

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISPONIBILIDAD HIDRICA DE LA CUENCA DEL RIO  
AMOJU APLICANDO EL MODELO DETERMINÍSTICO –  
ESTOCASTICO DE LUTZ SCHOLZ.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autor: Bach. LORENA NOEMI SOLANO CORDOVA**

**Asesor: Ing. JUAN ALBERTO OLANO GUZMAN**

**JAEN - PERU, OCTUBRE, 2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 14 de OCTUBRE del año 2019, siendo las 12:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. MARLO ANTONIO AGUIRRE CAMACHO

Secretario: Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERON

Vocal: Mg. JOSE ANTONIO CORONEL DELGADO, para evaluar la Sustentación de:

- ( ) Trabajo de Investigación
- ( X ) Tesis
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

DISPONIBILIDAD HIDRICA DE LA CUENCA DEL RIO AMOJU  
APLICANDO EL MODELO DETERMINISTICO - ESTOCASTICO  
DE LUTZ SCHOLZ

presentado por Estudiante /Egresado o Bachiller LORENA NDEMI  
SOLANO CORDOVA

de la Carrera Profesional de ..... de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- ( X ) Aprobar      ( ) Desaprobar      ( X ) Unanimidad      ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 13:25 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

\_\_\_\_\_  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Secretario

\_\_\_\_\_  
Vocal

## INDICE

I.	INTRODUCCION .....	1
	Situación Problemática .....	2
	Justificación .....	2
1.1.	Antecedentes. ....	3
1.1.1.	A Nivel Internacional. ....	3
1.1.2.	A Nivel Nacional. ....	3
1.1.3.	A Nivel Local .....	4
1.2.	Bases Teóricas .....	5
1.2.1.	Hidrología .....	5
1.2.2.	El Ciclo Hidrológico .....	12
1.3.	Balance Hídrico.....	20
➤	Del agua que cae en un determinado sitio (precipitación = PP) .....	21
➤	Parte vuelve a la atmósfera ya sea por evaporación directa o por transpiración de la vegetación (Evapotranspiración = ET).....	21
➤	Otra parte escurre por la superficie de la cuenca (Escorrentía superficial = Esc).....	21
1.4.	ANALISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION.....	22
1.4.1.	Estimación de datos faltantes. ....	22
1.4.2.	Análisis de Consistencia .....	23
1.4.3.	Precipitación Media .....	24
1.5.	Evapotranspiración .....	27
1.5.1.	Métodos para estimar la evapotranspiración en una cuenca.....	28
1.6.	CALCULO DE CAUDALES MENSUALES (Modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Scholz) 31	
1.6.1.	Ecuación del balance hídrico .....	32
1.6.2.	Coeficiente de escurrimiento .....	33
1.6.3.	Precipitación Efectiva (Pe).....	34
1.6.4.	Retención de la cuenca. ....	35
1.6.5.	Relación entre descargas y retención. ....	37
1.6.6.	Coeficiente de agotamiento.....	38
1.6.7.	Gasto de la retención “Gi” .....	39
1.6.8.	Abastecimiento de la retención “ Ai ” .....	40
1.6.9.	Caudal mensual para el año promedio .....	41

1.6.10.	Generación de caudales para periodos extendidos .....	42
II.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION .....	45
2.1.	Objetivo General: .....	45
2.2.	Objetivos específicos:.....	45
III.	MATERIALES Y METODOS.....	45
3.1.	Ubicación Geográfica .....	45
3.2.	Área de Estudio .....	45
3.3.	Hidrografía del Río Amojú .....	46
3.4.	Tipo de Investigación.....	48
3.5.	Materiales. ....	48
3.6.	Métodos .....	49
3.6.1.	Línea de Investigación .....	49
3.7.	Recopilación De Datos En Campos.....	49
3.8.	Recopilación de la información meteorológica.....	49
IV.	RESULTADOS. ....	51
4.1.	DELIMITACION DE LA CUENCA .....	51
4.2.	ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION METEREOLÓGICA.....	55
4.2.1.	COMPLETACION DE DATOS. ....	55
4.2.2.	Análisis de consistencia de las precipitaciones .....	64
4.2.3.	DATOS MEDIOS .....	67
4.2.4.	Evapotranspiración.....	74
4.2.5.	Coeficiente de Escurrimiento .....	77
4.2.6.	Precipitación efectiva. ....	78
4.2.7.	Retención de La Cuenca. ....	79
4.2.7.1.	Coeficiente de Agotamiento .....	80
4.3.	GENERACIÓN DE CAUDALES.....	83
4.3.1.	Caudales mensuales para el año promedio .....	83
4.3.2.	Caudales mensuales para un período extendido .....	83
4.4.	Caudal medido en el río Amojú.....	86
V.	DISCUSIONES.....	88
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
6.1.	CONCLUSIONES. ....	90
6.2.	RECOMENDACIONES .....	92
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	93

DEDICATORIA: .....	95
AGRADECIMIENTO: .....	96
VIII. ANEXOS .....	97
8.1. ANEXO 01: DATOS METEREOLÓGICOS OBTENIDOS DEL SENAMHI .....	97
8.1.1. ESTACION JAEN .....	97
8.1.2. Estación La Cascarilla.....	100
8.1.3. Estación Chontali.....	103
8.2. ANEXO 02: Completación de Datos – Precipitación (Mm).....	106
8.3. ANEXO 03: Completación De Datos – Temperatura (°C) .....	110
Fuente: Elaboración Propia .....	111
8.4. ANEXO 03: Completación De Datos – Humedad Relativa (%).....	112
8.5. Anexo 04: Mapas de La Cuenca del Río Amojú .....	118

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de Pendiente en el Cauce Principal .....	87
Tabla 2: Los coeficientes mensuales del almacenamiento total anual. ....	41
Tabla 3: Principales Parámetros de La Cuenca Amojú. ....	53
Tabla 4: Datos Metereologicos (Precipitaciones) Completados – Estación Jaén.....	56
Tabla 5: Datos Metereologicos (Precipitaciones) Completados – estación La Cascarilla .....	57
Tabla 6: Datos Metereologicos (Precipitaciones) Completados – Estación Chontali. ....	58
Tabla 7: Datos Metereologicos (Temperaturas) Completados – Estación Jaén. ....	59
Tabla 8: Datos Metereologicos (Temperaturas) Completados – estación La Cascarilla. ....	60
Tabla 9: Datos Metereologicos (Temperaturas) Completados – estación Chontali. ....	61
Tabla 10: Datos Metereologicos (Humedad Relativa) Completados – estación Jaén. ....	62
Tabla 11: Datos Metereologicos (Humedad Relativa) Completados – estación La Cascarilla. ....	63
Tabla 12: Datos Metereologicos (Humedad Relativa) Completados – estación Chontali. .....	64
Tabla 13: Análisis de Consistencia.....	65
Tabla 14: Estación Areal – Precipitacion (mm) .....	69
Tabla 15: Estación Areal – Temperatura (°C).....	71
Tabla 16: Estación Areal – Humedad Relativa (%) .....	73
Tabla 17: Horas Luz .....	75
Tabla 18: Resultados de la Evapotranspiración.....	75
Tabla 19: Factor mensual según latitud para la cuenca Amojú.....	76
Tabla 20: Evapotranspiración Mensual para el Año Promedio.....	76
Tabla 21: Coeficiente de Escurrimiento según el método de TURC .....	77
Tabla 22: Coeficiente de Escurrimiento por el método de la Misión Alemana. ....	78
Tabla 23: Precipitación Efectiva de La Cuenca Areal.....	79
Tabla 24: Retención de la Cuenca .....	80
Tabla 25: Valores de la relación de caudales del flujo base. ....	81
Tabla 26: Valores del gasto de la retención en la Cuenca Amojú.....	82
Tabla 27: Valores del abastecimiento de la retención en la Cuenca Amojú .....	82
Tabla 28: Caudales generados para el Año Promedio en la Cuenca Amojú .....	83
Tabla 29: Caudales generados para un periodo extendido en la Cuenca Amojú .....	84
Tabla 30: Coeficientes Estadísticos de la regresión múltiple .....	84
Tabla 31: Caudales Extendidos de la cuenca Areal en mm/mes .....	85
Tabla 32: Caudales Extendidos de la cuenca Amojú en m <sup>3</sup> /s.....	86

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1: Forma de la cuenca.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2: Jerarquización de cauces.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3: Perfil longitudinal de un cauce y líneas a considerar para el cálculo de la pendiente media y de la pendiente media ponderada. ....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4: Ciclo Hidrológico .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5: Sistema Hidrológico.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6: La Cuenca como un Sistema Hidrológico.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7: Precipitación de Convención .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 8: Precipitación Orográfica .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 9: Precipitación Ciclónica .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 10: Medición de la Precipitación .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 11: Balance Hídrico .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 12: Evapotranspiración.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 13: Métodos empíricos para calcular la Evapotranspiración.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 14: Factor Mensual de Latitud - MF .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15: Series para la regresión múltiple. ....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 16: Demarcación Política de La Cuenca del Rio Amojú.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 17: Demarcación Hidrográfica de La Cuenca del Rio Amojú .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 18: Ubicación de las estaciones meteorológicas en la cuenca del rio Amojú.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 19: Delimitación de la Cuenca Amojú. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 20: Curva Hipsométrica .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 21: Cauce Principal de La Cuenca del Rio Amojú.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 22: Grafica De Precipitación Vs Tiempo – Estación Jaén.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 23: Grafica De Precipitación Vs Tiempo – Estación La Cascarilla .....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 24: Grafica de Precipitación Vs Tiempo – Estación Chontali .....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 25: Grafica de Análisis de Consistencia .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 26: Grafica de la Precipitación Promedio vs Altitud.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 27: Grafica de Temperatura Vs Altitud.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 28: Grafica Humedad Relativa Vs Altitud.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 29: Número máximo de horas de sol.....</i>	<i>74</i>

## **RESUMEN**

Esta investigación tiene como objetivo principal, Determinar la disponibilidad del recurso hídrico de la cuenca del río Amojú en la ciudad de Jaén, aplicando el modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Scholz. La primera fase de la investigación es determinar los parámetros físicos y geomorfológicos de la cuenca, además de realizar el análisis de consistencia a los datos meteorológicos para determinar si tienen un comportamiento hidrológico similar. En la segunda fase de la investigación se determinó la precipitación media mensual y se calculó la evapotranspiración mensual de la cuenca. Y como tercera y última fase se aplicó el modelo determinístico -Estocástico de Lutz Schulz para determinar la disponibilidad de la cuenca en caudales mensuales. Dentro de esta fase se calcula el coeficiente de escurrimiento, la retención de la cuenca, los caudales para el año promedio y finalmente los caudales extendidos mensuales. De tal forma que se puede decir que el modelo de Lutz Scholz es aplicable para esta cuenca pero algunas restricciones debido a la morfología de la cuenca.

**PALABRAS CLAVES:** Modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Scholz, Evapotranspiración Potencial, Precipitación Efectiva, Coeficiente de Escurrimiento, Retención de la cuenca.



## **ABSTRACT**

This research aims to determine the availability of water resource in the basin of the Amaju River in the city of Jaén, applying the Deterministic - Stochastic model of Lutz Scholz. The first phase of the investigation is to determine the physical and geomorphological parameters of the basin, besides running an analysis of consistency to the meteorological data in order to determine whether they have a similar hydrological behavior. In the second phase of the investigation, the average monthly rainfall was determined and the monthly evapotranspiration of the basin was calculated.

And as a third and final phase, the deterministic-Static model of Lutz Scholz was applied to determine the availability monthly flow in the basin. Within this phase, the runoff coefficient, the retention of the basin, the flows for the average year and the monthly extended flows are calculated.

Thus, it can be said that Lutz Schulz's model is applicable to this basin with some restrictions due to the morphology of the basin.

**KEY WORDS:** Deterministic - Stochastic Model of Lutz Scholz, Potential Evapotranspiration, Effective Precipitation, Runoff Coefficient, Basin Retention.

## **I. INTRODUCCION**

Según la (ONU, 2015), La escasez de agua es un fenómeno no solo natural sino también causado por la acción del ser humano, que está afectando a todos los continentes, por lo que se constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI al que se están enfrentando ya numerosas sociedades de todo el mundo.

La escasez de agua en la provincia de Jaén no pasa inadvertida. El ámbito de la cuenca del río Amojú, por su ubicación próxima a la línea ecuatorial y por la disminución de altura de la cordillera de los Andes, no presenta algún nevado; por lo que, la recarga de acuíferos y el agua disponible en las zonas bajas está sujeta a la cantidad de lluvias que se produzcan en la cuenca, y en su capacidad de captación e infiltración.

La escasez de información de escorrentías o caudales en los cauces de las redes hidrográficas, dificulta el planeamiento, diseño y operación de los proyectos de aprovechamiento hídrico. Asimismo, la falta de estudios sobre la disponibilidad de las aguas de la cuenca del río Amojú está afectando el dimensionamiento de los proyectos hidráulicos en su curso del río Amojú (abastecimiento de agua potable, canales de riego, entre otros). Lo que se desconoce la disponibilidad hídrica en su totalidad de la cuenca. Se justifica implementar una mejor gestión de su recurso hídrico, es decir; tener información confiable, precisa y oportuna de estaciones Hidrométricas y Meteorológicas que permitan conocer cuánta agua disponible hay a nivel de sus microcuencas identificadas.

## **Situación Problemática**

En la ciudad de Jaén no se ha definido hasta ahora el estado actual de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Amojú que pueda servir para establecer niveles de alerta que permitan planificar estrategias de prevención, a posibles conflictos sobre uso del agua puesto que en el futuro este recurso tiende agotarse.

