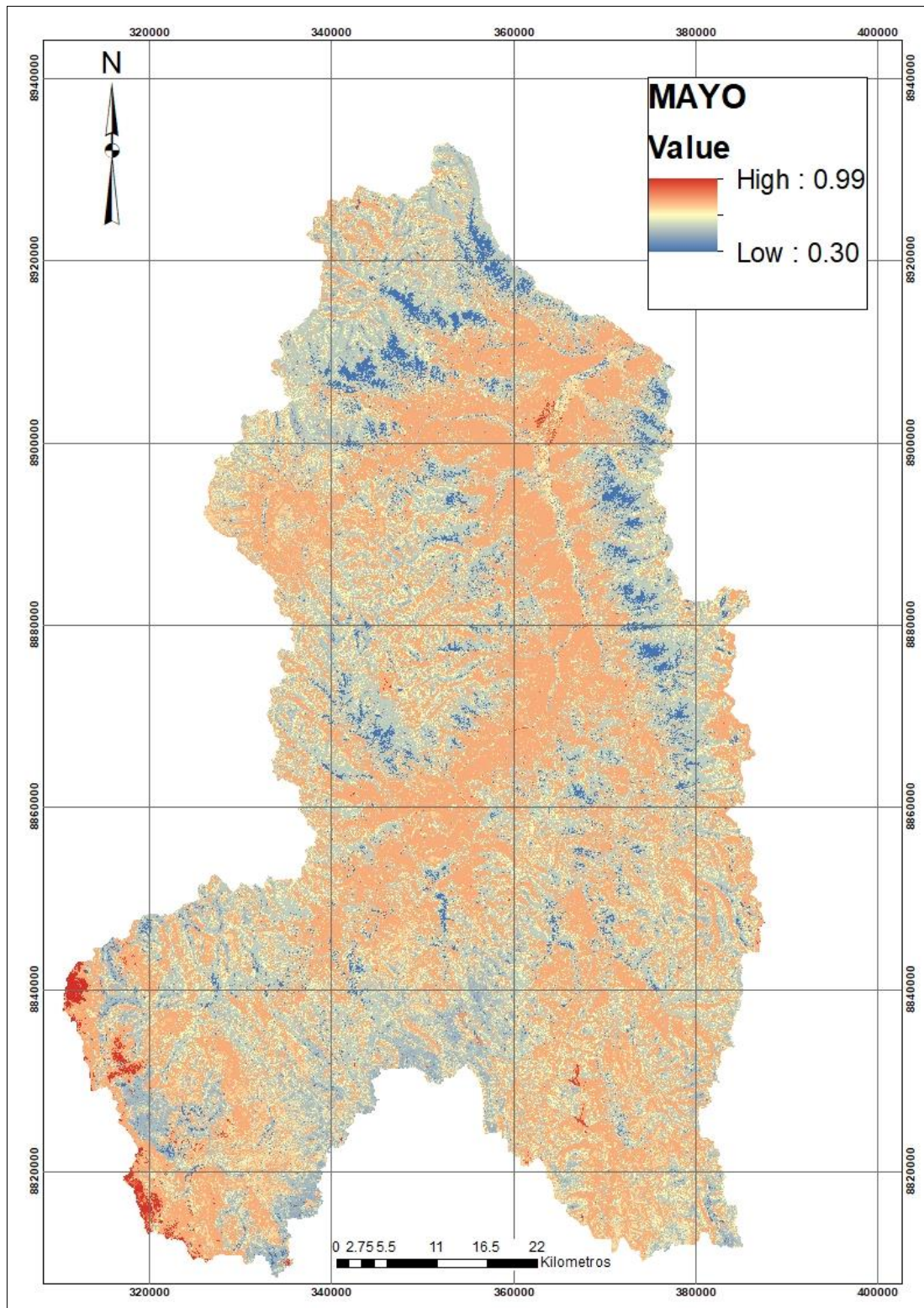


**Anexo 19: Coeficiente de escorrentía para el mes de abril.**



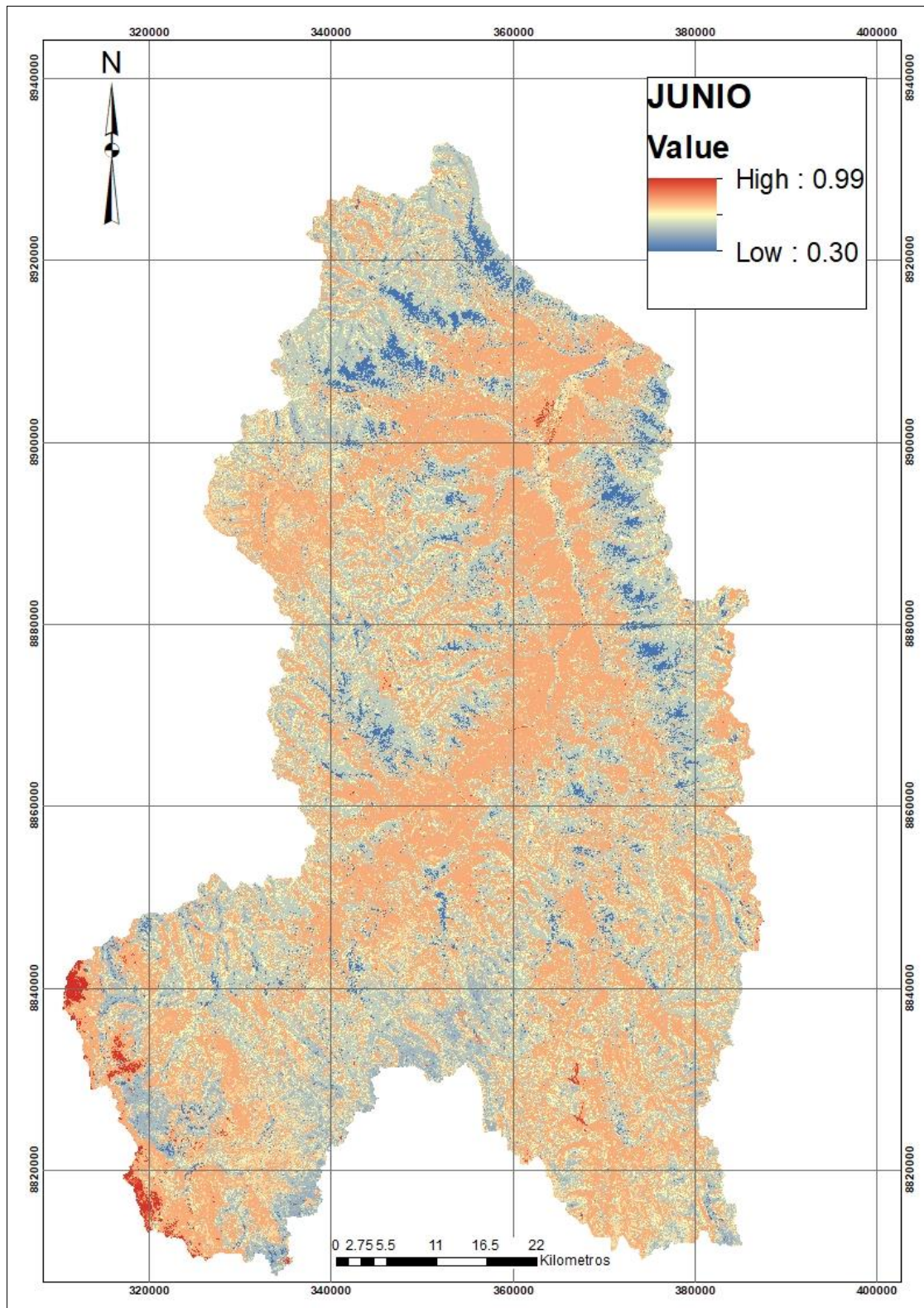


**Anexo 20: Coeficiente de escorrentía para el mes de mayo.**

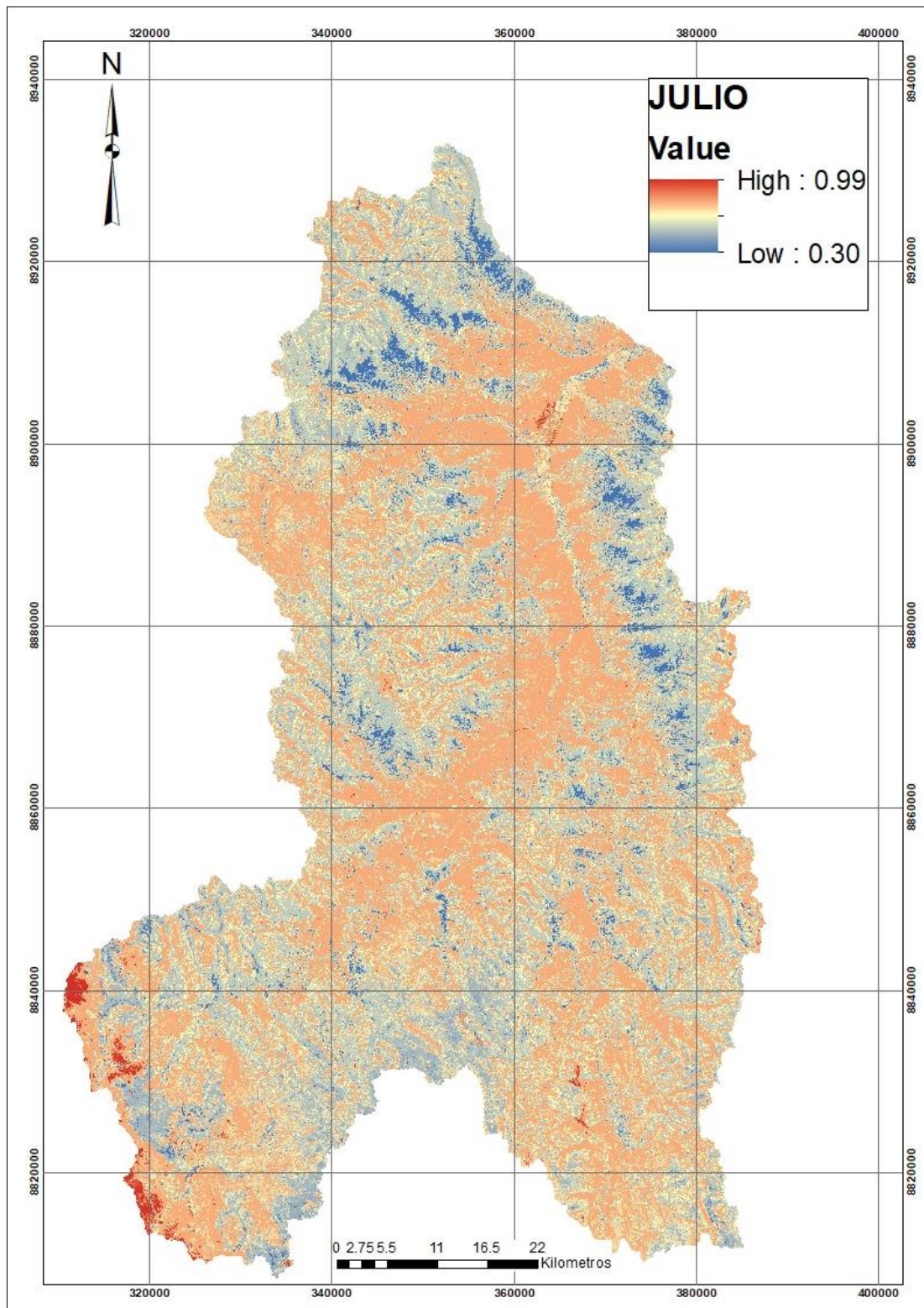




**Anexo 21: Coeficiente de escorrentía para el mes de junio.**

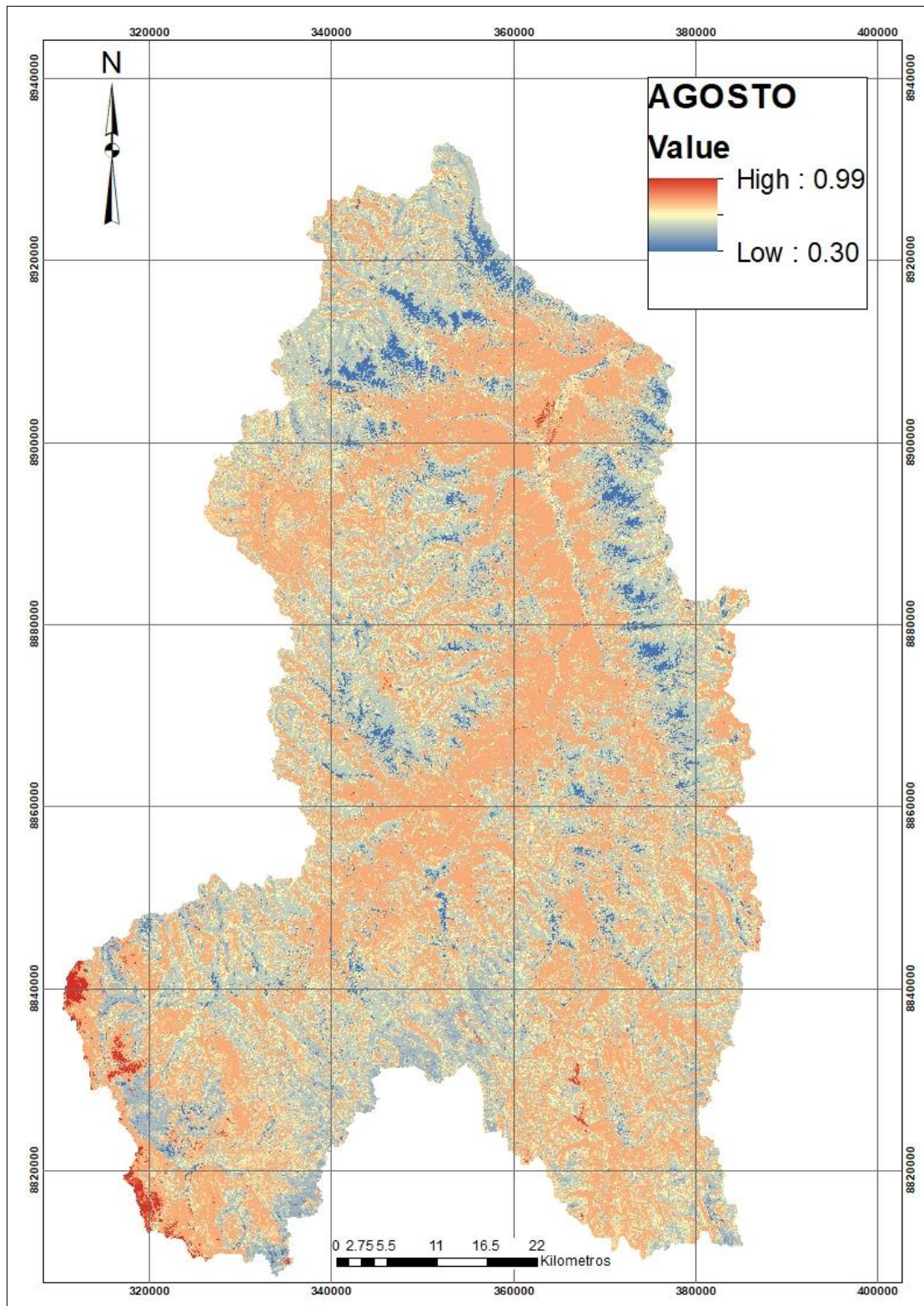


## Anexo 22: Coeficiente de escorrentía para el mes de julio.

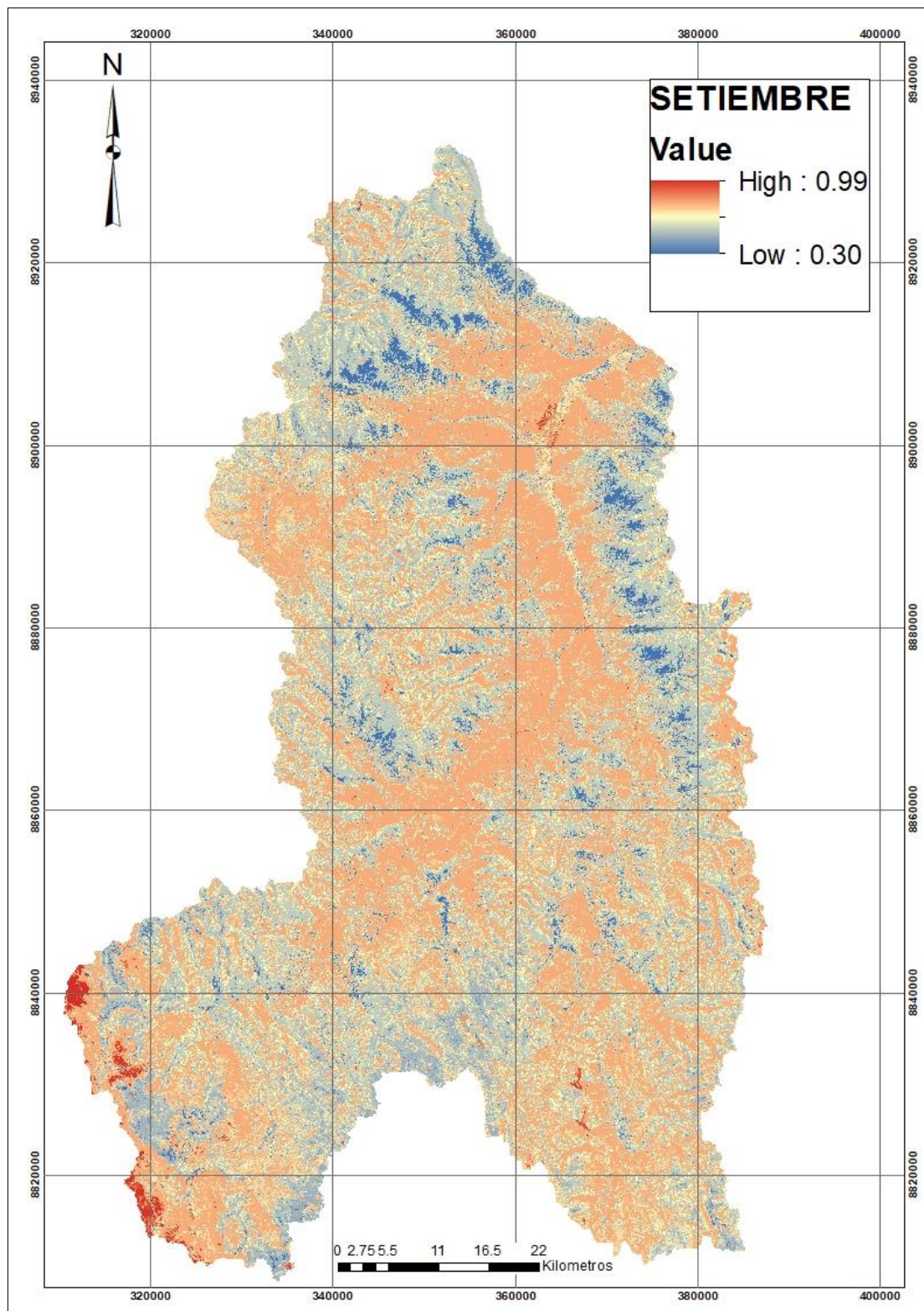




**Anexo 23: Coeficiente de escorrentía para el mes de agosto.**

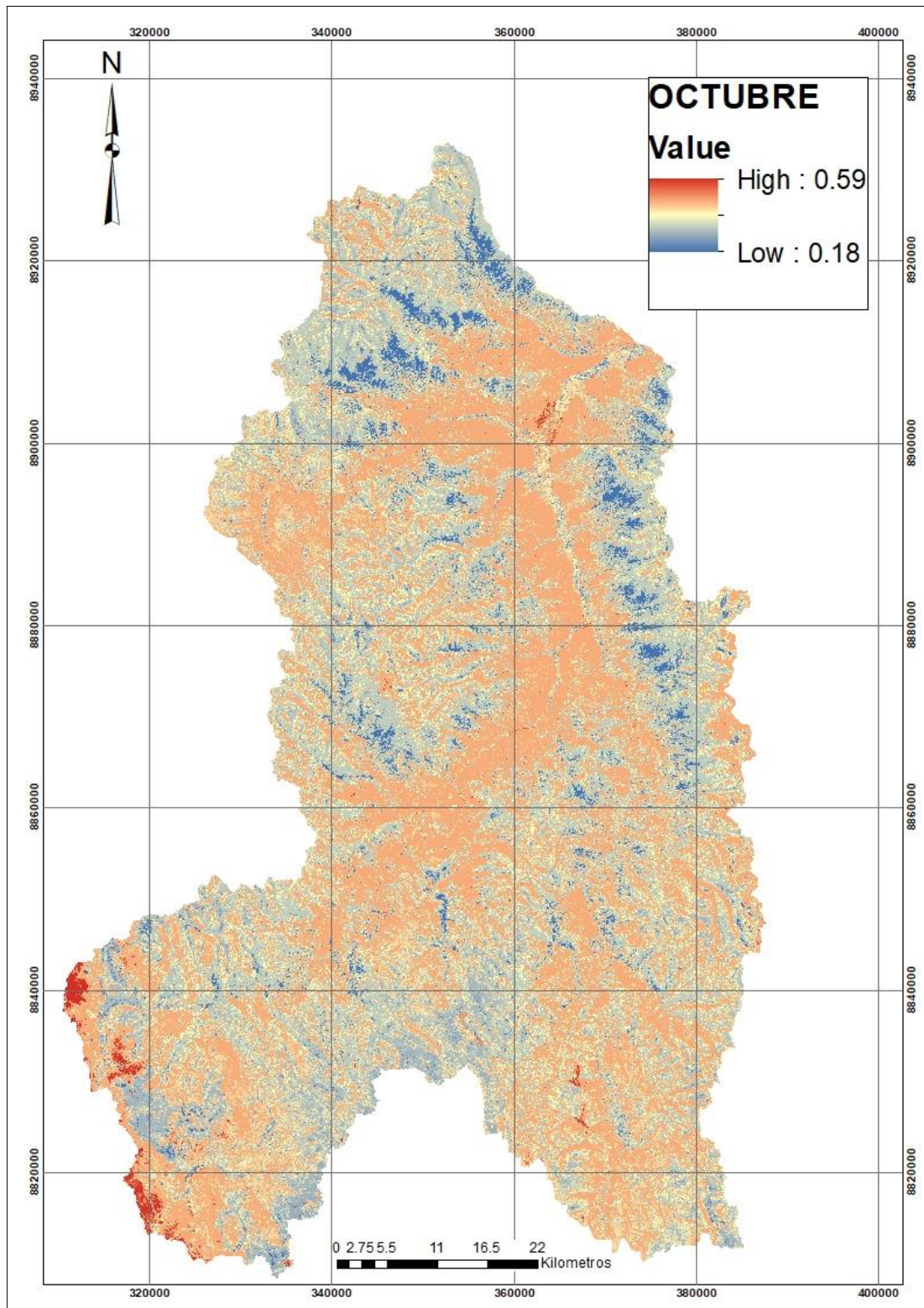


**Anexo 24: Coeficiente de escorrentía para el mes de setiembre.**

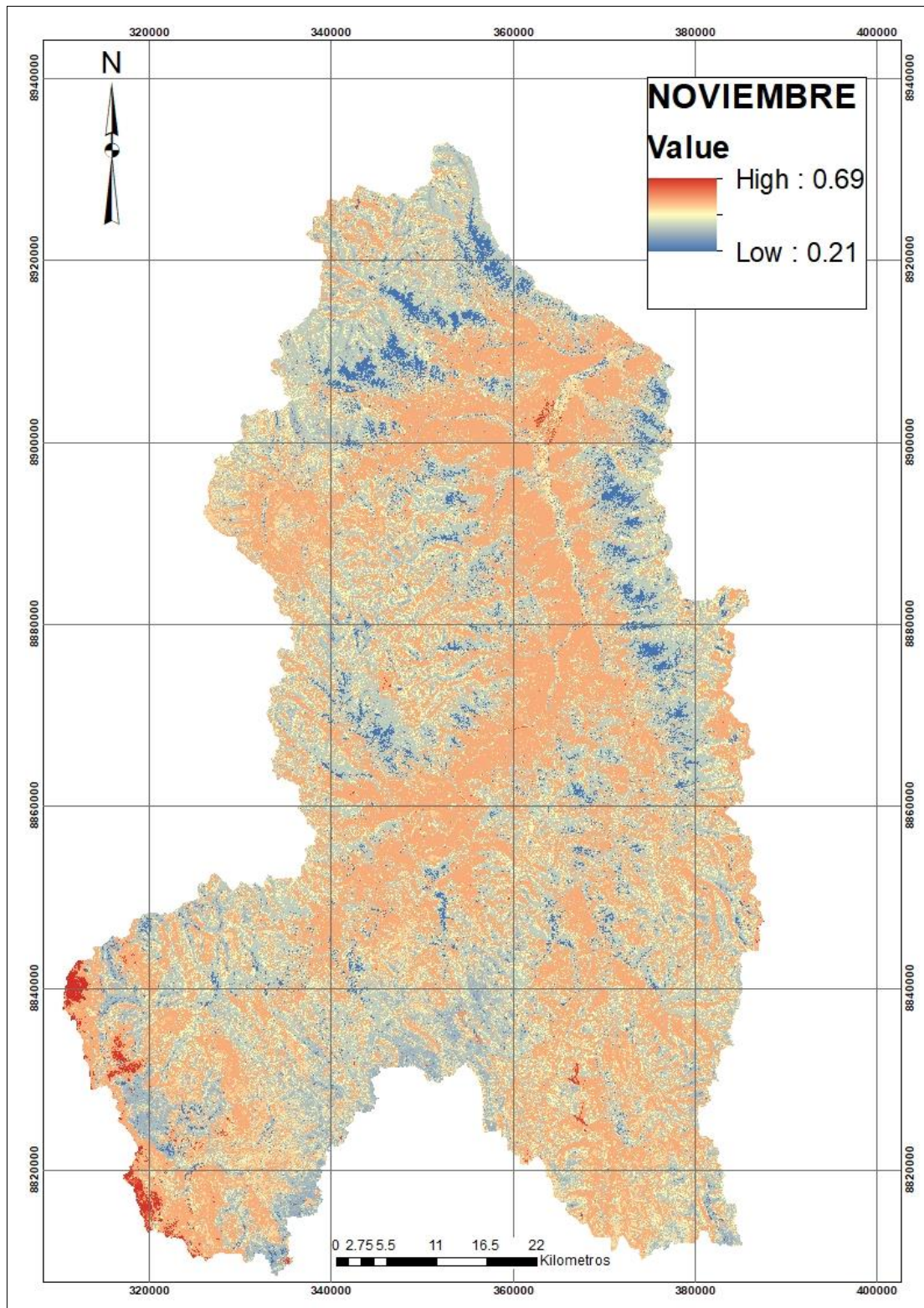




**Anexo 25: Coeficiente de escorrentía para el mes de octubre.**

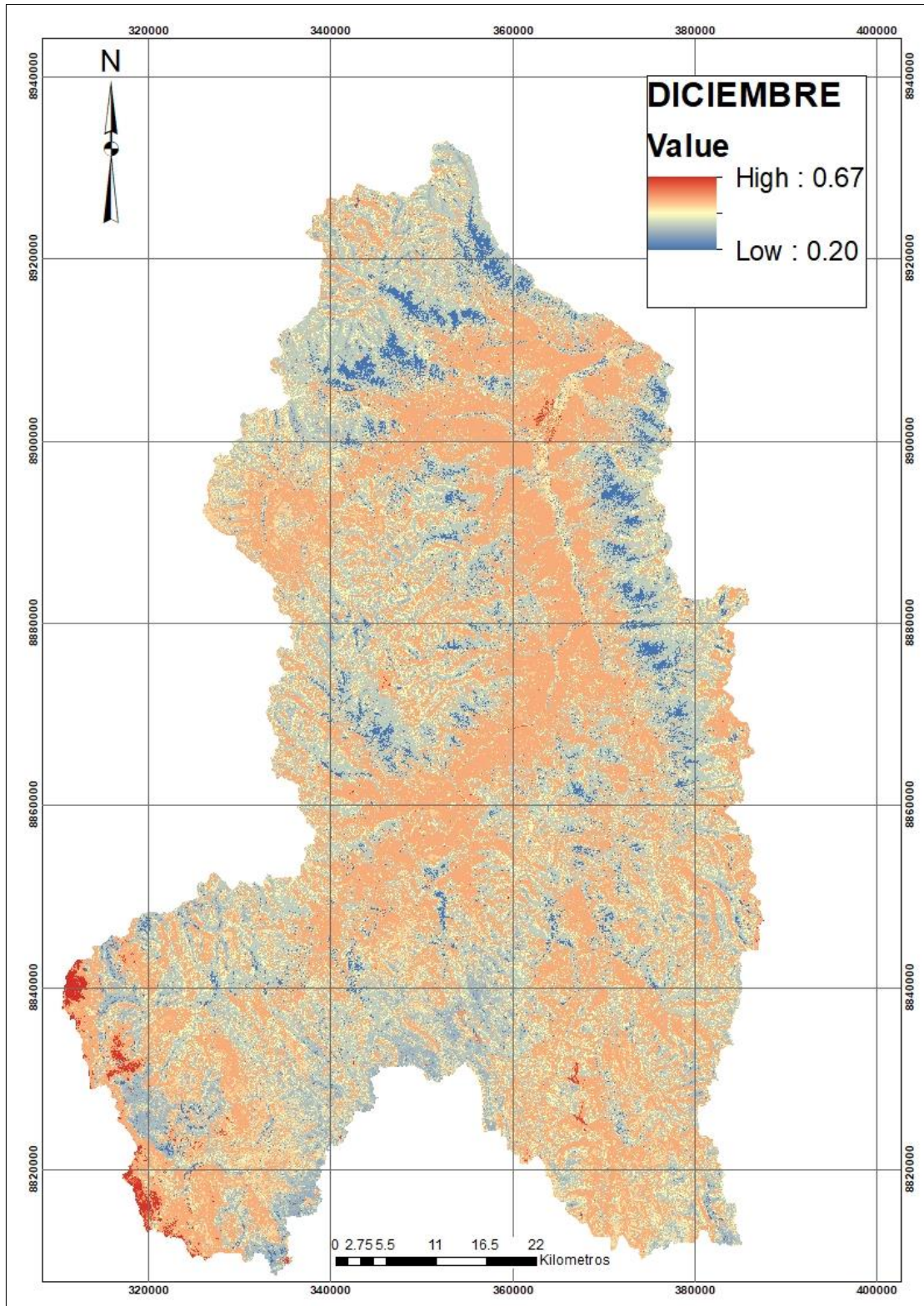


**Anexo 26: Coeficiente de escorrentía para el mes de noviembre.**





**Anexo 27: Coeficiente de escorrentía para el mes de diciembre.**



### Anexo 28: Parámetros para regresión lineal

MES	CAUDAL OBSERVADO	CAUDAL SIMULADO ACTUAL	CAUDAL SIMULADO ANTERIOR
ENE	153.9	153.9	101.9
FEB	160.2	160.2	153.9
MAR	184.6	160.5	160.2
ABR	145.5	145.5	160.5
MAY	98.6	44.5	145.5
JUN	73.7	16.9	44.5
JUL	57.4	18	16.9
AGO	50.4	20.3	18
SET	51.5	43.8	20.3
OCT	58.4	58.4	43.8
NOV	73.3	73.2	58.4
DIC	102	101.9	73.2

### Anexo 29: Resumen de regresión lineal para las variables $X_1$ , $X_2$ y $X_3$

Estadísticas de la regresión								
Coefficiente de	0.9648							
Coefficiente de	0.9309							
R <sup>2</sup> ajustado	0.9155							