## **Pregunta de Investigación**

¿Puedo determinar la Disponibilidad Hídrica de la Cuenca del Río Amojú aplicando el modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Schultz?

## **Hipótesis**

Aplicando el Modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Schultz, se determinara la Disponibilidad Hídrica de la Cuenca del Río Amojú.

## **Justificación**

Debido a la escasez de registros de caudales mensuales, surge la necesidad de desarrollar esta investigación para estimar La Disponibilidad Hídrica de la Cuenca del Río Amojú, de tal forma servirá esta investigación como base, para el diseño o planificación de proyectos de abastecimiento de agua a futuro para los diferentes usos, por lo tanto es necesario aplicar un modelo, en este caso se aplicara el modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Schultz. También servirá como información para la acreditación de la disponibilidad hídrica que lo otorga el ANA (Autoridad Nacional del agua), para algún proyecto hidráulico que se quiera gestionar.

## **1.1. Antecedentes.**

### **1.1.1. A Nivel Internacional.**

(Hernandez, 2016), realizo la siguiente tesis Planificación Hídrica y Gobernanza del Agua: Su Implementación En La Subcuenca Hidrográfica Del Río Amecameca, Valle De México, con la finalidad de desarrollar un análisis del proceso de planificación hídrica (PH) y GA aplicados en la Subcuenca Hidrográfica del Rio Amecameca (SHRA), a partir de sus planes hídricos y la actual PH en el país.

(Aponte, 2013), realizo la Tesis “Metodología Para Evaluar La Disponibilidad de Agua y Sus Costos Bajo Los Escenarios de Cambio Climático con el objetivo de Desarrollar una herramienta metodológica para estimar el impacto del cambio climático en la disponibilidad del agua para uso municipal.

### **1.1.2. A Nivel Nacional.**

(Ispilco, 2017), realizo la investigación Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Hídrico en la Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito De Catilluc, Provincia De San Miguel – Cajamarca, 2017 con la finalidad de lograr estimar la disponibilidad de agua en la microcuenca del Río El Tuyo, mediante la obtención de caudales medios mensuales de escorrentía.

(Ricca y Robles, 2014), realizaron la investigación “Evaluación De La Disponibilidad De Recursos Hídricos Superficiales y Estrategias De Gestión Sostenible En La Microcuenca Río Negro - Satipo” con el objetivo conocer los factores de crecimiento demográfico, modificación de hábitos alimenticios, inesperados efectos del cambio climático, niveles de contaminación de las fuentes naturales, actitud de la población y gestión desordenada de los recursos hídricos, utilizando la metodología enfoque de cuencas, caracterizando física-morfométricamente, determinando variables mórnicas lineales, superficiales, desnivel y caracterización socioeconómica para determinar la cantidad, calidad, demanda, oferta hídrica y plantear propuestas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

(Guevara, 2014), ha desarrollado la tesis de grado: “Volumen De Agua Aprovechable En La Microcuenca Del Río Tres Ríos, Usando El Modelo Determinístico Estocástico Lutz Scholz Validado, Para Los Años Hidrológicos 2008-2012”, llegando a la conclusión que el volumen para el periodo extendido, se ajusta a 89.6% respecto al observado, mientras que el volumen generado para el año promedio y el volumen calculado de caudales observados se ajusta en un 99.6 %.

(Morales, 2012), desarrollo la tesis de maestría "Caracterización del Potencial Hidrogeológico de las Unidades Hidrográficas Ronquillo Alto y Alto Chetilla de la provincia de Cajamarca" con la finalidad de lograr caracterizar el flujo subterráneo y nivel freático de la microcuenca.

(Palacios, 2005), realizo esta investigación “Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la Cuenca alta del Río Quiroz” en la Universidad Particular de Piura. La investigación tiene como objetivo determinar la disponibilidad del recurso hídrico en las subcuencas definidas por los puntos de Vilcazán, Santa Rosa, Aranza, Chulucanitas y San Lázaro.

(Santos, 2005), desarrollo la tesis de grado: “Generación De Descargas Mensuales En Subcuencas De La Cuenca Del Río Santa Utilizando El Método De Lutz Schulz”. En dicha tesis se ha podido analizar el desarrollo secuencial de los modelos determinísticos para la generación de caudales del año promedio y el modelo estocástico para la generación de las series extendidas.

### **1.1.3. A Nivel Local**

Hasta el momento no hay investigaciones relacionadas con esta investigación en desarrollo en la ciudad de Jaén.

## **1.2. Bases Teóricas**

### **1.2.1. Hidrología**

Según (Villon, 2002), La Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. Pag 15.

Según (Cahuana, 2009), es la ciencia que trata de los procesos que rigen el agotamiento y recuperación de los recursos de agua en las áreas continentales de la tierra y en las diversas fases del ciclo hidrológico. Pág. 02.

#### **1.2.1.1.Cuenca Hidrológica**

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

En la tesis “Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Hídrico En La Microcuenca Del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017” (Ispilco, 2017), concluye que: El funcionamiento de la cuenca se asemeja al de un colector, que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación presenta pérdidas de agua, situación que depende de las condiciones climatológicas y de las características físicas de la cuenca, es por ello que cuencas vecinas sometidas a las mismas condiciones climáticas, pueden tener regímenes de flujo totalmente distintos, situación debida principalmente a los parámetros geomorfológicos.

#### **a) Características Físicas de la cuenca.**

- **Área de la cuenca (A)**Según (Cahuana, 2009), Es el área plana en proyección horizontal, de forma muy irregular, obtenida después de delimitar la cuenca; se reporta en kilómetros cuadrados, excepto las cuencas pequeñas que se expresan en hectárea.

También se puede calcular utilizando las coordenadas del punto de inicio de la cuenca mediante el programa ArcMap 10.3.1.

➤ **Perímetro**

Según (Villon, 2002), se refiere al borde del contorno (límite exterior) de la forma irregular de la cuenca proyectada en un plano horizontal, obtenida una vez delimitada la cuenca, para calcularlo se puede usar los mismos paquetes computacionales que para el área.

➤ **Forma de la cuenca**

Parámetro adimensional, introducido por Horton, que denota el efecto combinado de la cuenca y la configuración neta del drenaje. Valores del índice de Gravelius cercanos a la unidad (forma redondeada de la cuenca hidrográfica) dan origen a menores tiempos de concentración de la cuenca receptora-colectora, produciendo continuamente ondas de crecidas súbitas instantáneas mayores, creando condiciones de muy alta vulnerabilidad a las inundaciones, (López cadenas de Llano, 1998).

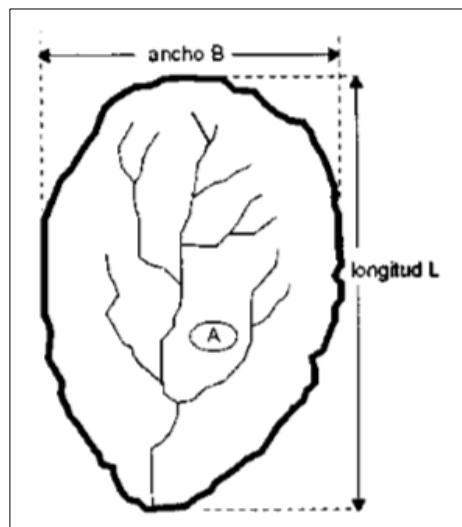


Figura 1: Forma de la cuenca

Fuente: Máximo Villon, 2002

$$F = \frac{A}{L^2} \dots\dots\dots(1)$$

**Donde:**

F = forma de la cuenca

A = área de la Cuenca

L = longitud de la Cuenca.

## b) Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca

Según (Cahuana, 2009), La geomorfología de una cuenca queda definida por su forma, relieve y drenaje, para lo cual se han establecido una serie de parámetros, que a través de ecuaciones matemáticas, sirven de referencia para la clasificación y comparación de cuencas. Pág. 19.

### ➤ Coeficiente de Gravelius

El coeficiente de compacidad o índice de Gravelius, se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una cuenca teórica circular que tiene igual área que la cuenca (Gravelius, 1914).

$$K = \frac{\textit{Perimetro de la Cuenca}}{\textit{Perimetro de un circulo de igual Area}}$$
$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots(2)$$

### ➤ Tiempo de Concentración

Según (Cahuana, 2009), Tiempo necesario para que todo el sistema (toda la cuenca) contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe. Comúnmente el tiempo de concentración se define como, el tiempo que tarda una partícula de agua caída en el punto más alejado de la cuenca hasta la salida del desagüe.

Además (Marco y Reyes, 1992) debe tenerse en claro que el tiempo de concentración de una cuenca no es constante; según aunque muy ligeramente depende, de la intensidad y la precipitación. Por tener el concepto de tiempo de concentración una cierta base física, han sido numerosos los autores que han obtenido formulaciones del mismo, a partir de características morfológicas y geométricas de la cuenca.

A continuación, se muestran algunas de esas fórmulas empíricas:

**Kirpich:**  $T_c = 0.06626 * (L_p^2/S)^{0.385} \dots\dots\dots(3)$

**Temez:**  $T_c = 0.126 * (L_p/Sp^{0.35})^{0.75} \dots\dots\dots(4)$

**Pasini:**  $T_c = 0.023 * (A * L_p/Sp)^{0.5} \dots\dots\dots(5)$

**Pizarro:**  $T_c = 13.548 * (L^2/H)^{0.77} \dots\dots\dots(6)$



**Donde:**

Tc = Tiempo de concentración (hr)

Lp = Longitud del curso principal (Km)

Sp = Pendiente del curso principal

H = Diferencia de cotas entre el punto más alto y el de estudio (m)

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

➤ **Altura promedio de la cuenca:**

Cahuana Andia, (2009) indica que es la altitud media correspondiente a la media de la abscisa del histograma de frecuencia de altitudes. Gráficamente la elevación media de la cuenca se obtiene, entrando con el 50 % del área en el eje X, trazando una perpendicular por este punto hasta interceptar a la curva hipsométrica, y por éste punto trazar una horizontal hasta cortar el eje Y.

➤ **Pendiente media de la cuenca:**

En la tesis “Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Hídrico En La Microcuenca Del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017”, Julcamoro, (2017) indica que, la pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

$$S = \frac{D \cdot L}{A} \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

**S:** Pendiente de la Cuenca

**D:** Desnivel constante entre curvas de nivel, en Km.

**L:** Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en Km.

**A:** Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

➤ **Longitud del cauce principal:**

Según (Fuentes, 2004) menciona que es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, medidos desde la parte más alta de la cuenca hasta la salida.

### 1.2.1.2. Parámetros de la Red Hidrográfica de la Cuenca

#### ➤ Orden del cauce principal

Horton (1932), señala que al iniciar la categorización de una red en las confluencias más alejadas donde concurren dos cauces, sólo uno de ellos es de primera categoría (orden 1), mientras el otro es de segunda categoría (orden 2). El curso de primer orden o categoría queda determinado por el que haga mayor ángulo en el punto de confluencia, respecto del tramo siguiente.

(Ortiz Vera, 2014), menciona que una vez terminada la categorización de toda la red de drenaje, el cauce que ostenta la mayor jerarquía viene a constituir el curso principal del sistema hidrológico y, por ende, la categoría la cuenca.

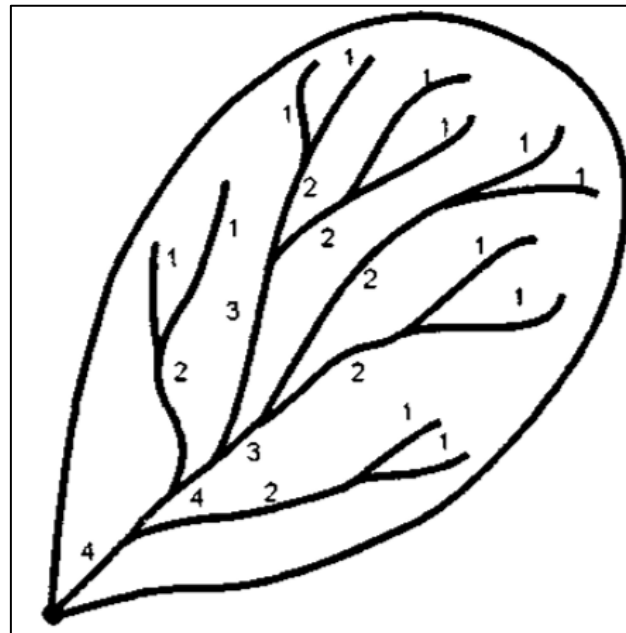


Figura 2: Jerarquización de cauces

Fuente: Villon, 2002

#### ➤ Longitud de la red principal

Este parámetro se puede entender de dos formas distintas: como el máximo recorrido de la esorrentía de la cuenca o como la distancia entre la fuente más lejana y el nudo.

➤ **Pendiente del cauce principal (Sm)**

Se pueden definir varias pendientes del cauce principal, la pendiente media, la pendiente media ponderada y la pendiente equivalente. La pendiente media (Sm): relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, Hmax menos cota mínima, Hmin) y la longitud del mismo.

$$Sm = \frac{Hmax-Hmin}{L} \dots\dots\dots(8)$$

**Donde:**

**Sm :** Pendiente Media

**Hmax :** Cota Máxima

**Hmin :** Cota Mínimo

**L :** Longitud del mismo Cauce.

➤ **La Pendiente Media Ponderada (Smp)**

(Cahuana, 2009), indica que la Pendiente de la hipotenusa de un triángulo cuyo vértice se encuentra en el punto de salida de la cuenca y cuya área es igual a la comprendida por el perfil longitudinal del río hasta la cota mínima del cauce principal, como se indica en la Figura 3.