Error típico	13.9997							
Observaciones	12.0000							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	2	23753.736	11876.868	60.599	6.00E-06			
Residuos	9	1763.933	195.993					
Total	11	25517.669						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	31.002	7.527	4.119	0.003	13.975	48.030	13.975	48.030
Variable X 1	0.492	0.118	4.173	0.002	0.225	0.759	0.225	0.759
Variable X 2	0.348	0.118	2.948	0.016	0.081	0.615	0.081	0.615



### Anexo 30: Caudales generados de la subcuenca río Huertas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	46.62	66.4	63.7	24.44	8.14	1.9	3.3	2.78	16.28	36.73	35.12	25.29
1966	41.85	34.89	17.17	13.25	16.31	3.56	0.68	2.14	17.49	19.52	12.46	17.61
1967	51.57	96.06	64.62	15.69	13.39	7.27	15.24	16.17	39.66	19.66	18.11	16.57
1968	52.17	56.33	54.64	35.34	13.08	10.62	2.83	12.7	13.65	23.71	30.33	26.47
1969	47.48	74.72	55.35	34.77	9.62	37.39	2.96	4.14	20.94	8.22	28.5	39.79
1970	40.16	51.19	76.8	40.52	9.02	5.03	11.11	10	28.28	20.25	21.76	35.08
1971	56.56	74.25	65.54	58.53	9.02	4.2	10.88	2.38	6.31	29.31	24.71	34.07
1972	50.88	35.59	60.05	40.43	11.35	1.23	0.66	1.37	8.63	15.13	28.29	41.98
1973	49.78	71.43	56.18	17.45	14.09	3.41	3.25	23.13	22.13	28.22	31.32	68.29
1974	53.96	60.71	77.43	21.17	3.54	12.09	12.36	8.57	6.72	12.42	19.06	21.54
1975	51.75	68.19	77.36	24.21	27.92	6.96	1.25	4.59	18.07	18.02	31.96	26.53
1976	28.9	48.96	54.97	11.33	15.15	10.45	8.26	24.26	19.89	22.37	25.5	33.62
1977	54.33	80.53	34.87	15.02	10.33	1.27	3.36	5.53	14.16	12.02	34	19.31
1978	51.12	37.18	46.9	37.58	14.68	4.88	6.3	11.47	38.77	17.81	33.42	30.77
1979	30	52.4	79.83	37.03	5.44	0.93	8.78	2.51	17.61	15.62	29.79	16.18
1980	30.29	45.71	79.56	22.58	1.96	1.49	3.33	3.31	5.14	33.28	25.17	31.43
1981	32.95	80.98	60.48	9.61	2.91	1.33	1.11	25.25	13.8	26.74	41.43	40.98
1982	54.78	67.65	64.05	22.89	11.33	4.32	3.59	8.5	10.84	21.2	35.71	31.73
1983	59.74	44.49	69.3	28.92	10.24	4.51	0.88	1.93	11.35	12.58	30.65	40.97
1984	45.56	80.04	41.32	17.21	8.62	10.97	9.27	19.87	22.4	14.67	24.16	21.77
1985	59.82	48.36	57.17	17.78	5.09	2.44	2.9	12.21	18.83	15.62	43.22	42.84
1986	58.96	57.46	91.96	45.5	13.81	4.56	6.64	12.63	27.99	17.59	27.45	39.04
1987	70.07	61.49	44.45	24.59	12.62	7.61	9.26	5.94	20.17	15.58	31.69	28.32
1988	86.8	58.68	41.15	42.09	9.12	0.91	2.16	1.46	14.11	12.76	12.4	14.72
1989	35.94	33.82	43.34	14.26	7.95	11.86	2.52	14.54	18.79	30.77	14.91	17.8
1990	31.88	33.73	44.79	27.44	13.3	31.06	2.84	3.75	19.94	24.62	36.79	33.09
1991	32.57	60.16	82.63	22.25	14.96	9.4	1.55	1.1	17.58	24.15	27.74	19.62
1992	21.97	32.63	37.37	11.01	2.33	13.74	3.47	23.92	9.16	29.02	26.02	15.66
1993	24.71	30.96	54.02	40.11	20.25	13	3.23	13.5	8.05	19.9	42.25	40.64
1994	49.56	77.1	47.19	23.83	14.82	2.76	2.08	8.27	15.75	23.86	29.87	31.18
1995	55.11	49.22	60.33	27.42	9.7	5.3	1.09	1.65	19.2	20.17	30.45	35.94
1996	55.64	46.82	64.46	29.5	9.26	2.36	2.2	13.46	25.55	19.54	29.1	32.4
1997	40.27	63.03	26.33	20.36	9.7	2.52	1.6	7.45	11.79	12.7	24.55	41.72
1998	67.05	73.06	55.95	21.63	4.35	5.8	0.34	2.01	7.33	20.07	27.55	22.16