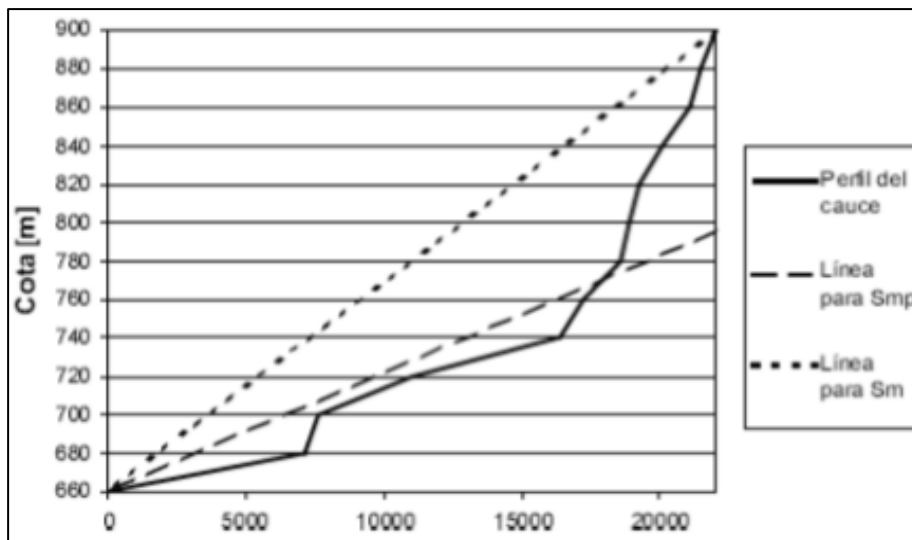


Figura 3: Perfil longitudinal de un cauce y líneas a considerar para el cálculo de la pendiente media y de la pendiente media ponderada.

Fuente: Cahuana Andía, 2009

➤ **Clasificación de pendiente en el cauce Principal:**

La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos. De acuerdo al valor de la pendiente, se puede clasificar la topografía del terreno de la siguiente manera (propuesto por R. Heras R.)

Tabla 1:

*Clasificación de Pendiente en el Cauce Principal*

PENDIENTE (Si), EN PORCENTAJE	TIPO DE TERRENO:
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado Medio
15	Accidentado
25	Fuertemente Accidentado
50	Escarpado
>50	Muy Escarpado

Fuente: Cahuana Andia, 2009

➤ **Densidad del drenaje**

Según (Londoño, 2001), la longitud total de los cauces dentro de una cuenca hidrográfica, dividida por el área total de drenaje, define la densidad de drenaje o longitud de cauces por unidad de área.

Según (Horton, 1945), definió la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total de los cauces pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca:

$$Dd = \frac{L}{A} \dots\dots\dots(9)$$

**Donde:**

**Dd:** Densidad de drenaje (Km / Km<sup>2</sup>)

**L:** Longitud total de corrientes (Km)

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

➤ **Altura del cauce principal.**

Es el valor más alto que llega el cauce de mayor orden.

➤ **Pendiente del cauce principal**

La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos.

## **1.2.2. El Ciclo Hidrológico**

### **1.2.2.1. Definición:**

Según (Cahuana, 2009), El ciclo hidrológico es un fenómeno global de circulación del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, provocado fundamentalmente por la energía solar y la energía gravitacional. El ciclo hidrológico es el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.).

Según Musy (2001), El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación. El ciclo hidrológico (Figura 4) no es nada regular. Una muestra de ello son los periodos de sequías y de inundaciones, que ocurren.

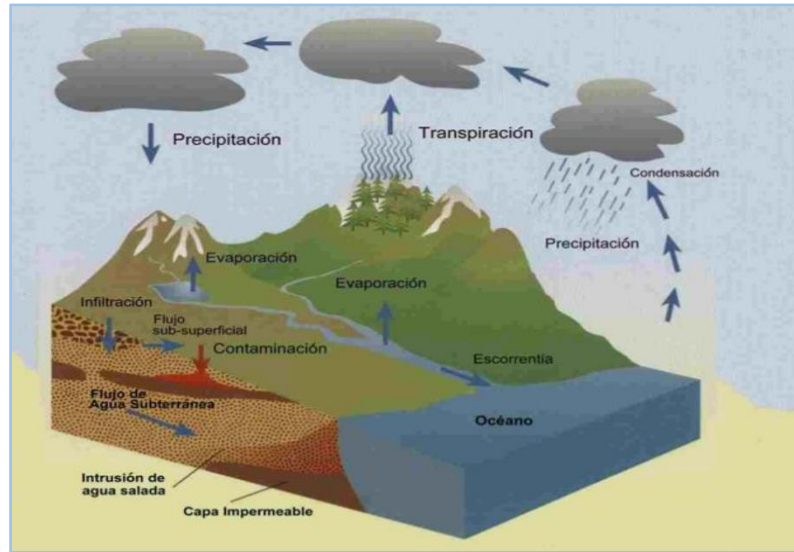


Figura 4: Ciclo Hidrológico

Fuente: Cahuana Andía, 2009

### 1.2.2.2. Sistema hidrológico:

Según Guevara y Cartaya (1991), Los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema.

Un sistema viene a ser un conjunto de partes que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico podría considerarse como un sistema cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía y, las otras fases del ciclo; estos componentes pueden reagruparse en subsistemas separadamente y combinar los resultados de acuerdo con las interacciones entre ellos. (Guevara Pérez, 1991)

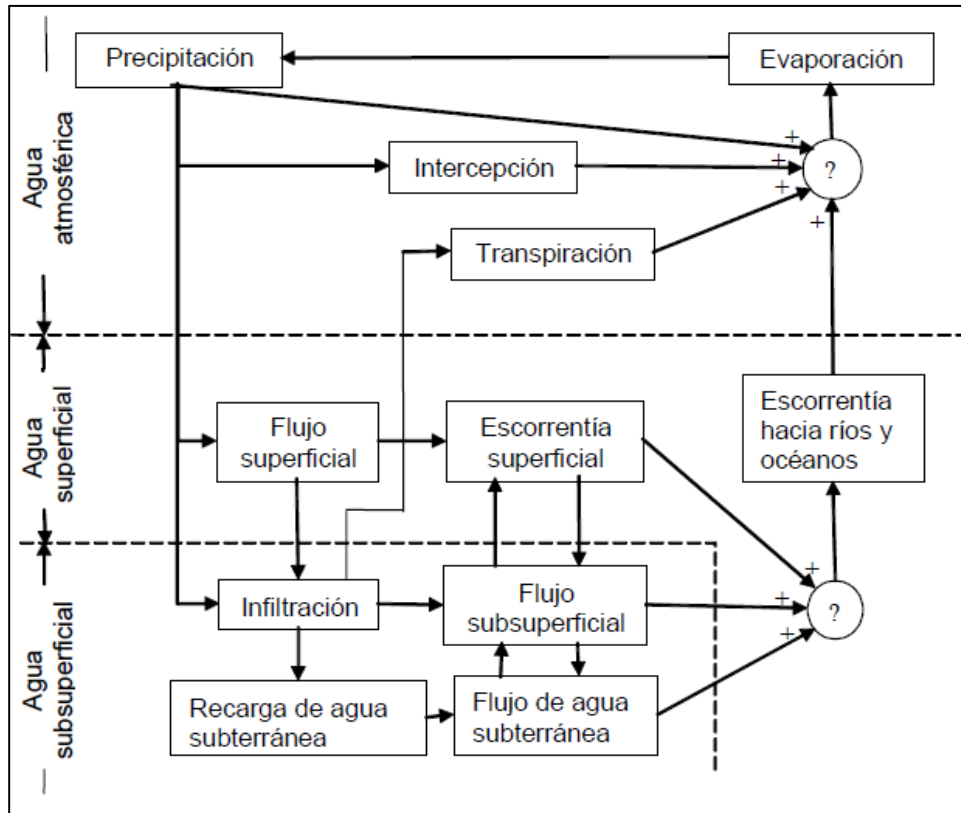


Figura 5: Sistema Hidrológico

Fuente: researchgate.net

Según (Cahuana, 2009), un sistema hidrológico se define como una estructura o volumen en el espacio rodeado por una frontera, que acepta agua y otras entradas, opera con ellas internamente y las produce como salidas. Esquemáticamente, la operación del sistema así concebido puede representarse de la siguiente manera:

**INGRESO => OPERADOR => EGRESO**

$$I_t \Rightarrow \beta \Rightarrow E_t \dots\dots\dots(10)$$

### 1.2.2.3. Cuenca Como Sistema Hidrológico

Para (Villon, 2002), es una superficie de terreno que drena hacia una corriente en un lugar dado y la división de aguas en una línea que separa dicha superficie de otras que drenan hacia otros causes, como se muestra en la Figura 6.

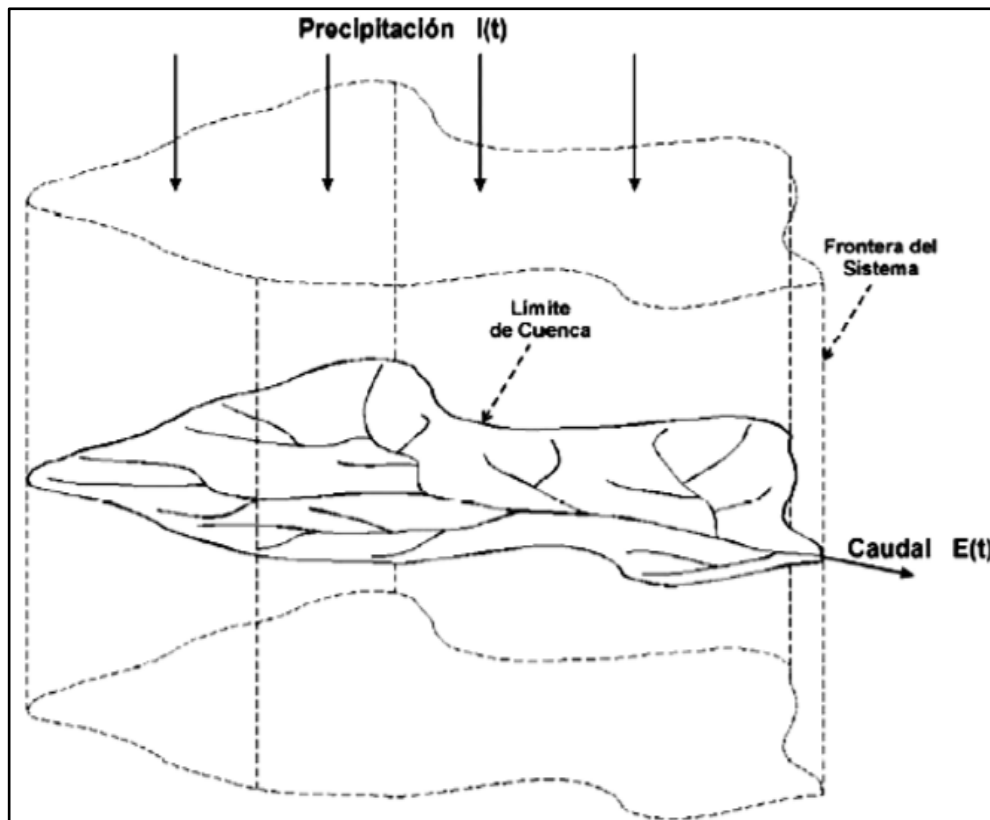


Figura 6: La Cuenca como un Sistema Hidrológico

Fuente: Máximo Villon

### 1.2.3. Precipitación

#### 1.2.3.1. Definición

Según (Villon, 2002), es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo en forma de:

- **Lluvias:** Gotas de agua con diámetro mayor a 0.5 mm.
- **Llovizna:** Pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 y 0.5 mm, las cuales tienen velocidades de caídas muy bajas
- **Granizadas:** Precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo, que se producen por nubes convectivas, pueden ser esféricas, cónicas o de forma irregular, su diámetro varía entre 5 y 125 mm.
- **Escarcha:** Capa de hielo por lo general transparente y suave pero que usualmente contiene bolsas de aire.



- **Nevadas:** Compuesta de cristales de hielo blanco translucido, principalmente de forma compleja.

Para (Heras, 1949), La precipitación está constituida por toda el agua, que de una u otra forma, es depositada en la superficie terrestre, por la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico. La precipitación puede ser en forma líquida (lluvia, rocío), o en forma sólida (nieve, granizo). La forma más común, y la que mayor interés tiene en la ingeniería, es la lluvia que viene a ser la causa de los más importantes fenómenos hidrológicos y su cuantificación correcta es uno de los desafíos que el hidrólogo o el ingeniero enfrentan.

### 1.2.3.2. Clasificación de la Precipitación

- **Precipitación de Convección.**

(Cahuana, 2009), menciona que la masa de aire caliente se eleva, el aire se enfría llegando hasta la condensación (formación de nubes) y dar origen a la precipitación (gotas de agua). Un claro ejemplo de este tipo de precipitación son las tormentas eléctricas al atardecer de días calurosos de aire húmedo. La precipitación convectiva es puntual y su intensidad puede variar entre aquellas que corresponden a lloviznas y aguaceros.