1999	54.92	85.4	69.67	32.74	13.06	7.59	4.59	4.58	24.19	14.85	24.97	30.4
2000	61.5	54.93	81.49	22.82	9.76	6.75	6.23	7.62	10.92	14.95	19.57	36.88
2001	67.58	43.99	76.44	30.74	11.93	6.83	11.04	8.37	11.99	20.36	35.21	40.64
2002	22.39	45.06	59.73	28.11	13.66	2.87	27.02	6.04	21.54	28.71	29.96	37.06

## &lt;&lt;Continuación&gt;&gt;

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	46.98	45.11	66.23	37.62	20.83	4.89	0.73	9.73	13.47	12.02	35.04	46.75
2004	19.52	47.67	43.39	15.39	17.52	12.54	7.55	10.36	25.33	28.59	31.31	45.16
2005	31.68	52.06	63.35	16.22	7.93	0.57	6.09	6.06	12.27	23.57	25.71	33.1
2006	56.04	54.05	68.78	36.24	4.26	9.8	1.51	5.79	17.77	24.44	36.69	41.41
2007	46.12	26.55	85.83	31.68	18.24	0.77	15.7	4.21	6.97	27.27	27.49	29.51
2008	52.51	64.14	45.2	21.99	8.52	6.61	1.23	3.87	23.01	21.69	21.45	26.13
2009	59.48	69.22	83.45	43.79	21.18	7.38	11.61	11	9.74	14.91	38.21	41.06
2010	49.81	56.65	63.41	24.33	5.58	2.85	3.93	1.91	8.19	17.89	32.17	44.93
2011	84.28	52.44	82.29	36.71	9.45	1.23	5.87	2.71	12.05	20.5	27.24	57.54
2012	46.76	76.7	44.02	69.65	8	10.6	8.15	2.23	17.67	22.31	40.61	64.67
2013	59.67	63.25	75.46	57.44	11.4	7.94	8.14	11.58	9.56	27.4	30.24	38.31
2014	71.87	74.61	67.31	67.75	22	6.28	6.4	5.39	25.58	14.76	27.06	49.29
2015	75.56	39.79	65.6	36.13	22.59	2.17	6.36	4.74	10.66	14.15	33.92	45.14
2016	32.26	71.25	41.7	64.71	4.58	3.4	4.27	8.5	12.03	19.2	16.17	39.25
2017	80.23	64.65	99.86	58.72	25.76	7.33	5.69	7.47	34.7	20.04	32.41	45.24
2018	68.42	78.72	72.11	71.49	11.87	11.65	10.19	16.16	9.23	47.48	30.9	27.25