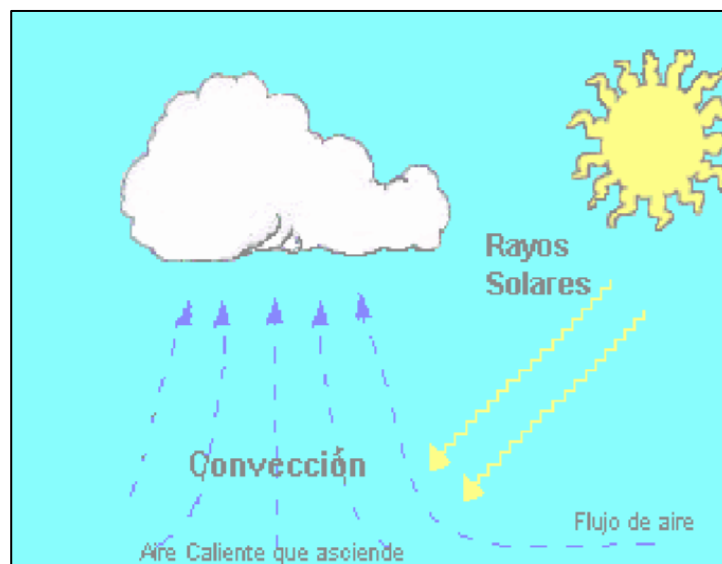


Figura 7: Precipitación de Convección

Fuente: Cahuana Andia, 2009

➤ **Precipitación Orográfica**

Para (Cahuana, 2009), se producen cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua es empujada por el viento hacia montañas, aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación como se muestra en la Figura 8.



Figura 8: Precipitación Orográfica

Fuente: Cahuana Andía, 2009

➤ **Precipitación ciclónica**

Según (Cahuana, 2009), se producen cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. Todas estas formas de originarse las lluvias, en la naturaleza se presentan combinadas, de modo que una lluvia determinada puede provenir de cualquiera de las formas o de la combinación de ellas.

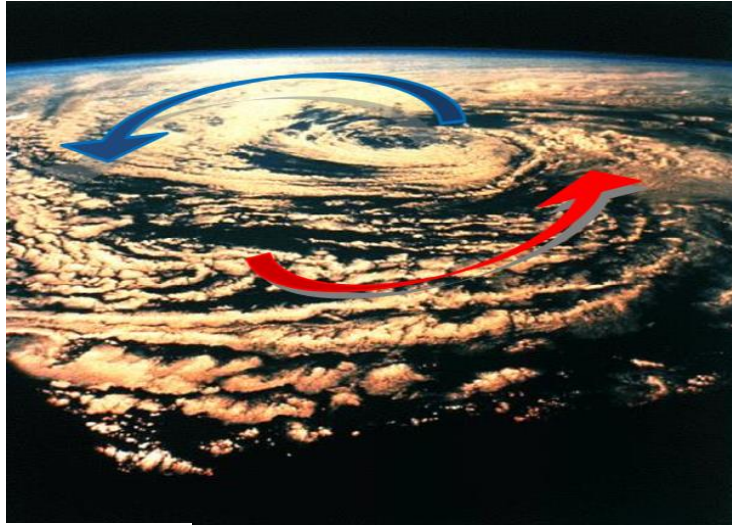


Figura 9: Precipitación Ciclónica

Fuente: Cahuana Andia, 2009

➤ **Medición de Precipitación.**

Según (Villon, 2002), la precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de Lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó.

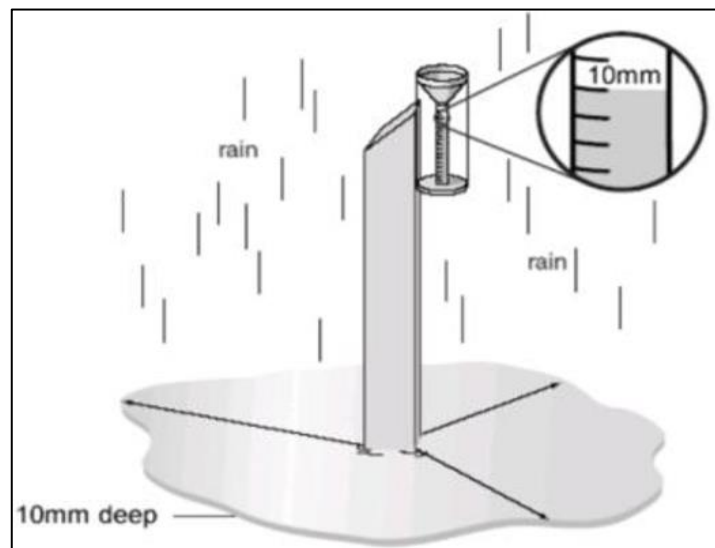


Figura 10: Medición de la Precipitación

Fuente: Cahuana Andia, 2009

Según (Villon, 2002), los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones en pluviómetros y pluviógrafos.

**a) Pluviómetro:**

Para (Villon, 2002), consiste en un recipiente cilíndrico de Lamina, de aproximadamente 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la sección de la tapa.

**b) Pluviógrafo:**

Para (Villon, 2002), es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas.

Cabe resaltar que en Perú, los registros de precipitación son registrados y procesados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), mediante su red de estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio Peruano.

➤ **Análisis de homogeneidad y consistencia**

(Cahuana, 2009) menciona que consiste en realizar un análisis de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que ha podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

#### **1.2.4. Temperatura**

(Aliaga Araujo, 1985) menciona que la temperatura es una consecuencia directa de la insolación y de la radiación, su determinación es fundamental para el cálculo de la evaporación. La temperatura es considerada como el factor determinante y decisivo de las diversas etapas del ciclo hidrológico y principalmente en el estudio de la evaporación.

Según Huamán Vidaurre (2013)

**a) Temperatura Diaria**

➤ **Temperatura mínima diaria:** Es la más baja del día.

➤ **Temperatura máxima diaria:** Es la mayor del día.

➤ **Temperatura media diaria:**

Si se utilizan los dos extremos (la máxima y la mínima del día) es la media aritmética. Si existe información continua se calcula la media aritmética de las temperaturas registradas al as 07 horas, 13 horas y 18 horas.

- **Oscilación diaria:** Es la diferencia de las temperaturas máxima diaria y mínima diaria.

#### **b) Temperatura Mensual**

- **Temperatura mínima media:** Es la media aritmética de las temperaturas mínimas diarias del mes.
- **Temperatura máxima media:** Es la media aritmética de las temperaturas máximas diarias del mes.
- **Temperatura media mensual:** Es la media aritmética de las temperaturas medias diarias del mes.
- **Oscilación media mensual:** Es la media aritmética de las oscilaciones diarias
- **Temperatura máxima absoluta mensual:** Es la más alta observada en el mes
- **Temperatura mínima absoluta mensual:** Es la más baja observada en el mes
- **Oscilación absoluta mensual:** Es la diferencia de las temperaturas máxima absoluta y mínima absoluta.

#### **c) Temperatura Media Anual**

- **Temperatura media anual:** Es la media aritmética de las temperaturas medias mensuales.
- **Temperatura máxima media anual:** Es la media aritmética de las temperaturas máximas de todos los meses.
- **Temperatura mínima media anual:** Es la media aritmética de las temperaturas mínimas de todos los meses.
- **Oscilación anual:** Diferencia de temperaturas medias del mes más cálido y del mes más frío.

### **1.3. Balance Hídrico**

Según (Pladeyra, 2003) indico que la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir,

comprender el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

Según Llorens (2003), La ecuación de Balance Hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca

Según (Galvez, 2011), del Balance Hidrológico, podemos conocer el estado de humedad de la cuenca la cual está asociado al aporte de precipitación recibida y descontando las pérdidas generadas, estamos en la condición de clasificar el tipo de año (húmedo , normal o seco). Pág. 20.

Según (Galvez, 2011) concluye que:

- Del agua que cae en un determinado sitio (**precipitación = PP**)
- Parte vuelve a la atmósfera ya sea por evaporación directa o por transpiración de la vegetación (**Evapotranspiración = ET**)
- Otra parte escurre por la superficie de la cuenca (**Escorrentía superficial = Esc**).

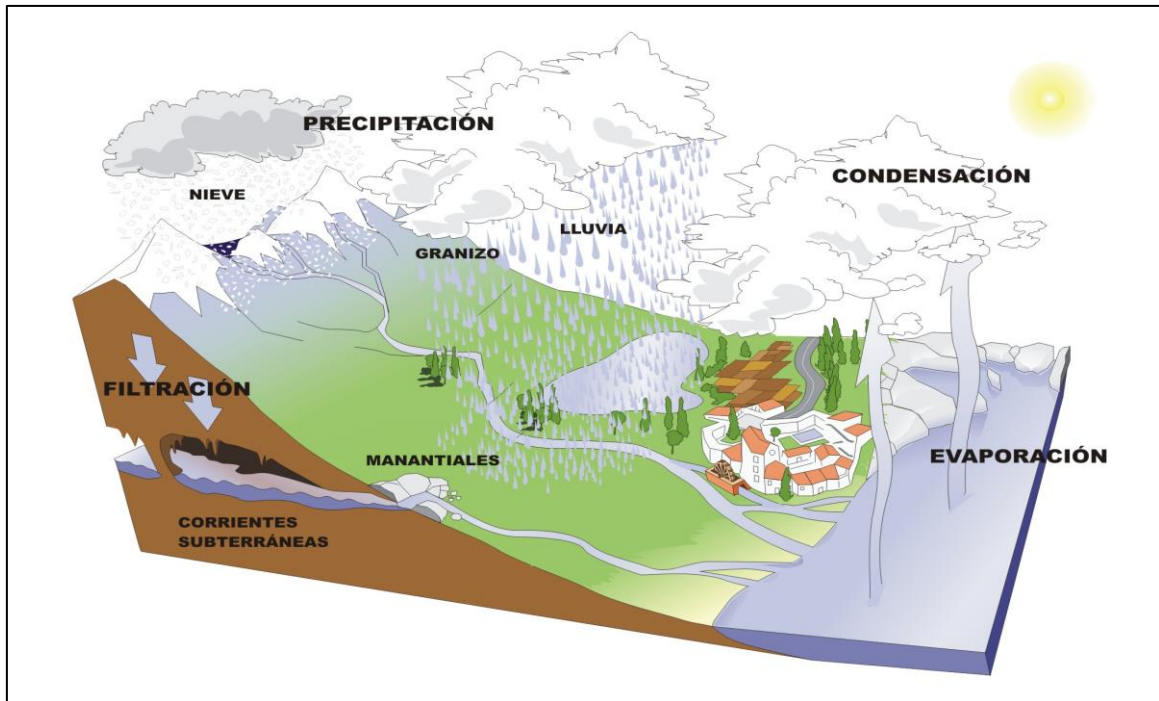


Figura 11: Balance Hídrico

Fuente: Proyectoeducere.wordpress.com

## 1.4. ANALISIS DE LOS DATOS DE PRECIPITACION

### 1.4.1. Estimación de datos faltantes.

(Cahuana, 2009), indica que Muchas veces las estaciones pueden dejar de registrar información en algunos periodos de tiempo, debido a fallas en los instrumentos o por ausencia del observador. Esta información dejada de registrar puede ser indispensable para el análisis de fenómenos que involucren la precipitación, por tanto, se han desarrollado algunos métodos sencillos para la estimación de la información pluviométrica faltante. En general, los datos de precipitaciones faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas. Para ello se utilizan los datos de las estaciones que si tienen los datos de los registros completos (“estaciones índices”), y se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio.

Según (Cahuana, 2009), En general, los datos de precipitaciones faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas. Para ello se utilizan los datos de las estaciones que si tienen los datos de los registros completos

(“estaciones índices”), y se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio.

Estimación de registros diarios y mensuales faltantes.

Entre los métodos de estimación de registros diarios y mensuales faltantes se tienen:

- Método del promedio aritmético.
- Método de la relación normalizada.
- Método del U. S. Nacional Weather Service.
- Método Racional Deductivo.

❖ **Método de la regresión normalizada.**

Para (Cahuana, 2009), La precipitación media anual (o mensual) de cualquiera de las estaciones auxiliares difiere en más de un 10% de la medida en la estación incompleta, el dato faltante será determinado por el método de la regresión normalizada. El dato faltante anual o mensual  $P_x$  será igual a:

$$P_x = \frac{1}{n} * \left( \frac{N_x}{N_1} * P_1 + \frac{N_x}{N_2} * P_2 + \dots + \frac{N_x}{N_n} * P_n \right) \dots\dots\dots(11)$$

Donde:

$N_x$  = precipitación media anual o mensual en la estación incompleta, (mm).

$N_1, N_2, \dots, N_n$  = precipitación media anual (o mensual) en las estaciones auxiliares 1, 2 y n, (mm).

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = precipitación anual (o mensual) observada en las estaciones 1, 2, ... y n para la misma fecha que la faltante, (mm). Cuando el método es aplicado para estimar datos mensuales, los valores de  $N_1, N_2$  y  $N_n$  corresponden al mes que se estima.

#### **1.4.2. Análisis de Consistencia**

Según (Villon, 2002), menciona que, el hidrólogo o especialista que desea desarrollar un estudio hidrológico debe buscar la información de la cuenca en estudio en las instituciones encargadas de su recopilación, pero una vez obtenido ésta, una de las interrogantes que se debe hacer, ¿es confiable la información disponible?



Piérola (1993) menciona que, es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica. Antes de utilizar la serie histórica para el moldeamiento es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente.

### 1.4.3. Precipitación Media

#### ➤ **Cálculo de la precipitación media sobre una zona**

Según (Villon, 2002), la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Los pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en la que está instalada el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual.