### Anexo 31: Caudales mensuales generados de la subcuenca Huallaga

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	26.87	37.92	31.6	12.89	5.08	2.13	1.7	1.54	10.65	21.07	19.7	11.6
1966	24.77	18.88	8.85	9.98	11.82	3.39	0.68	1.25	11.3	10.08	10.06	10.6
1967	27.23	45.34	30.78	8.02	9.25	4.54	9.51	10.79	30.81	8.34	10.19	11.74
1968	26.81	30.95	28.58	14.6	6.4	7.13	2.09	7.11	7.15	12.2	18.55	13.18
1969	25.62	38.99	25.74	15.33	6.12	21.94	2.52	2.02	13.45	3.42	13.66	20.3
1970	23.44	26.5	34.16	16.07	4.88	2.75	4.83	6.38	17.7	10.22	10.68	18.59
1971	33.65	40.61	29.66	22.3	4.88	1.96	5.9	0.69	3.98	16.61	13.11	18.14
1972	29.72	19.27	32	17.51	5.67	1.14	0.55	0.26	3.69	9.01	18.27	26.6
1973	28.9	38.67	25.92	7.94	9.65	3.34	1.86	11.22	13.83	14.32	16.22	38.01
1974	35.06	34.5	43.19	11.8	3.04	9.75	6.72	7.54	6.12	5.38	9.65	10.63
1975	24.27	34.52	29.5	11.82	16.76	3.68	1.78	4.33	11.86	7.58	13.58	14.39
1976	18.02	16.14	30.16	9.71	34.99	22.88	7.17	21.05	22.14	19.25	13.08	21.84
1977	31.98	48.57	26.74	11.92	6.53	1.43	1.53	7.39	12.17	7.43	18.27	13.75
1978	35.23	25.78	26.83	15.58	10.92	4.43	5.49	13.77	20.32	10.06	15.74	17.92
1979	22.46	27.64	44.19	19.28	4.89	0.37	5.58	0.44	12.53	7.35	20.25	12.94
1980	18.7	28.14	37.51	16.76	3.55	0.95	4.18	2.72	4.52	14.04	15.6	22.9
1981	23.18	38.31	26.21	10.68	2.67	1.6	0.65	10.76	6.17	12.71	26.07	19.13
1982	34.26	44.74	48.24	12.97	4.82	3	3.12	4.56	10.94	11.75	25.26	18.79
1983	33.08	24.3	36.91	18.94	14.65	6.73	1.71	3.26	9.51	8.12	17.72	22.31
1984	32.23	46.84	31.32	11.51	6.85	7.42	4.57	6.83	14.99	9.38	19.47	9.78
1985	26.88	21.19	31.89	16.27	2.75	4.41	6.16	6.98	12.79	4.31	21.71	20.05
1986	29.62	33.48	44.66	10.21	10.33	3.4	2.43	8.57	14.57	11.63	14.5	23.63
1987	36.74	36.56	29.77	11.97	11.13	5.5	6.14	3.23	10.2	8.85	12.73	15.97
1988	47.56	36.37	22.56	16.88	4.3	0.76	1.32	1.39	5.05	10.1	12.81	13.33
1989	28.17	21.33	30.68	11.41	5.41	11.39	2.89	4.3	13.09	12.47	9.59	11.3
1990	34.48	23.2	22.74	16.7	5.64	9.65	1.51	1.33	9.84	10.35	17.14	15.99
1991	23.24	22.87	44.68	9.42	7.28	8.85	1.48	0.92	8.76	16.38	16.78	12.28
1992	14.21	22.83	19.91	8.53	1.34	5.53	0.88	10.72	7.78	13.14	18.14	11.04
1993	23.31	19.73	27.98	15.58	6.71	2.54	2.49	4.89	6.6	15.58	27.23	25.03
1994	31.85	41.02	22.88	14.67	7.58	3.81	3.94	3.28	8.4	11.88	12.8	15.97
1995	26.35	29.51	38.58	13.77	7.8	3.04	1.04	0.8	11.04	11.92	15.39	19.62
1996	27.21	35.3	30.78	17.04	7.24	2.79	3.17	5.46	11.29	8.78	14.23	15.06
1997	29.48	30.56	18.67	15.27	5.44	2.25	1.98	5.26	6.98	9.11	16.43	21.57
1998	30.88	45.66	26.11	11.98	2.76	3.19	0.13	1.24	4.75	13.87	17.31	15.39
1999	31.8	43.2	35.72	14.91	6.44	4.53	1.97	2.18	17.96	8	16.12	16.23
2000	36.25	32.68	39.6	11.32	6.54	3.81	2.93	7.22	6.41	11.26	8.67	21.62
2001	37.46	29.39	37.55	15.01	8.65	2.58	6.93	3.82	7.91	12.32	17.72	24.69
2002	9.63	31.3	36.76	14.13	9.12	2.03	11.33	2.3	9.7	17.17	15.22	21.78

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	23.87	22.8	36.4	23.02	7.73	3.93	0.68	6.44	9.67	4.28	17.15	23.85
2004	12.96	30.71	19.36	11.79	10.26	6.33	4.04	5.84	19.05	12.87	18.54	24.49
2005	19.61	29.75	36.49	8.34	2.35	0.81	2.08	4.27	7.56	11.28	13.82	15.21
2006	27.34	25.52	33.77	18.42	2.1	6.23	1.39	3.27	10.56	15.87	21.01	20.32
2007	23.14	13.45	43.63	16.02	10.47	0.29	7.04	1.67	6.06	12.41	15.34	17.54
2008	28.7	30.59	17.82	12.26	4.35	4.94	1.09	2.2	17.02	13.23	10.89	15.33
2009	26.79	28.59	39.59	15.24	10.79	5.26	5.92	8.38	6.01	8.62	20.6	26.6
2010	34.48	32.91	30.79	15.1	4.81	1.24	2.77	1.04	4.85	10.65	12.98	22.03
2011	37.27	34.12	35.64	15.64	7.34	0.53	2.72	2.24	10.81	10.8	12.36	29.31
2012	28.02	37.86	20.72	34.38	6.83	5.72	2.55	2.12	8.64	13.78	19.82	35.41
2013	33.92	34.87	38.87	31.66	7.34	5.47	4.41	8.84	8.67	18.7	16.21	23.52
2014	37.68	40.59	36.21	36.86	10.97	3.57	3.03	2.88	18.96	7.15	13.28	19.67
2015	32.22	17.97	29.2	16.32	12.46	2.09	3.73	2.29	8.23	7.75	18.08	19.86
2016	16.69	39.48	21.94	35.86	4.43	2.81	1.71	4.66	5.68	14.21	7.92	17.06
2017	34.91	36.57	38.69	33.21	13.93	1.59	3.26	2.74	14.43	9.63	17.02	23.63
2018	32.88	31.41	35.85	28.52	6.82	5.52	5	5.92	5.54	25.85	16.59	16.19

## Anexo 32: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Higueras

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	15.69	22.96	20.95	8.1	3.01	0.39	1.06	0.92	4.45	9.44	12.38	8.1
1966	16.83	14.03	10.33	3.76	6.27	0.95	0.3	1.09	4.67	5.91	4.78	10.22
1967	21.84	32.99	20.88	4.8	6.26	2.65	7.08	4.42	10.65	6.9	5.99	7.87
1968	21.48	22.35	18.08	12.28	3.9	2.42	0.76	4.88	6.44	8.48	7.49	9.25
1969	18.82	24.41	16.84	9.83	3.43	7.9	1.13	1.67	6.22	2.46	10.34	12.97
1970	12.4	19.96	25.18	12.78	2.8	3.13	5.58	2.41	8.54	5.94	8.13	13.34
1971	23.06	23.34	21.5	21.43	2.8	1.94	3.48	1	1.85	8.47	8.24	11.61
1972	15.05	14.29	18.81	13.58	3.04	0.44	0.31	0.72	2.82	5.36	8.82	13.89
1973	16.03	26.42	17.44	6.51	3.54	1.32	1.62	9.65	5.49	9.62	11.55	22.94
1974	17.53	18.21	23.17	10.35	1	4.35	2.73	2.4	5.69	6.1	4.8	7.84
1975	22.98	26.13	29.06	2.91	5.85	2.48	0.5	2.11	8.35	6.88	9.64	8.27
1976	12.17	17.67	15.41	4.07	2.65	1.42	0.76	2.06	3.08	3.35	6.86	8.08
1977	20.79	21.35	11.64	4.71	2.17	0.37	0.79	1.73	5.14	5.58	13.09	7.06
1978	16.74	8.6	16.24	10.32	3.62	0.56	0.76	1.52	3.27	3.29	8.48	10.24
1979	6.25	19.72	22.86	8.1	0.73	0.2	2.38	0.44	5.17	5.24	9.31	7.8
1980	11.99	22.41	25.49	9.68	0.5	1.02	1.19	1.5	1.69	9.26	7.57	8.86
1981	8.12	24.3	16.8	5.67	1.12	0.61	0.68	2.49	1.77	4.3	9.68	12.21
1982	14.8	19.76	20.73	6.61	2.45	1.09	0.76	1.21	2.73	8.72	12.58	7.56
1983	17.04	21.14	17.28	4.98	1.83	1.26	0.27	0.52	2.99	4.11	7.86	14.3
1984	13.41	33.64	16.75	4.58	2.71	3.95	2.74	2.08	6.27	3.49	7.75	9.15
1985	18.46	18.92	14.45	5.38	0.52	0.56	0.71	3.94	9.9	5.73	14.36	10.99
1986	17.51	19.9	32.88	14.53	5.47	1.31	2.85	5.16	7.02	5.68	6.47	13.92
1987	26.34	19.23	18.09	9.15	2.55	2.82	4.49	1.03	2.87	5.18	9.62	10.07
1988	30.21	16.22	19.48	11.41	5.46	0.32	1.39	0.28	2.24	3.87	4.78	7.22
1989	15.01	14.32	15.55	9.67	4.85	4.43	0.61	2.88	7.43	11.53	6.96	7.2
1990	13.08	7.04	10.41	8.03	5	9.58	0.89	1.84	8.51	8.93	13.4	11.5
1991	12.1	23.74	25.97	8.87	2.37	2.72	0.73	0.6	5.77	6.94	5.88	10.45
1992	8.49	18.59	12.81	4.5	3.81	8.31	0.79	9.93	6.94	13.07	7.62	11.55
1993	6.29	13.61	22.17	10.65	8.31	3.66	0.96	1.19	3.2	4.14	14.61	12.2
1994	22.52	22.77	13.51	7.08	2.78	0.74	0.59	0.35	3.22	9.65	6.63	10.08
1995	18.48	17.52	21.02	8.77	4.93	1.27	0.48	0.37	4.47	5.79	9.39	13.75
1996	16.73	17.82	15.89	14.87	6.05	1.13	1.19	2.58	5.13	5.64	10.4	6.69
1997	14.94	19.58	10.38	6	3.61	2.19	0.6	5.27	5.88	5.81	8.46	15.06
1998	28.27	23.48	20.46	6.17	2.28	2.39	0.37	1.23	3.08	6.21	10.75	9.57
1999	20.61	24.17	28.32	13.35	4.78	2.84	1.57	1.57	8.18	4.86	8.18	11.07
2000	17.36	20.14	34.4	8.74	3.16	3.6	3.78	6.31	4.38	4.92	7.56	13.06
2001	24.26	19.93	22.77	9.21	5.26	1.76	3.82	3.09	4.32	6.89	10.39	12.25
2002	6.65	18.7	22.03	10.96	5.25	0.99	7.62	2.06	5.99	9.88	11.7	11.25