(Villon, 2002) menciona que:

- **Altura de precipitación diaria:** Es la suma de las lecturas observadas en un día.
- **Altura de precipitación media diaria:** Es el promedio aritmético de las lecturas observadas en un día.
- **Altura de precipitación mensual:** Es la suma de las alturas diarias, ocurridas en un mes.
- **Altura de precipitación media mensual:** Es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.
- **Altura de precipitación anual:** Es la suma de las alturas de precipitación mensual, ocurridas en un año.
- **Altura de precipitación media anual:** Es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondiente a un cierto número de años.

Según (Villon, 2002), para calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual, existen tres métodos de uso generalizado:

**a) Promedio aritmético**

Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de las precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona:

$$P_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots(12)$$

Donde:

$P_m$  = Precipitación Media de la Zona o Cuenca.

$P_i$  = Precipitación de la Estación  $i$

$n$  = Número de Estaciones dentro de la Cuenca.

La precisión de este criterio, depende de la cantidad de estaciones disponibles, de la forma como están localizadas, y de la distribución de la lluvia estudiada. Es el método más sencillo, pero solo da buenos resultados cuando el número de pluviómetros es grande.

**b) Polígono de Thiessen**

Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones.

El método consiste en:

1. Ubicar las estaciones, dentro y fuera de la cuenca.
2. Unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos (ángulos menores de 90°).
3. Trazar mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos.
4. Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedara rodeada por las líneas del polígono ( en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca). El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.
5. Calcular el área de cada estación.
6. Calcular la precipitación media, como el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i \dots \dots \dots (13)$$

**Donde:**

$P_{med}$  = Precipitación Media

$A_T$  = Área Total de la cuenca

$A_i$  = área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación  $i$ .

$P_i$  = precipitación de la estación  $i$ .

$n$  = número de estaciones tomadas en cuenta

**c) Isoyetas**

Para este método, se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación. Este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el plano de isoyetas. Se puede decir que si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel. Por supuesto, entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona en estudio, mayor será la aproximación con lo cual se trace el plano de isoyetas.

El método consiste en:

1. Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
2. Trazar las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a como se trazan las curvas de nivel.
3. Hallar las áreas  $A_1, A_2, \dots, A_n$  entre cada 2 isoyetas seguidas
4. Si  $P_0, P_1, \dots, P_n$  son las precipitaciones representadas por las isoyetas respectivas, calcular la precipitación media utilizando:

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i+1} + P_i}{2} A_i \dots \dots \dots (14)$$

**Donde:**

$P_{med}$  = Precipitación Media

$A_T$  = Area total de la cuenca

$P_i$  = Altura de precipitación de las Isoyetas  $i$

$A_i$  = área parcial comprendida entre las Isoyetas  $P_{i-1}$  y  $P_i$

$n$  = número de áreas Parciales

### 1.5. Evapotranspiración

Para Juan Ordoñez (2011), Es el total de agua convertido en vapor por una cobertura vegetal; incluye la evaporación desde el suelo, la evaporación del agua interceptada y la transpiración por los estomas de las hojas.

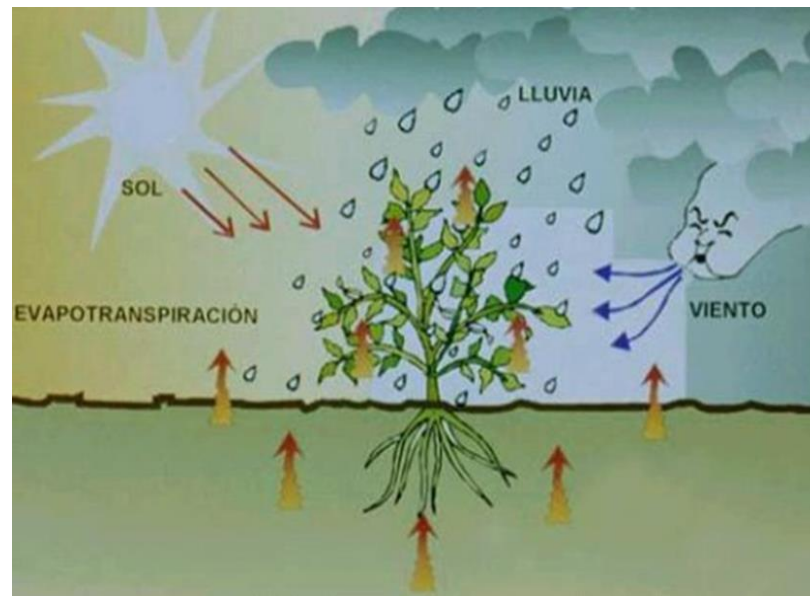


Figura 12: Evapotranspiración

Fuente: [www.eureka.ya.com](http://www.eureka.ya.com)

Según Ordoñez (2011) La evapotranspiración, es la combinación de dos procesos separados que originan pérdida de agua:

- **Evaporación:** Es el proceso por el cual el agua líquida es convertido en vapor de agua (vaporización). La energía requerida para cambiar el estado de las moléculas de agua a vapor es la radiación solar directa, la temperatura ambiental del aire.
- **Transpiración:** Consiste en la vaporización del agua líquida contenida en las plantas y el vapor removido a la atmósfera. La pérdida del agua es a través de las estomas de las plantas.

También Ordoñez (2011), menciona que La transpiración, depende de la energía radiante, gradiente de presión de vapor y viento, radiación, temperatura del aire,

humedad del aire y viento. La razón de la transpiración también está influenciada por, la característica de la vegetación, aspecto del ambiente y práctica de cultivo.

### **1.5.1. Métodos para estimar la evapotranspiración en una cuenca**

Para Cahuana Andia (2009), La evapotranspiración en una cuenca es considerada como la evaporación procedente de la superficie del agua, el suelo, la nieve, el hielo, la vegetación y de otras superficies, más la transpiración. No es posible medir la evapotranspiración directamente de una región de dimensiones importantes en condiciones naturales. Por esta razón, la estimación de la evapotranspiración para períodos largos de tiempo se calcula utilizando el método del balance hídrico y para valores a corto plazo mediante la utilización de relaciones empíricas. Los métodos pueden clasificarse en métodos directos e indirectos.

#### **a) Métodos directos**

Según Cahuana Andia (2009) Los fenómenos de evaporación de los suelos están íntimamente ligados a los fenómenos de infiltración de las aguas de lluvia y de riego, por lo que los estudios de ambos fenómenos son, a menudo, simultáneos. Además, los procedimientos de medida de la evaporación del suelo desnudo se aplican, igualmente, a la evaporación de un suelo cubierto de vegetación, o sea, a la medida de la transpiración de las plantas.

#### **b) Métodos indirectos o empíricos (Evapotranspiración potencial)**

Cahuana Andia (2009) indica que la mayor parte de estos métodos son demasiado teóricos ya que han sido deducidos bajo condiciones definidas entre regiones y su aplicación precisa de una serie de datos que generalmente no se tienen a la disposición. Por ejemplo el método de Thornthwaite calcula la evapotranspiración potencial mediante los datos existentes de las temperaturas medias mensuales, el de Turc utiliza la precipitación y temperatura medias de una cuenca, y los de Blaney y Criddle y Grassi y Christensen hacen uso de la radiación solar.

Método	Medidas necesarias	Otros datos
Thornthwaite	Temperatura	De la latitud por una tabla se obtiene el número de horas de
Jensen—Haise	Temperaturas, Altitud y Radiación Solar	Tablas de número teórico de horas de sol. La radiación solar
Blanney—Cridde	Temperatura	Tablas de número teórico de horas de sol. Coeficiente que depende del
Turc	Temperatura Horas de sol	De las hora de sol, se obtiene la radiación global incidente (cal/
Penman	Temperatura Hora de sol Velocidad de viento Humedad relativa	Por tablas se obtienen otros parámetros necesarios

Figura 13: Métodos empíricos para calcular la Evapotranspiración.

Fuente: [www.eureka.ya.com](http://www.eureka.ya.com)

#### ❖ Método de Thornthwaite

(Cahuana, 2009), indica que la fórmula se basa en la temperatura y en la latitud, útil para estimar la evapotranspiración potencial y tiene la ventaja de que la fórmula usa datos climatológicos accesibles (temperatura medias mensuales). El método ofrece buenos resultados en zonas húmedas con vegetación abundante. Thornthwaite, empíricamente halló las siguientes expresiones:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \dots\dots\dots(15)$$

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0.49239 \dots\dots\dots(16)$$

$$I = \sum_i^{12} \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \dots\dots\dots(17)$$

Donde:  $ET_0 = \frac{N}{12} * \frac{d}{30} * 16 * \left(\frac{10*t}{I}\right)^a \dots\dots\dots(18)$

**ET<sub>o</sub>**: Evapotranspiración potencial mensual, en mm/mes

**i**: Índice térmico mensual

**I**: Índice térmico anual

**t**: Temperatura media mensual del mes, en °C

**a**: Constantes a determinar, que dependen de cada lugar.

**N**: Número máximo de horas sol para el mes considerado, según la latitud  $\phi$ , el número de días del mes.

Se obtienen resultados aceptables en zonas húmedas con vegetación abundante, pero los errores aumentan en zonas áridas o semiáridas.

❖ **Método de Hargreaves**

$$ET_o = TMF * MF * CH * CE \dots \dots \dots (19)$$

**ET<sub>o</sub>** = Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

**MF** = Factor Mensual de latitud

**TMF** = Temperatura Media Mensual (°C)

**CE** =  $1 + 0.04*(E/2000)$

**CH** =  $0.166*(100 - HR)^{1/2}$ ; la formula CH se emplea para valores de  $HR > 64\%$ ,

CH=1

**E** = Altitud

No. de Orden	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2 788	2 177	2 354	2 197	2 137	1 990	2 091	2 216	2 256	2 358	2 254	2 265
2	2 317	2 136	2 357	2 182	2 108	1 956	2 050	2 194	2 251	2 372	2 263	2 301
3	2 353	2 154	2 360	2 167	2 079	1 922	2 026	2 172	2 246	2 386	2 290	2 337
4	2 385	2 172	2 362	2 151	2 050	1 888	1 993	2 130	2 240	2 398	2 318	2 372
5	2 416	2 189	2 363	2 134	2 020	1 854	1 960	2 126	2 234	2 411	2 345	2 407
6	2 447	2 205	2 363	2 117	1 980	1 820	1 976	1 103	2 226	2 422	2 317	2 442
7	2 478	2 221	2 363	2 099	1 959	1 785	1 893	2 078	2 218	2 433	2 397	2 476
8	2 508	2 237	2 362	2 081	1 927	1 750	1 858	2 054	2 210	2 433	2 423	2 510
9	2 358	2 251	2 360	2 062	1 896	1 715	1 824	2 028	2 201	2 453	2 448	2 544
10	2 567	2 266	2 357	2 043	1 864	1 679	1 789	2 003	2 191	2 462	2 473	2 577
11	2 596	2 279	2 354	2 023	1 832	1 644	1 754	1 976	2 180	2 470	2 497	2 610
12	2 625	2 292	2 350	2 002	1 799	1 608	1 719	1 950	2 169	2 477	2 520	2 643
13	2 652	2 305	2 345	1 981	1 767	1 572	1 684	1 922	2 157	2 484	2 543	2 675
14	2 680	2 317	2 340	1 959	1 733	1 536	1 648	1 895	2 144	2 490	2 566	2 706
15	2 707	2 328	2 334	2 937	1 700	1 500	1 612	1 867	2 131	2 496	2 588	2 738
16	2 734	2 339	2 317	1 914	1 666	1 464	1 576	1 838	2 117	2 500	2 610	2 769
17	2 760	2 348	2 319	1 891	1 632	1 427	1 540	1 809	2 103	2 504	2 631	2 799
18	2 785	2 359	2 311	1 867	2 598	1 391	1 504	1 780	2 088	2 508	2 651	2 830
19	2 811	2 368	2 302	1 843	1 564	1 354	1 467	1 750	2 072	2 510	2 671	2 859

Ilustración 14: Factor Mensual de Latitud - MF

Fuente: FAO, Irrigación and drainage paper (1977) Jesús A. Jaime Piñas

## 1.6. CALCULO DE CAUDALES MENSUALES (Modelo Determinístico – Estocástico de Lutz Scholz)

Según Lutz Schultz (1980) menciona que este modelo hidrológico, es combinado porque cuenta con una estructura determinístico para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso Markoviano - Modelo Estocástico).

(Ispilco, 2017), en la tesis “Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Hídrico en la Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017” menciona que determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas.



(Ispilco, 2017) menciona que los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

- a) Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de esorrentía promedio.
- b) Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
- c) Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior

Para (Ispilco, 2017), Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad etc.).

Los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos.

Según Lutz Scholz (1980), menciona que los conceptos en la que se fundamenta el modelo son los siguientes:

### 1.6.1. Ecuación del balance hídrico

Según Lutz Scholz (1980) menciona que La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la siguiente:

$$CMi = Pi - Di + Gi - Ai \dots \dots \dots (20)$$

Donde:

CMi = Caudal mensual (mm/mes)

Pi = Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)

Di = Déficit de escurrimiento (mm/mes)

$G_i$  = Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)

$A_i$  = Abastecimiento de la retención (mm/mes).

Lutz Scholz (1980) menciona que asumiendo para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir  $G_i = A_i$ , y para un año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación.

Reemplazando (P-D) por (C\*P), y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m<sup>3</sup>/seg) la ecuación anterior se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR \dots\dots\dots(21)$$

Que es la expresión básica del método racional.

Donde:

$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$c'$  = coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)

$C$  = coeficiente de escurrimiento

$P$  = Precipitación total mensual (mm/mes)

$AR$  = Área de la cuenca (m<sup>2</sup>).

### 1.6.2. Coeficiente de escurrimiento

Walter Mamani (2015) en la tesis “Generación de Descargas Medias Mensuales de La Cuenca del Rio Coata Mediante El Método Determinístico - Estocástico Lutz Scholz” denomina coeficiente de escurrimiento al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total). Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial. El coeficiente de escorrentía varía a lo largo del tiempo y es función de las características del terreno (naturaleza, vegetación, permeabilidad, inclinación y humedad inicial del suelo) y de la zona (temperatura, intensidad y duración de la precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, horas de sol y dimensiones de la cuenca). Los factores indicados se influyen mutuamente, siendo complicado el análisis aislado de cada uno de ellos.

Existen muchos métodos para su determinación, entre ellas se puede citar a la fórmula propuesta por L. Turc:

$$C = \frac{P-D}{P} - \frac{D}{P} \dots\dots\dots(22)$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación Total anual (mm/año)

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

### 1.6.3. Precipitación Efectiva (Pe).

Según (Vásquez, 2000), dice que, durante el proceso de almacenamiento hídrico del reservorio “suelo”, la precipitación o pluvial constituye un alto porcentaje (en algunos casos el total) del contenido de agua en el suelo; Pero parte de la lluvia de que dispone la planta para su desarrollo es únicamente una fracción de ésta; la otra parte se pierde por escorrentía, percolación profunda o evaporación.

**PP efect.** = 0.60 PPtotal – 10 (para PP total < 70 mm/mes).

**PP efect.** = 0.80 PPtotal – 24 (para PP total > 70 mm/mes).

**Donde:**

PP efect : precipitación efectiva

PP total : precipitación total

Para la determinación de la precipitación efectiva se utilizan usualmente los siguientes métodos:

#### a. Método del UDSA Soil Conservation Service

(Cahuana, 2009), indica que El método propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Servicio de Conservación de Suelos (UDSA Soil Conservation Service), se fundamenta en los siguientes supuestos:

- La eficiencia de las lluvias disminuye cuando la precipitación aumenta.
- Para valores de precipitación inferiores a 100 mm/mes, la eficiencia será del 80% aproximadamente, En consecuencia se sugiere un porcentaje fijo de precipitación.

La precipitación efectiva mediante este método se calcula con las siguientes ecuaciones:

$P_{ef} = P_{tot} ((125 - 0.2 P_{tot})/125)$ ; para  $P_{tot} < 250$  mm.

$P_{ef} = 125 + 0.1 P_{tot}$  ; para  $P_{tot} > 250$  mm.

Donde:

Pef : precipitación efectiva.

Ptot : precipitación total.

Según Lutz Schultz (1980), Menciona que para el cálculo de la Precipitación Efectiva, se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calcula para un coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escorrentía. Para estudios hidrológicos se toma como precipitación efectiva la parte de la precipitación total mensual, que corresponde al déficit según el método del USBR, precipitación efectiva hidrológica es el antítesis de la precipitación efectiva para los cultivos. A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha determinado el polinomio de quinto grado:

$$PE = a_0P + a_1P^2 + a_2P^3 + a_3P^4 + a_5P^5 \dots\dots\dots(23)$$

Donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

ai = Coeficiente del polinomio.

#### 1.6.4.Retención de la cuenca.

Walter Mamani (2015) en la tesis “Generación de Descargas Medias Mensuales de La Cuenca del Rio Coata Mediante El Método Determinístico - Estocástico Lutz Scholz” indica que: Bajo la suposición de que exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$R_i = CM_i - P_i \dots\dots\dots(24)$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \dots\dots\dots(25)$$

Donde:

- $CM_i$  = Caudal mensual (mm/mes)
- $PE_i$  = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)
- $R_i$  = Retención de la cuenca (mm/mes)
- $G_i$  = Gasto de la retención (mm/mes)
- $A_i$  = Abastecimiento de la retención (mm/mes)
- $R_i = G_i$ , para valores mayores que cero (mm/mes)
- $R_i = A_i$  para valores menores que cero (mm/mes).

Jhey mi Julcamoro, (2017) En la tesis “Evaluación de La Disponibilidad del Recurso Hídrico en La Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia De San Miguel – Cajamarca, 2017” menciona que Sumando los valores de G o A respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio, que para el caso de las cuencas de la sierra varía de 43 a 188 (mm/año). Esta ecuación se realiza básicamente para la calibración de la retención de la cuenca. En cuencas de la sierra, la retención varía de: 43 a 188 (mm/año), resultados que se indican en el volumen del modelo, asimismo muestran una uniformidad del cambio de los valores G y A durante el año para las cuencas pertenecientes a la misma región.

$$R = (Ca * AR * LA + AL * LL + AN * LN) / AR \dots\dots\dots(26)$$

Donde:

- R : Retención de la cuenca (mm/año)
- Ca : Coeficiente (15% - 30%)
- AR : Área de la cuenca (Km2)

LA : Almacenamiento de acuíferos (mm/año)

AL : Área de las lagunas (Km<sup>2</sup>)

LL : Almacenamiento de lagunas y pantanos (mm/año)

AN : Área de los nevados (Km<sup>2</sup>)

LN : Almacenamiento de nevados (mm/año)

### 1.6.5. Relación entre descargas y retención.

Walter Mamani (2015) en la tesis “Generación de Descargas Medias Mensuales de La Cuenca del Rio Coata Mediante El Método Determinístico - Estocástico Lutz Scholz” menciona que; Durante la estación seca, el gasto de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal o descarga básica. La reserva o retención de la cuenca se agota al final de la estación seca; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t)} \dots\dots\dots(27)$$

**Donde:**

**Qt** = Descarga en el tiempo t

**Qo** = Descarga inicial

**α** = Coeficiente de agotamiento

**t** = tiempo

Walter Mamani (2015) indica que Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. En base a los hidrogramas se ha determinado que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa continuando de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha estación. Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos.

### 1.6.6. Coeficiente de agotamiento.

(Mamani, 2015), En la tesis “Generación de Descargas Medias Mensuales de La Cuenca del Rio Coata Mediante El Método Determinístico - Estocástico Lutz Scholz”, indica que este coeficiente no es constante durante toda la estación seca, ya que va disminuyendo gradualmente. Con fines prácticos se puede despreciar la variación del coeficiente " $\alpha$ " durante la estación seca empleando un valor promedio. El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca. El análisis de las observaciones disponibles muestra, además cierta influencia del clima, la geología y la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

(Ispilco, 2017), En la tesis “Evaluación de La Disponibilidad del Recurso Hídrico en La Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia De San Miguel – Cajamarca, 2017” menciona que en principio, es posible determinar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos sucesivos en el río durante la estación seca; sin embargo cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para la determinación del coeficiente " $\alpha$ " para cuatro clases de cuencas:

- a) **Cuencas con agotamiento muy rápido:** Debido a temperaturas elevadas ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) y retención que va de reducida (50 mm/año) a mediana (80 mm/año):

$$\alpha = -0.00252 * \ln(AR) + 0.034 \dots\dots\dots(28)$$

- b) **Cuencas con agotamiento rápido:** Retención entre 50 - 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna):

$$\alpha = -0.00252 * \ln(AR) + 0.030 \dots\dots\dots(29)$$

c) **Cuencas con agotamiento mediano:** Cuya retención es alrededor de (80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados):

$$\alpha = -0.00252 * \ln(AR) + 0.026 \dots \dots \dots (30)$$

d) **Cuencas con agotamiento reducido:** Debido a la alta retención (> 100 mm/año) y vegetación mezclada:

$$\alpha = -0.00252 * \ln(AR) + 0.023 \dots \dots \dots (31)$$

Donde:

$\alpha$ : Coeficiente de Agotamiento

**AR:** Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

**1.6.7. Gasto de la retención “Gi”**

(Ispilco, 2017), En la tesis “Evaluación de La Disponibilidad del Recurso Hídrico en La Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia De San Miguel – Cajamarca, 2017” indica que; Es el volumen de agua que entrega la cuenca en los meses secos bajo un determinado régimen de entrega. Al régimen de entrega del gasto de la retención se le denomina: coeficientes de agotamiento “bi”. El Gasto de la Retención es el aporte a la escorrentía de las aguas subterráneas en los meses de estiaje y se calcula mediante la ecuación:

$$G_i = \frac{b_0}{b_m} * R \dots \dots \dots (32)$$

**Donde:**

**R :** Retención de la cuenca.

**bo :** Relación entre la descarga del mes actual y del mes anterior.

**bm :** Suma de factores mensuales durante la estación de estiaje ( $\sum bo_i$ ).



**boi** : Relación entre el caudal del mes “i” y el caudal inicial ( $Q_i / Q_0$ ).

#### **1.6.8. Abastecimiento de la retención “ Ai ”**

(Mamani, 2015), En la tesis “Generación de Descargas Medias Mensuales de La Cuenca del Rio Coata Mediante El Método Determinístico - Estocástico Lutz Scholz” , menciona que; El abastecimiento durante la estación lluviosa es uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En la región del Cusco el abastecimiento comienza en el mes de noviembre con 5%, alcanzando hasta enero el valor del 80 % del volumen final. Las precipitaciones altas del mes de febrero completan el 20 % restante, y las precipitaciones efectivas del mes de marzo escurren directamente sin contribuir a la retención. Los coeficientes mensuales expresados en porcentaje del almacenamiento total anual se muestran en el cuadro 4.

(Ispilco, 2017), En la tesis “Evaluación de La Disponibilidad del Recurso Hídrico en La Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia De San Miguel – Cajamarca, 2017” Es el volumen de agua que almacena la cuenca en los meses lluviosos bajo un determinado régimen de almacenamiento. Al régimen de almacenamiento del abastecimiento de la retención se le denomina: **coeficientes de abastecimiento “ai”**.

Comparando cuencas vecinas respecto a la lámina de agua que entra en la retención de la cuenca, se puede demostrar que el abastecimiento durante la estación lluviosa es casi uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática. En las regiones situadas más al norte se muestra la influencia del clima ecuatorial de transición, allí el abastecimiento empieza en el mes de octubre con 10% hasta 20%.

Tabla 2

Los coeficientes mensuales del almacenamiento total anual.

MESES DEL AÑO (ai) %							
Región	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Total
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100
Cuzco	0	5	35	40	20	0	100
Huancavelica	10	0	35	30	20	5	100
Junín	10	0	25	30	30	5	100

Fuente: PLAN MERIS II – Parámetros de calibración para la sierra Peruana - LUTZ SCHULTZ

La lámina de agua ( $A_i$ ) que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la precipitación efectiva. Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a(\%) * R \dots\dots\dots(33)$$

Donde:

**$A_i$**  : Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva

**$a_i$**  : Coeficiente de abastecimiento (%)

**$R$**  : Retención de la cuenca (mm/año)

**1.6.9. Caudal mensual para el año promedio**

(Ispilco, 2017), En la tesis “Evaluación de La Disponibilidad del Recurso Hídrico en La Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia De San Miguel – Cajamarca, 2017” indica que, La lámina de agua que corresponde al caudal mensual para el año promedio se calcula según la ecuación básica siguiente del balance hídrico a partir de los componentes descritos anteriormente.

$$CM_i = PE_i + Gi - A \dots\dots\dots(34)$$

Dónde:

**CMi:** Caudal del mes “i” (mm/mes)

**PEi:** Precipitación Efectiva del mes “i” (mm/mes)

**Gi:** Gasto de la retención del mes “i” (mm/mes)

**Ai:** Abastecimiento de la retención del mes “i” (mm/mes)

### 1.6.10. Generación de caudales para periodos extendidos

(Mamani, 2015), En la tesis “Generación de Descargas Medias Mensuales de La Cuenca del Rio Coata Mediante El Método Determinístico - Estocástico Lutz Scholz”, menciona que, a fin de generar una serie sintética de caudales para períodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden, según las ecuaciones anteriores con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva:

Ecuación general del modelo markoviano:

$$Q_t = (Q_{t-1}) \dots \dots \dots (35)$$

La variable de impulso considerada la precipitación efectiva:

$$Q = (PE_t) \dots \dots \dots (36)$$

Con la finalidad de aumentar el rango de los valores generados y obtener una aproximación cercana a la realidad, se utiliza, además, una variable aleatoria.

$$Z = (S) * \sqrt{(1 - r^2)} * z \dots \dots \dots (37)$$

Finalmente, la ecuación integral para la generación de caudales mensuales combinando los componentes citados, se escribe a continuación:

$$Q_t = B_1 + B_2 * Q_{t-1} + B_3 * P_{Et} + (S) * \sqrt{(1 - r^2)} * z \dots\dots\dots(38)$$

Donde:

$Q_t$  : Caudal del mes “t”.

$Q_{t-1}$  : Caudal del mes anterior.

$P_{Et}$  : Precipitación efectiva del mes “t”.

$B_1$  : Factor constante o caudal básico.

$B_{2,3}$  : Parámetros del modelo para el año promedio.

$S$  : Desviación estándar de los residuos.

$r$  : Coeficiente de correlación múltiple.

$z$  : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año “t”.

El proceso de generación requiere de un valor inicial ( $Q_{t-1}$ ), el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

- ❖ Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo.
- ❖ Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes.
- ❖ Empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor ( $Q_0$ ), sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

Los valores de los coeficientes  $B_{1,2,3}$ ,  $S$ ,  $r$  se calculan al desarrollar la regresión múltiple con los datos de caudales mensuales para el año promedio.