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	15.12	13.73	24.4	9.68	5.94	1.88	0.54	4.77	5.46	4.05	11.01	18.42
2004	6.25	16.09	17.07	4.23	8.68	4.02	3.01	6.1	7.76	9.31	7.65	15.25
2005	9.68	18.7	21.9	5.73	1.06	0.31	1.66	2.3	2.98	9.09	6.64	13.81
2006	23.26	15.88	23.07	10.06	1.86	3.45	0.58	1.2	4.93	9.53	11.52	14.46
2007	17.18	5.32	27.22	10.44	6.03	0.45	2.74	1.31	3.09	9.99	8.54	9.85
2008	17.69	23.26	16.82	12.64	3.11	2.07	0.86	1.39	10.31	6.34	7.3	12.93
2009	21.03	24.4	22.12	14.68	4.86	3.05	5.04	3.08	4.85	6.16	11.81	16.31
2010	10.55	24.23	23.1	7.76	2.73	0.86	2.08	1.1	4.88	6.81	10.4	11.65
2011	21.01	21.1	26.98	12.39	6.29	1.34	3.17	1.02	5.52	8.54	9.21	17.08
2012	21.91	26.14	13.81	23.74	3.99	2.89	1.9	1.63	2.88	9	13.87	23.11
2013	18.33	25.29	29.23	22.96	4.16	4.02	6.58	5.78	3.04	9.27	10.12	13.35
2014	19.93	24.72	23.03	22.45	8.81	1.84	2.32	2.93	10.87	7.1	8.51	16.55
2015	26.73	19.7	22.27	17.89	11.42	2.08	1.91	1.7	1.79	3.73	11.06	15.23
2016	9.19	21.43	10.94	19.46	1.65	1.77	0.86	3.9	2.15	6.34	11.54	10.64
2017	24.87	20.06	25.8	18.22	5.87	2.36	2.3	2.51	6.04	5.27	10.07	17.93
2018	21.98	20.45	21.33	18.57	1.94	4.79	4.5	4.29	2.4	14.79	8.79	9.73

### Anexo 33: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Garbanzo

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	10.11	13.88	13.2	5.82	2.66	0.61	1.35	1.09	3.49	5.73	7.85	5.23
1966	10.47	8.81	6.72	2.57	5.18	1.03	0.64	1.2	3.76	3.98	3.41	7.08
1967	13.67	19.58	13.41	3.09	5.69	2.29	4.8	3.08	6.42	4.56	4.16	5.28
1968	13.7	13.81	11.16	7.89	2.81	2.27	0.9	3.67	4.52	5.46	5.02	5.97
1969	11.25	14.16	10.2	6.32	2.33	5.33	1.18	1.77	4.66	2.23	6.83	7.95
1970	7.61	11.82	14.63	8.16	2.25	3.02	4.16	1.87	5.78	4.02	5.06	8.53
1971	13.78	13.52	13.52	13.67	2.25	1.69	3.24	1.31	2.19	5.19	5.41	7.15
1972	9.57	9.31	12.23	9.23	2.55	0.73	0.66	1	2.74	3.59	5.88	8.69
1973	10.16	16.33	11.1	5.19	3.34	1.55	1.79	6.34	3.69	6.13	7.54	14.18
1974	10.95	11.47	15.23	7.16	1.26	3.51	2.6	2.67	2.71	3.64	3.88	5.2
1975	13.3	16.2	17.28	2.97	6.03	2.34	0.94	1.87	5.44	4.84	6.49	5.42
1976	7.62	11.38	8.4	2.39	2.34	1.36	1.25	1.58	2.79	3.22	4.9	5.66
1977	13.02	13.7	7.98	4.68	2.68	0.7	1.55	1.78	3.44	3.37	8.41	4.96
1978	10.39	6.24	10.98	7.45	3.21	0.85	1.4	1.35	2.37	2.68	5.08	6.73
1979	4.39	12.85	16.14	6.23	1.22	0.3	2.06	0.37	4.07	4.24	7.15	4.91
1980	8.12	15.92	16.2	9.57	0.83	1.74	1.36	1.91	2.19	5.22	5.38	5.96
1981	5.73	14.18	10.99	4.21	1.75	1.2	1.24	1.88	1.78	3.7	7.15	8.71
1982	10.63	14.32	14.24	4.91	2.6	1.15	1.27	1.48	2.91	5.34	7.66	5.03
1983	10.26	12.64	12.44	4.74	1.71	2.04	0.58	0.85	2.56	2.91	5.34	9.05
1984	8.93	17.82	11.44	4.26	3	4.1	2.83	2.39	5.43	2.59	5.89	5.71
1985	10.74	12.17	9.38	5.27	0.79	0.92	1.36	2.71	6.24	3.74	9.36	6.34
1986	10.83	12.34	18.95	6.85	4.14	1.91	2.68	3.73	4.77	3.72	4.05	8.72
1987	14.47	11.88	11.17	6.66	2.75	2.43	5.1	1.3	1.76	3.65	6.66	6.11
1988	17.48	11.38	12.11	7.32	4.09	0.65	1.62	0.5	2.32	2.57	3.36	4.59
1989	9.42	9.21	10.78	6.21	3.43	3.28	1.05	1.96	5.14	6.71	5.84	5
1990	8.45	5.57	7.16	5.99	3.79	5.86	1.2	1.76	4.57	5.99	8.62	7.22
1991	7.66	13.24	15.49	5.86	1.78	2.84	1.26	0.56	3.9	4.52	4.29	6.49
1992	5.95	12.18	8.78	4.32	2.56	5.21	1.03	6.32	4.18	9.08	5	7.04
1993	4.48	8.6	13.59	7.31	5.7	3.17	1.43	1.34	2.79	3.08	9.24	7.58
1994	14.14	12.53	8.62	6.05	2.82	1.04	0.93	0.38	3.47	5.9	4.48	7.22
1995	13.45	10.64	13.37	6.74	3.01	1.14	1.01	0.66	3.82	3.77	6.66	8.12
1996	10.11	10.12	9.17	9.98	4.04	1.55	1.29	2.06	3.69	3.47	5.98	4.28
1997	8.97	11.52	6.94	3.75	3.73	1.93	1.01	3.64	4.05	3.63	5.83	9.44
1998	16.26	13.56	12.74	4.64	2.02	2.08	0.54	0.95	2.37	3.95	6.99	5.65
1999	13.63	15.36	17.68	8.06	3.88	2.37	2.06	1.2	5.13	3.21	5.13	6.89
2000	11.85	13.25	21.2	5.71	2.47	4.04	3.42	4	3.15	3.11	4.93	7.81
2001	15.42	11.09	15.08	6.77	3.74	1.74	2.85	2.36	3.41	4.59	6.55	7.31
2002	4.71	11.67	13.5	7.92	4	1.56	6.27	2.06	3.88	6.35	7.48	6.9

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	9	8.71	14.52	5.85	5.23	1.74	0.71	3.6	4.06	2.87	6.88	11.52
2004	4.93	9.7	11.75	2.98	5.64	2.68	2.79	3.89	5.57	6.24	5.19	9.28
2005	6.32	11.14	13.82	4.08	1.07	0.64	1.58	1.82	2.8	5.64	4.06	8.89
2006	13.81	10.78	14.47	6.42	1.72	2.86	1.03	1.34	3.14	5.98	7.78	9.61
2007	10.51	3.91	15.72	7.23	4.14	0.53	2.12	1.6	2.5	6.18	5.81	6.77
2008	10.62	14.11	11.51	6.98	3.01	2	1.18	1.22	6.16	4.42	5.22	7.78
2009	12.54	14.54	13.88	10.03	3.32	2.5	3.37	2.44	3.86	4.17	6.85	9.85
2010	6.9	15.14	13.77	5.5	2.72	1.29	1.81	1.55	3.38	3.97	6.83	7.62
2011	12.93	12.76	16.92	8.22	5.29	1.42	2.25	1.14	4.33	5.59	5.76	10.09
2012	12.16	14.66	9.2	13.32	2.88	2.3	1.66	1.14	3.05	5.78	8.67	13.89
2013	11.86	15.14	17.4	13.75	3.11	3.09	3.52	4.38	2.01	5.57	6.26	8.4
2014	11.93	15.26	13.55	13.86	5.95	2.19	1.8	2.16	7.34	5.1	5.26	9.66
2015	15.44	11.88	13.4	10.79	7.44	1.47	1.68	1.41	1.54	2.89	6.95	9.35
2016	6.18	13.75	8.07	12.48	1.79	1.58	0.94	2.22	1.86	3.91	7.18	7.26
2017	13.97	12.45	14.96	11.31	4.56	2.18	2.14	2.09	4.81	4.09	7.1	11.17
2018	13.77	12.04	12.98	10.93	2.2	3.52	3.64	3.06	1.46	9.55	6.27	6.17