Por motivos didácticos se presenta la metodología del análisis de regresión múltiple:

• **Regresión Múltiple**

(Ispilco, 2017), En la tesis “Evaluación de La Disponibilidad del Recurso Hídrico en La Microcuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia De San Miguel – Cajamarca, 2017” indica que, Se calculan los parámetros  $B_{1,2,3}$ ,  $S$ ,  $r$  sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio, mediante el cálculo de regresión con “ $Q_t$ ” como valor dependiente y “ $Q_{t-1}$ ,  $PE_t$ ” como valores independientes.

Mes	$Q_t$	$Q_{t-1}$	$PE_t$
Enero	$Q_1$	$Q_{12}$	$PE_1$
Febrero	$Q_2$	$Q_1$	$PE_2$
Marzo	$Q_3$	$Q_2$	$PE_3$
Abril	$Q_4$	$Q_3$	$PE_4$
Mayo	$Q_5$	$Q_4$	$PE_5$
Junio	$Q_6$	$Q_5$	$PE_6$
Julio	$Q_7$	$Q_6$	$PE_7$
Agosto	$Q_8$	$Q_7$	$PE_8$
Setiembre	$Q_9$	$Q_8$	$PE_9$
Octubre	$Q_{10}$	$Q_9$	$PE_{10}$
Noviembre	$Q_{11}$	$Q_{10}$	$PE_{11}$
Diciembre	$Q_{12}$	$Q_{11}$	$PE_{12}$

Figura 15: Series para la regresión

Fuente: Jheyimi Julcamoro

## **II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **2.1.Objetivo General:**

Estimar la disponibilidad del recurso hídrico de la cuenca del río Amojú en la ciudad de Jaén, aplicando el modelo Determinístico –Estocástico de Lutz Scholz.

### **2.2. Objetivos específicos:**

- a) Conocer las precipitaciones efectivas mensuales de la cuenca del río Amojú.
- b) Determinar la retención de la cuenca del río Amojú y clasificarla según este valor.
- c) Calcular los caudales mensuales de la cuenca del río Amojú a través de los años para un periodo extendido.

## **III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1.Ubicación Geográfica**

Latitud Sur : 5°42'46.71"

Longitud Oeste : -78°50'10.63"

### **3.2. Área de Estudio**

Según Suclupe, (2007) El río Amojú, se encuentra ubicado en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Esta micro cuenca se forma en la cordillera Huamantanga, por la unión de las quebradas Huamantanga, Rinconada Lajeña y La Cascarilla; formando la Quebrada Miraflores (a la altura del caserío Miraflores); luego se une a la Quebrada La Virginia, y en su unión con la Quebrada Las Naranjas, forma el río Amojú; desembocando finalmente en el río Marañón.

### 3.3. Hidrografía del Río Amojú

Según Suclupe, (2007) El Río Amojú recorre la cuenca de oeste a este y tienen su punto de origen en El bosque de “Huamantanga” es un bosque de neblina, tiene la capacidad para capturar el vapor de agua de la atmósfera, hacia manantiales y quebradas como la de La Rinconada, San José de la Alianza, La Cascarilla, El Coto, etc. que dan origen al río Amojú, a partir del cual inicia un recorrido de 32 Km., aproximadamente, hasta desembocar en el río Marañón, Afluente del Amazonas en el distrito de Bellavista.

#### a) Demarcación Política:

Políticamente la microcuenca se encuentra en:

- ❖ **Departamento:** Cajamarca.
- ❖ **Provincia :** Jaén.
- ❖ **Distrito :** Jaén.

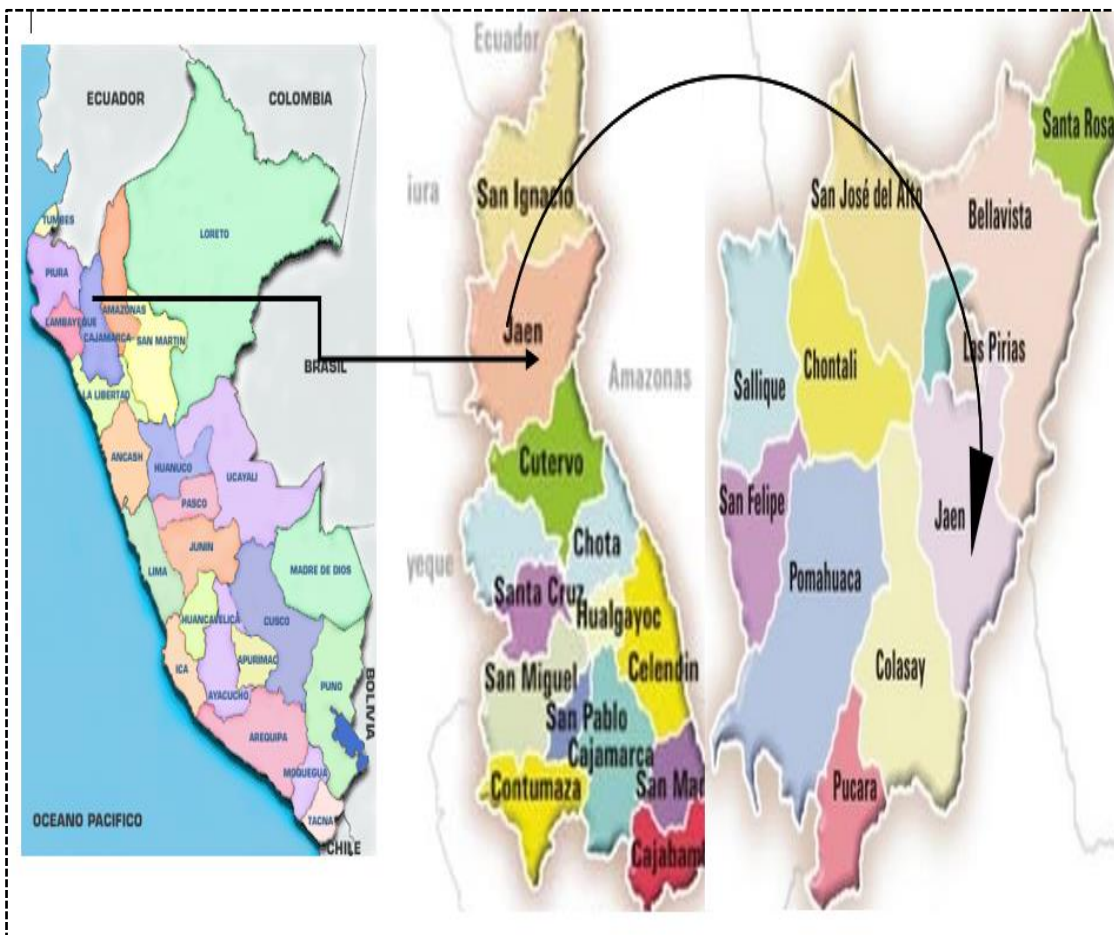


Figura16: Demarcación Política de La Cuenca del Río Amojú

Fuente: Elaboración Propia

**b) Demarcación Hidrográfica:**

La Cuenca del Río Amojú tiene como límites:

**Por el Norte:** Inter cuenca Alto Marañón II.

**Por el Sur:** Cuenca Chamaya y Inter cuenca Alto Marañón III.

**Por el Este:** Cuenca Chamaya

**Por el Oeste:** Inter cuenca alto Marañón III



Figura 17: Demarcación Hidrográfica de La Cuenca del Río

Fuente: Elaboración propia



### **3.4. Tipo de Investigación**

#### **a) Según su finalidad**

Es aplicada, porque tiene el propósito conocer la disponibilidad hídrica de la cuenca para una mejor planificación de su uso.

#### **b) Según su diseño**

Tiene un diseño Descriptivo; la disponibilidad hídrica se determinará aplicando el modelo determinístico-estocástico de Lutz Scholz.

#### **c) Según su enfoque**

Se contempla la investigación desde un enfoque cuantitativo, los cálculos numéricos de la disponibilidad hídrica permitirán una mejor planificación de su recurso hídrico de la cuenca del río Amojú.

### **3.5. Materiales.**

➤ Estaciones Meteorológicas. (Datos Meteorológicos Obtenidos del SENAMHI)

#### **1. Estación de Jaén.**

- Altitud: 618 m.s.n.m.
- Latitud: 5°40'35.89"
- Longitud: 78°46'27.05"

#### **2. Estación de La Cascarilla**

- Altitud: 1991 m.s.n.m.
- Longitud: 78°53'51.6"

#### **3. Estación de Chontali**

- Altitud: 1626.5 m.s.n.m.
- Latitud: 5°38'38"
- Longitud: 78°5'24"

➤ GPS, Cámara Fotográfica.

➤ Programa de computo Microsoft Office para el análisis de la información estadística, redacción y presentación de la tesis.

➤ Softwares: ArcMap 10.3.

### **3.6. Métodos**

Método Descriptivo

#### **3.6.1. Línea de Investigación**

Hidrología

### **3.7. Recopilación De Datos En Campos**

- ❖ Se utilizó un equipo GPS, para tomar la coordenada de partida de la cuenca en estudio.
- ❖ Se utilizó como herramienta para todo este proceso el software ArcGIS 10.3 para delimitar la cuenca desde la coordenada tomada con el GPS desde la parte céntrica del ancho del río Amojú.
- ❖ Se procesó los datos de la cuenca y luego se trabajó en el Excel aplicando las fórmulas correspondientes para determinar todos los parámetros de la cuenca, empleando las mismas metodologías, para cada caso (área, perímetro, altitud media, categorización de la red hidrográfica, etc.).
- ❖ Estimación de la pendiente de la cuenca usando el criterio de Horton mediante su ecuación.
- ❖ Estimación de la altitud media sobre el nivel del mar, mediante el método de las áreas.
- ❖ Se estimó la Jerarquización de la red hidrográfica siguiendo el criterio de Horton.

### **3.8. Recopilación de la información meteorológica**

En la cuenca del río “Amojú” existen varias estaciones meteorológicas, las mismas que fueron instaladas por el Senamhi.

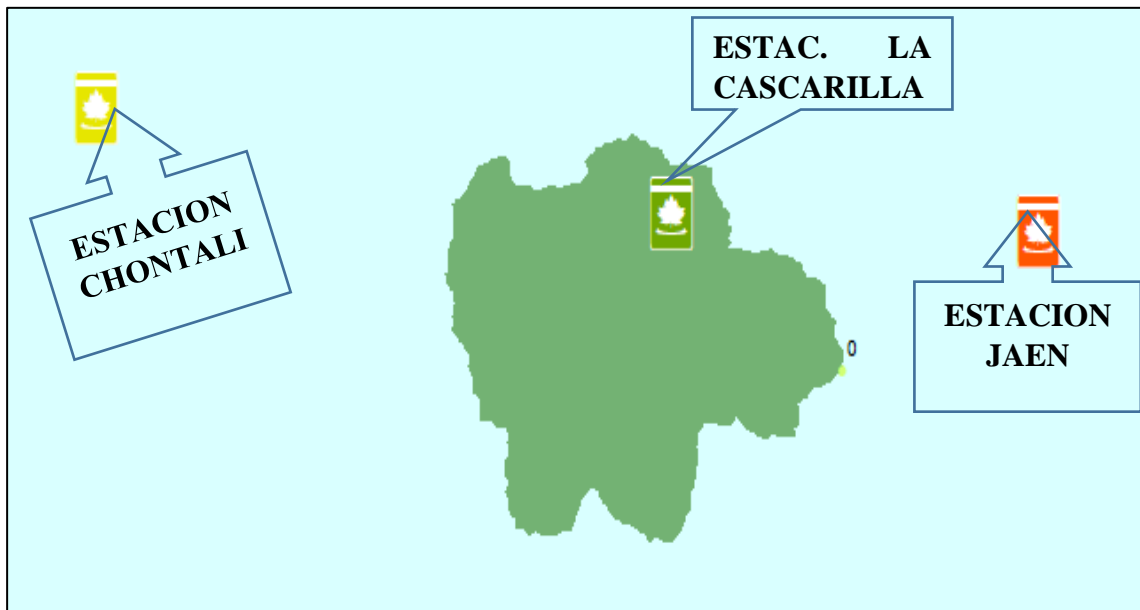


Figura 18: Ubicación de las estaciones meteorológicas en la cuenca del río Amojú.

Fuente: Elaboración Propia

El registro con que se cuenta es de precipitaciones mensuales, con un registro histórico de 22 años, los periodos de registro de dichas estaciones se presentan en las tablas: (Ver tablas del anexo A.1).