**Anexo 34: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Blanco**

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	4.55	7.99	6.13	2.71	0.47	0.8	0.21	0.37	2.26	3.5	3.23	1.76
1966	5.17	3.72	2.1	1.34	2.71	0.28	0.1	0.35	2.04	2.49	2.92	3.29
1967	4.59	7	6.2	1.1	1.61	0.35	2.28	0.68	2.48	1.55	2.15	3.12
1968	4.51	6.42	5.83	1.53	0.78	0.68	0.83	1.39	1.92	1.3	2.34	2.13
1969	4.48	5.55	3.54	2.8	1.35	2.07	0.23	0.34	2.05	0.75	2.66	3.78
1970	4.61	3.46	3.87	3.01	1.06	1.02	1.21	0.45	1.84	1.05	1.67	3.27
1971	9.81	6.57	5.44	3.2	1.06	0.64	1.54	0.24	0.48	2.41	1.8	3.38
1972	5.19	3.98	8.41	2.96	0.66	0.2	0.1	0.14	0.75	1.14	4.47	5.61
1973	6.46	8.96	4.11	1.37	0.87	1.06	0.79	1.73	1.63	3.82	3.92	8.91
1974	10.11	7.01	9.97	3.34	0.26	2.78	1.34	1.56	0.83	0.81	1.51	1.69
1975	4.79	5.43	5.89	1.94	3.26	0.68	0.15	0.61	2.58	1.61	3.26	1.8
1976	4.6	3.88	8.31	1.65	1.51	1.14	0.4	0.9	1.74	4.59	2.56	2.81
1977	6.08	11.11	4.69	3.06	1.12	0.18	0.25	0.63	3.61	1.47	4.07	4.09
1978	6.17	4.76	5.09	3.57	2.1	0.48	0.28	0.57	2.42	2.22	3.32	3.73
1979	3.37	6.85	9.1	4.21	0.4	0.05	1.72	0.1	2.66	1.27	4.16	2.57
1980	3.16	5.41	8.2	3.8	0.17	0.18	0.28	0.27	0.38	1.22	2.26	4.98
1981	2.58	4.2	5.41	1.42	0.44	0.18	0.15	0.92	0.52	2.1	4.54	4.3
1982	6.94	10.83	13.6	3.31	0.94	0.74	0.6	0.83	0.93	2.38	4.2	2.9
1983	6.71	4.87	7.77	3.87	0.77	0.79	0.1	0.38	1.33	0.61	2.82	5.11
1984	7.28	7.83	6.24	2.51	1.76	1.57	1.08	1.09	4.15	1.77	4.36	2.28
1985	5.43	4.79	7.44	3.08	0.2	0.27	0.3	1.1	2.95	1.36	5.06	4.38
1986	5.46	8.24	12.08	1.24	2.56	1	0.6	0.8	1.5	1.7	1.82	5.21
1987	7.5	9.28	7	3.26	2.27	1.11	1.23	0.44	1.8	1.87	2.69	2.88
1988	11.87	9.87	5.24	2.73	0.87	0.14	0.51	0.22	0.52	0.84	2.26	1.28
1989	5.93	3.87	5.88	2.04	1.24	2.24	0.54	0.37	2.19	2.59	1.84	3.23
1990	7.14	5.1	5.14	4.77	0.67	1.33	0.38	0.31	0.9	2.05	2.97	2.86
1991	5.95	6.43	9.34	1.68	1.1	1.76	0.19	0.32	1.14	3.07	3.24	3.43
1992	2.23	6.59	3.92	1.07	0.25	0.85	0.16	2.16	0.92	2.82	2.26	1.26
1993	3.32	4.07	6.36	2.43	1.08	0.81	0.83	0.64	1.16	2.8	5.78	5.99
1994	6.46	10	4.24	3.27	0.94	0.23	0.21	0.25	1.6	2.51	2.58	3.74
1995	6.17	7.61	8.13	3.1	1.72	0.9	0.16	0.3	2.37	2.75	2.58	4.98
1996	5.17	6.46	7.11	4.73	1.21	0.49	0.26	0.68	2.69	1.32	2.99	2.38
1997	5.6	5.24	2.94	2.11	0.96	0.34	0.14	1.23	1.68	1.97	2.95	4.75
1998	8.21	9.31	5.28	1.99	0.44	0.74	0.05	0.47	0.82	2.39	4.16	4.26
1999	7.01	8.66	8.41	3.15	1.21	1.05	0.56	0.68	3.56	1.77	3.05	2.9
2000	6.92	6.77	10.05	2.73	0.81	1.2	0.67	1.74	1.62	1.75	2.09	4.94
2001	7.98	5.75	7.89	3.83	0.98	0.66	1.35	0.94	1.74	2.73	4.27	5.15
2002	2.22	5.44	8.4	2.78	1.94	0.43	2.93	0.39	1.46	3.37	2.94	4.96

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	4.42	3.62	6.95	4.76	1.22	0.48	0.1	1.66	1.77	1.07	4.02	5.4
2004	2.71	5.67	4.82	2.35	2.45	1.15	0.62	1.3	3.06	2.88	3.42	5.27
2005	4.37	5.81	7.62	1.38	0.32	0.09	0.4	0.85	1.53	2.71	3.04	3.7
2006	6.89	5.69	6.56	3.55	0.27	0.85	0.33	0.75	1.55	2.48	4.61	4.42
2007	5.12	1.98	9.28	3.19	1.56	0.12	1.84	0.4	1.14	2.56	3.04	4.37
2008	5.9	7.77	4.88	2.52	1.15	0.83	0.23	0.31	4.25	2.58	2.26	3.67
2009	5.39	6.06	7.39	3.6	2.59	1.09	1.31	1.02	1.41	1.79	3.97	4.75
2010	6.83	7.99	7.11	3.61	1.16	0.4	0.88	0.41	0.98	1.82	3.12	5.09
2011	7.49	6.69	7.47	3.42	1.9	0.2	0.4	0.4	1.91	2.35	2.46	5.91
2012	5.15	7.26	4.37	6.59	1.15	1.39	1.05	0.55	1.01	3.22	4.56	8.05
2013	5.84	7.92	7.58	7.19	0.99	1.05	1.06	2.05	1.35	3.37	4.32	5.94
2014	6.79	8.73	7.43	7.93	2.29	0.52	0.4	0.83	4.58	1.23	2.35	4.03
2015	6.78	4.5	5.68	4.08	3.15	0.21	0.86	0.48	0.99	1.15	3.55	4.31
2016	3.02	8.46	4.12	7.68	0.83	0.32	0.23	0.46	0.74	2.49	2.6	4.51
2017	6.99	6.86	8.42	6.23	2.61	0.59	1.07	0.72	2.92	2.27	3.38	6.34
2018	7.25	7.2	9.02	6.54	1.12	1.32	1.37	1.09	1.18	5.03	4.13	3.42

### Anexo 35: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Huancachupa

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	3	4.45	4.39	1.66	0.5	0.12	0.25	0.23	0.93	1.74	2.57	1.51
1966	3.61	2.68	2.78	0.7	1.32	0.14	0.08	0.3	0.87	1.34	1.25	2.75
1967	4.15	6.26	4.46	1	1.47	0.44	1.23	0.56	1.4	1.37	1.33	1.84
1968	4.19	4.45	3.92	1.71	0.52	0.4	0.29	1	1.72	1.51	1.14	1.9
1969	3.79	4.21	2.93	1.68	0.59	1.32	0.26	0.36	1.09	0.68	2.35	2.46
1970	2.65	3.48	3.84	2.16	0.53	0.91	0.98	0.34	1.36	0.93	1.74	2.49
1971	5.53	3.93	4.3	3.31	0.53	0.45	0.86	0.32	0.34	1.44	1.62	2.35
1972	2.72	2.77	4.81	2.51	0.57	0.12	0.08	0.25	0.91	0.95	1.92	2.89
1973	3.52	5.39	3.38	1.67	0.69	0.37	0.53	1.76	0.86	2.32	2.78	4.92
1974	4.24	3.78	5.28	2.38	0.24	1.1	0.52	0.82	0.66	0.93	0.97	1.48
1975	4.44	5.31	5.25	0.94	2	0.49	0.15	0.39	1.45	1.69	1.91	1.8
1976	2.85	3.51	2.39	0.7	0.58	0.4	0.19	0.37	0.77	1.13	1.36	1.58
1977	3.81	4.45	2.66	1.73	0.76	0.11	0.21	0.41	1.35	0.99	3.4	2.38
1978	3.23	2.23	4.09	1.84	1.05	0.17	0.19	0.29	0.66	0.99	1.6	1.89
1979	1.11	3.84	6.64	2.4	0.19	0.06	0.54	0.07	1.01	1.51	2.25	1.33
1980	2.69	5.19	6.14	3.33	0.13	0.34	0.33	0.43	0.34	1.45	1.68	2.09
1981	2.11	3.86	3.74	1.17	0.37	0.17	0.2	0.55	0.49	1.2	2.6	3.01
1982	3.99	4.83	5.42	1.54	0.48	0.25	0.23	0.42	0.59	1.63	2.29	1.82
1983	4	3.17	4.92	1.72	0.32	0.3	0.07	0.15	0.53	0.79	1.72	2.53
1984	3.16	4.83	3.12	1.6	1.06	0.83	0.64	0.68	1.75	0.8	2.28	1.82
1985	3	3.72	3.72	1.71	0.13	0.16	0.18	0.57	1.54	0.96	3.5	2.46
1986	3.17	4.3	6.3	1.54	1.36	0.48	0.56	0.84	1.03	0.95	1.11	2.71
1987	4.23	4.04	3.77	1.83	0.61	0.61	0.92	0.31	0.74	1.07	1.74	1.82
1988	5.59	4.29	3.21	2.17	0.82	0.09	0.42	0.08	0.64	0.78	1.01	1.5
1989	3.35	2.98	3.97	1.54	0.85	1.04	0.19	0.34	1.2	1.9	1.41	2.13
1990	3.01	2.25	2.29	2.08	0.95	1.48	0.18	0.35	1.02	2.05	2.83	2.17
1991	2.44	3.81	4.34	1.53	0.45	0.74	0.19	0.08	0.91	1.39	1.55	1.74
1992	1.66	4.04	2.84	0.93	0.4	1.02	0.15	1.83	0.82	2.53	1.48	1.73
1993	1.43	2.7	4.58	2.13	1.41	0.74	0.34	0.32	0.69	1.1	3.27	2.62
1994	4.61	4.22	2.66	2.32	0.9	0.15	0.14	0.09	0.88	1.8	1.3	2.15
1995	3.46	3.54	4.03	1.72	0.72	0.26	0.12	0.11	0.94	1.03	1.66	3.05
1996	3.16	2.76	3.04	3.25	1.04	0.2	0.19	0.39	0.87	0.94	2.05	1.19
1997	3.17	3.32	1.97	1.07	0.79	0.46	0.12	0.88	0.88	1.09	1.61	2.61
1998	5.21	4.28	3.78	1.02	0.35	0.35	0.06	0.22	0.58	1.05	2.5	1.85
1999	4.21	4.18	6.36	1.98	0.92	0.66	0.46	0.25	1.87	1.02	1.67	2.29
2000	3.93	4.49	7.12	1.48	0.54	0.85	0.63	1.09	0.92	0.88	1.65	2.96
2001	4.98	3.06	4.97	2.13	0.82	0.33	0.73	0.57	0.87	1.59	2.3	2.46
2002	1.37	3.44	4.82	2.37	1.17	0.28	1.73	0.43	0.95	2.21	1.92	1.96

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	2.82	2.46	4.49	1.88	1.1	0.24	0.09	0.79	1.07	1.1	2.58	3.47
2004	1.65	3.18	3.93	1.05	1.59	0.69	0.57	1.13	1.49	1.78	1.48	3.2
2005	1.97	3.48	4.92	1.05	0.22	0.08	0.34	0.64	0.65	1.83	1.42	3.13
2006	5.02	3.55	4.96	2.08	0.33	0.62	0.17	0.31	0.82	1.93	2.72	3.13
2007	2.82	0.96	4.84	1.91	1.08	0.09	0.54	0.3	0.5	1.95	1.83	2.41
2008	3.37	4.89	4.07	1.92	0.54	0.37	0.19	0.24	1.85	1.29	1.69	2.46
2009	3.87	4.83	4.84	3.16	0.87	0.83	0.84	0.48	0.82	1.31	2.12	3.06
2010	2.34	4.99	4.86	1.56	0.51	0.2	0.5	0.33	0.77	1.22	2.32	2.62
2011	4.37	3.87	5.91	2.25	1.3	0.2	0.39	0.25	1.03	1.84	1.89	3.79
2012	3.93	4.24	2.43	3.85	0.79	0.46	0.64	0.28	0.58	2.14	3.24	5.03
2013	3.39	4.81	5.69	4.37	0.63	0.66	1.04	1.1	0.52	1.63	2.42	2.84
2014	3.67	5.04	4.16	4.58	1.44	0.5	0.32	0.48	2.08	1.44	1.67	2.95
2015	4.89	3.45	4.24	3.14	2.06	0.23	0.45	0.43	0.43	0.89	2.34	3.06
2016	1.87	4.1	2.29	3.73	0.27	0.24	0.14	0.45	0.33	1.24	1.99	2.42
2017	4.58	3.99	4.96	3.62	1.26	0.55	0.57	0.4	1.46	1.3	2.3	4.48
2018	4.75	4.51	4.25	4.09	0.43	0.84	0.97	0.62	0.42	2.95	2.48	1.82

### Anexo 36: Caudales mensuales generados de la subcuenca río Huranuisha

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	1.77	2.35	2.04	1.04	0.2	0.09	0.11	0.19	0.56	0.81	0.98	0.75
1966	1.41	1.34	1.23	0.25	0.77	0.06	0.07	0.15	0.52	0.89	0.77	1.11
1967	1.51	3.15	1.36	0.39	0.53	0.11	0.45	0.18	0.42	0.46	1.03	0.66
1968	1.72	2.25	2.12	0.74	0.2	0.16	0.34	0.34	1.11	0.52	0.7	0.79
1969	1.78	2.39	1.27	1.27	0.24	0.65	0.14	0.18	0.64	0.4	1.24	1.27
1970	1.61	1.53	1.18	1.2	0.25	0.39	0.53	0.15	0.52	0.31	0.66	1.01
1971	3.24	1.78	1.85	1.37	0.25	0.28	0.69	0.14	0.16	0.73	0.5	0.98
1972	1.49	1.15	2.38	1.17	0.47	0.15	0.08	0.15	0.64	0.4	1.12	1.41
1973	2.16	3.08	1.71	0.79	0.42	0.17	0.33	0.8	0.46	2.09	1.64	3.13
1974	3.36	2.29	2.88	1.57	0.15	1.01	0.27	0.72	0.38	0.53	0.82	0.9
1975	2.16	2.94	1.91	0.5	1.47	0.26	0.08	0.23	0.87	0.89	1.07	1.12
1976	1.6	1.29	1.53	0.27	0.32	0.25	0.12	0.17	0.39	0.58	0.81	0.65
1977	2.01	2.39	1.15	1.05	0.45	0.15	0.17	0.24	0.98	0.35	1.96	0.94
1978	1.76	1.21	1.82	1.08	0.76	0.16	0.09	0.11	0.43	0.63	1.07	1.08
1979	0.58	1.94	3.27	1.51	0.11	0.03	0.42	0.08	0.94	0.47	1.43	0.93
1980	1.42	2.12	3.08	1.33	0.06	0.09	0.13	0.12	0.15	0.56	0.99	1.4
1981	1.27	1.99	1.95	0.54	0.36	0.13	0.07	0.24	0.28	0.81	1.65	1.38
1982	1.81	3.04	2.71	1.16	0.28	0.28	0.11	0.23	0.3	0.97	1.2	0.96
1983	2.37	1.14	2.67	0.85	0.21	0.19	0.03	0.06	0.21	0.2	0.88	1.53
1984	2.08	2.22	1.93	0.94	0.45	0.39	0.44	0.36	0.86	0.32	1.45	0.82
1985	1	1.53	2.25	1.32	0.07	0.08	0.1	0.28	0.82	0.68	2.4	1.07
1986	1.41	2.15	2.9	0.51	0.63	0.62	0.34	0.38	0.4	0.55	0.57	1.42
1987	2.52	2.14	1.91	1.2	0.43	0.35	0.42	0.33	0.43	0.49	1.12	0.75
1988	2.58	2.54	1.41	1.22	0.51	0.12	0.15	0.04	0.24	0.46	0.88	0.8
1989	1.61	1.61	1.69	0.99	0.44	1.05	0.27	0.11	0.54	0.64	0.72	1.36
1990	1.79	1.87	1.52	1.29	0.38	0.75	0.1	0.18	0.34	0.55	1.19	1.13
1991	1.19	1.51	2.37	0.91	0.23	0.27	0.1	0.04	0.27	0.9	1.18	1.02
1992	0.83	2.04	1.32	0.74	0.15	0.26	0.06	0.55	0.39	0.79	0.65	0.65
1993	1	1.21	2.04	1.2	0.49	0.54	0.46	0.15	0.25	0.49	1.4	1.38
1994	2.21	2.5	0.97	1.54	0.38	0.06	0.07	0.04	0.46	0.83	0.77	1.09
1995	1.89	2.22	2.31	0.99	0.48	0.17	0.05	0.12	0.46	0.73	0.87	1.5
1996	1.49	1.63	2.02	1.69	0.43	0.12	0.09	0.13	0.6	0.54	1.01	0.59
1997	1.72	1.76	1.25	0.54	0.36	0.21	0.06	0.36	0.49	0.63	0.89	1.53
1998	2.81	2.81	1.69	0.7	0.11	0.19	0.02	0.21	0.24	0.6	1.71	1.16
1999	1.78	1.74	3.62	1.27	0.53	0.61	0.29	0.19	0.91	1.16	0.88	0.91
2000	2.05	2.4	3.55	0.87	0.2	0.3	0.28	0.36	0.75	0.5	1.05	2.06
2001	3.01	1.55	2.55	1.26	0.28	0.15	0.24	0.37	0.57	1.14	1.4	1.21
2002	0.81	1.54	2.32	1.03	0.7	0.25	1.63	0.18	0.43	0.71	0.93	1.44

<<Continuación>>

<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>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2003	1.51	1.2	1.9	1.22	0.47	0.1	0.06	0.33	0.49	0.55	1.72	1.8
2004	1.16	2.05	2.17	0.45	0.55	0.35	0.25	0.77	0.99	1.19	0.9	1.38
2005	1.74	1.55	2.27	0.74	0.15	0.07	0.11	0.16	0.24	1.37	1.16	1.63
2006	2.54	2.79	1.75	1.33	0.12	0.21	0.08	0.36	0.48	0.68	1.81	1.53
2007	1.39	0.87	2.85	1.14	0.58	0.06	0.33	0.15	0.18	0.77	0.87	1.47
2008	1.94	2.45	2.3	0.99	0.27	0.16	0.13	0.07	0.85	0.49	0.83	0.95
2009	1.74	2.56	2.4	1.61	0.5	0.71	0.33	0.29	0.3	0.66	1.05	1.39
2010	1.83	2.62	3.07	0.87	0.19	0.17	0.53	0.15	0.43	0.61	1.79	1.5
2011	2.31	1.75	2.75	1.23	0.48	0.08	0.15	0.12	0.48	0.66	0.84	1.54
2012	1.59	1.82	1.64	1.65	0.56	0.2	1	0.1	0.28	1.47	2	2.09
2013	1.73	2.29	2.04	2.08	0.27	0.26	0.68	0.44	0.3	0.8	1.75	1.54
2014	2.12	2.25	1.8	2.05	0.59	0.23	0.22	0.35	1.31	0.44	0.65	1.7
2015	2.53	2.21	1.87	2	1.02	0.07	0.57	0.1	0.28	0.28	1.27	1.66
2016	0.91	2.38	1.22	2.16	0.15	0.11	0.06	0.16	0.17	0.66	1.09	1.28
2017	2.27	2.14	2.39	1.95	0.62	0.45	0.51	0.27	0.84	0.7	1.57	2.48
2018	2.45	1.95	2.89	1.77	0.19	0.35	0.64	0.39	0.28	1.78	1.78	1.12