Se solicitó al SENAMHI, la data de datos meteorológicos ( precipitaciones mensuales, temperatura media y humedad relativa), de la tres estaciones en mención

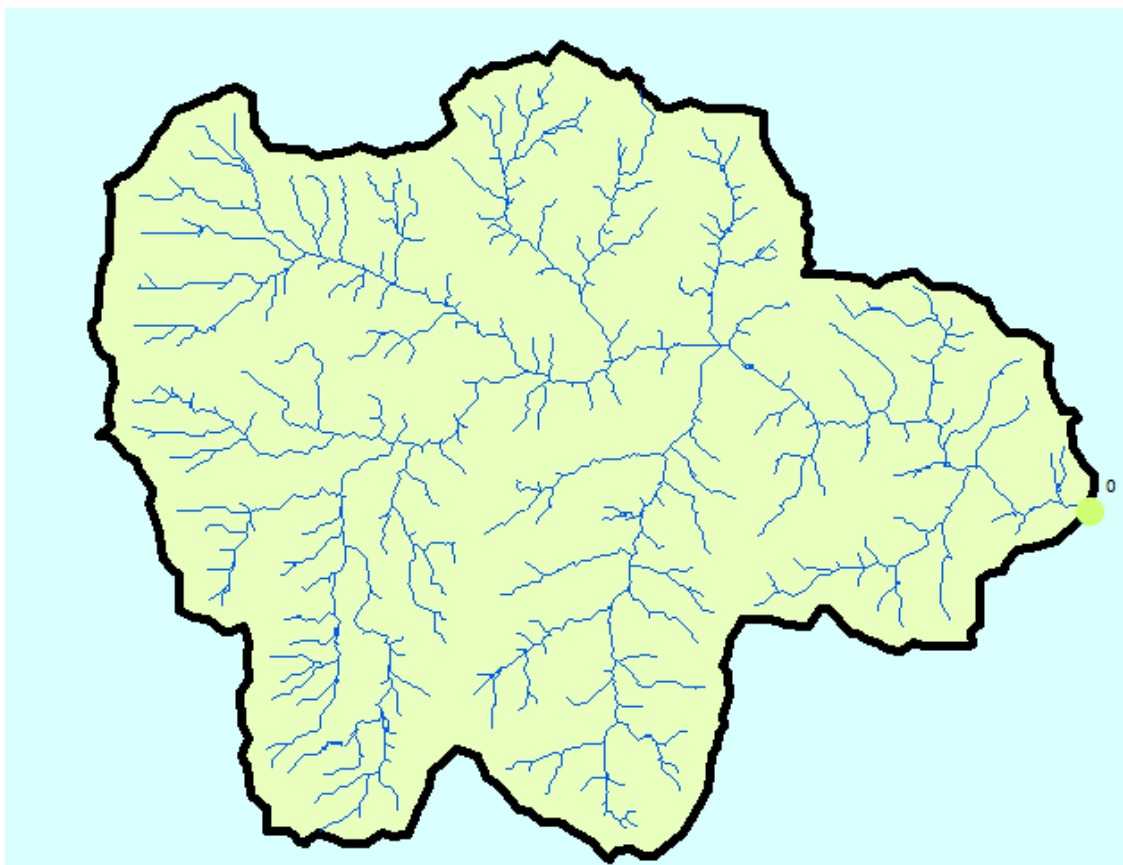
La información que me fue brindada por el SENAMHI fue procesada mediante los parámetros estadísticos (media, Desv. Estándar) de tal forma que estén aptos para el cálculo de los caudales mensuales

Se tomo como la estación principal para la continuación del análisis a la estación **LA CASCARILLA**, por estar ubicada dentro del territorio delimitado de la cuenca.

## IV. RESULTADOS.

### 4.1. DELIMITACION DE LA CUENCA

Se utilizo el programa Arc Gis, para la delimitación de la cuenca del Rio Amojú y determinar sus parámetros geomorfológicos de dicha cuenca.



*Figura 19: Delimitación de la Cuenca Amojú.*

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de los parámetros geomorfológicos ayudó a comparar el comportamiento de la precipitación y del escurrimiento, así mismo al realizar el análisis estadístico permitió inferir la importancia que tienen los lagos y lagunas para mantener el régimen de los caudales de la cuenca en estudio.

Del análisis geomorfológico se puede notar las siguientes tendencias fisiográficas:

- ❖ El área de la cuenca tiene una aproximación de 114 km<sup>2</sup>. Teniendo un largo de 16.46 km y ancho promedio de 12.41 km respectivamente.
- ❖ El Coeficiente de Gravelius resultó 1.38, clasificando a la cuenca en Oblonga, este valor indica que hay menores riesgos de inundaciones frente a tormentas extremas.
- ❖ El factor de forma está alrededor de 0.42 indicando que la microcuenca tiene mayor desarrollo en su “Ancho” es decir la precipitación se produce en forma simultánea en toda la cuenca ni tampoco con la misma intensidad, debido a lo cual las concentraciones de las intensidades de la precipitación no son constantes.
- ❖ La altitud media se ubica a una altura de 2039 msnm siendo un parámetro clave en el cálculo de las precipitaciones y en la degradación del suelo.
- ❖ La pendiente del cauce principal resultó 6.69 %, siendo clave para determinar el almacenamiento hídrico.
- ❖ El orden de corriente es de 5 y la densidad de drenaje es 2.04 km/ km<sup>2</sup>, estos indicadores categorizan a la microcuenca con capacidad de drenaje regular, lo cual está relacionado con el tipo de suelo y la cobertura vegetal.

Se calculo todos los parámetros de la Cuenca del Rio Amojú, lo que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

*Principales Parámetros de La Cuenca Amojú.*

<b>PARAMETROS GEOMETRICOS</b>		
Área de Cuenca	km <sup>2</sup>	114.00
	ha	11400.30
Perímetro	km	52.30
Cota Máxima de la Cuenca	m	3150
Cota de Salida	m	900
<b>PARAMETROS MORFOLOGICOS</b>		
Largo	m	16465.19
Ancho	m	12409.23
Forma de la Cuenca		0.42
Coefficiente de Compacidad de Gravelius		1.38
<b>CENTROIDE (PSC: WGS 1984 UTM ZONA 17S)</b>		
X Centroide de la cuenca	m	731132.29
Y Centroide de la cuenca	m	9369119.08
Z Centroide de la cuenca	m	861
<b>PARAMETROS DE RELIEVE</b>		
Altura Promedio por el método de la curvas	m	1969.00
Altura Promedio por el método de las áreas	m	2082.21
Altura Promedio por el método de la curva Hipsométrica	m	2039
Altura Mas Frecuente	m	2050
Pendiente Media de la Cuenca	%	8.00
<b>PARAMETROS DE LA RED HIDRICA</b>		
Longitud del Cauce Principal	km	13.98
Orden del Cauce Principal		5
Longitud de la Red Hídrica	km	232.89
Densidad de Drenaje	km/km <sup>2</sup>	2.04
Tiempo de Concentración	min	33.34
Velocidad Media del cauce	m/s	6.99
Altura Máxima del Cauce Principal	m	1816
Pendiente Media del Cauce Principal	%	6.68

Fuente: Elaboración Propia

### ❖ **Altura Media**

Para determinar la altura media se aplicó tres métodos:

- ❖ Altura Promedio por el método de la curvas
- ❖ Altura Promedio por el método de las áreas
- ❖ Altura Promedio por el método de la curva Hipsométrica.

Se tomo la altura media mediante el método de la curva hipsométrica que se muestra en la grafica

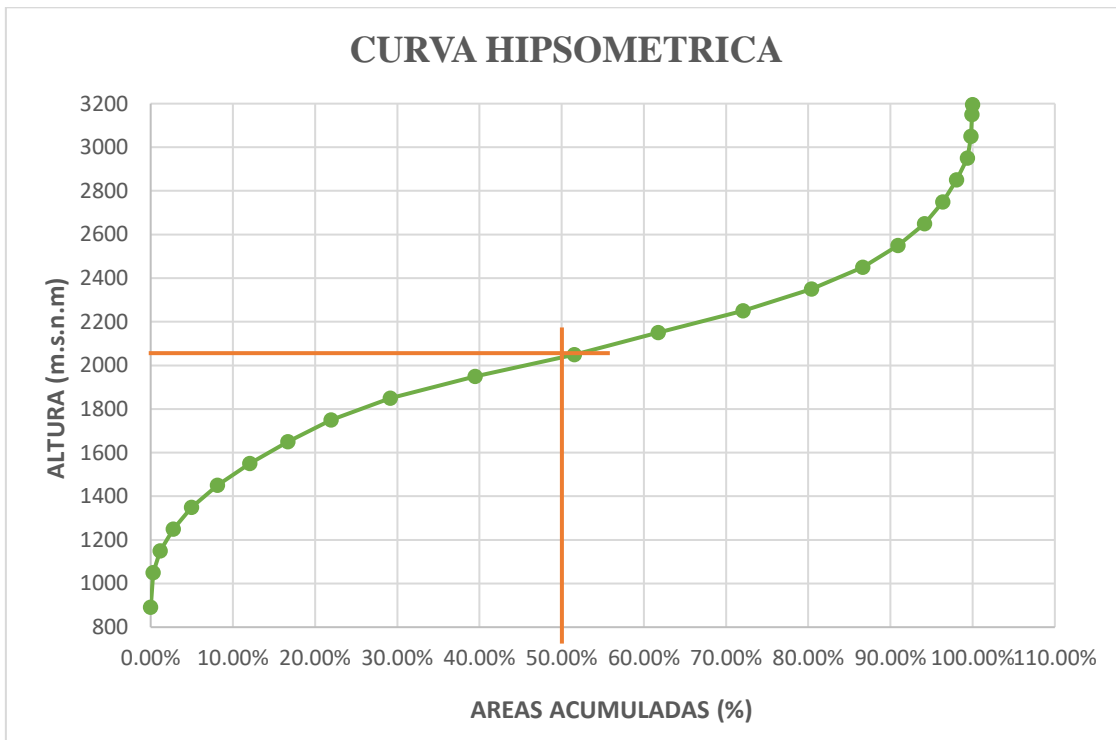


Figura 20: Curva Hipsométrica.

Fuente: Elaboración Propia.

### ❖ **Longitud del Cauce Principal.**

Esta medida se determinó en el programa Arc GIS, la sumatoria de los tramos de mayor orden en este caso la cuenca tiene un orden de 5. En la figura se puede apreciar el recorrido de

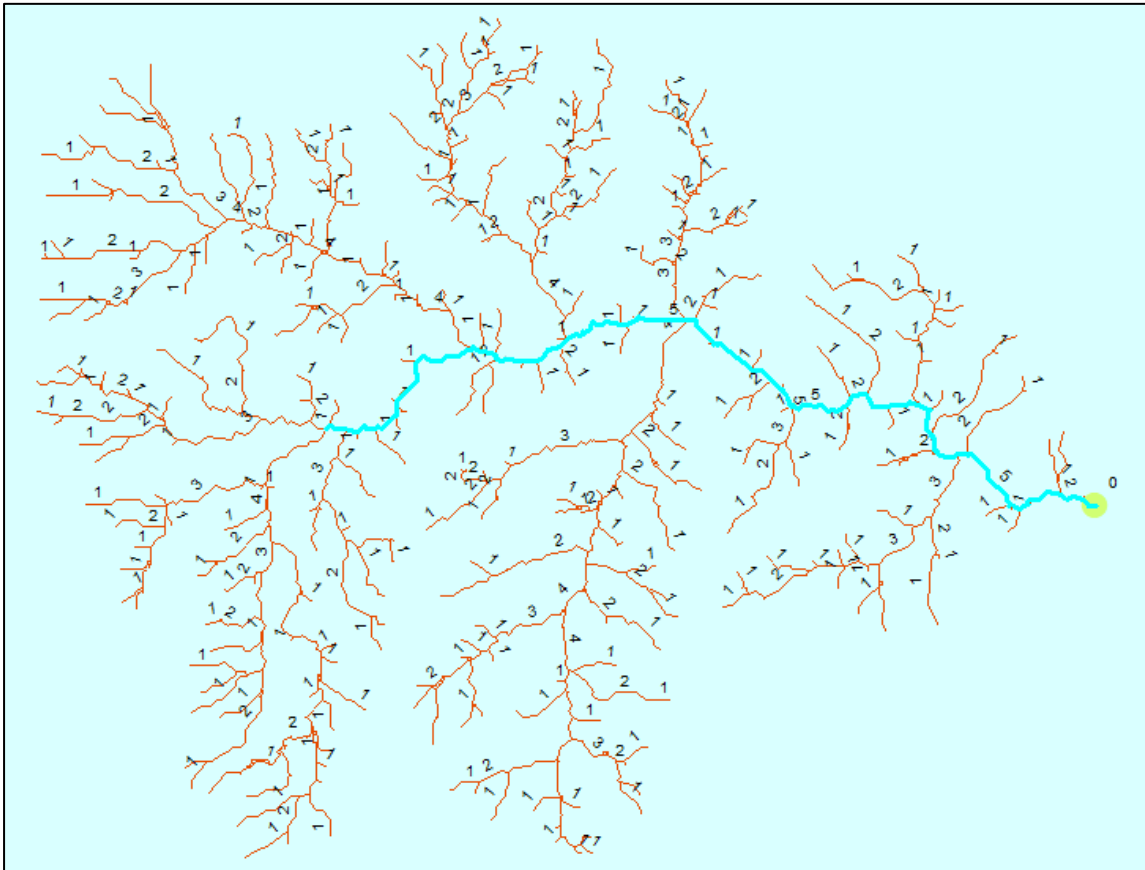


Figura 21: Cauce Principal de La Cuenca del Rio Amojú

Fuente: Elaboración Propia.

## 4.2. ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION METEREOLOGICA

### 4.2.1. COMPLETACION DE DATOS.

Para esta investigación no se permite aplicar el método de Thiessen por que las estaciones no tienen una ubicación correcta para aplicar este método.

Se trabajo con los datos meteorológicos de tres estaciones cercanas a la cuenca del rio Amojú

Para ello se completó datos de PRECIPITACIONES, TEMPERATURA, Y HUMEDAD RELATIVA, aplicando el METODO DE PROMEDIO PONDERADO, tomándose como referencia histórica datos de 22 años para cada estación brindados por el SENAMHI.

$$P_x = \frac{\bar{P}_n}{N} * \left( \frac{P_{n1}}{\bar{P}_{n1}} + \frac{P_{n2}}{\bar{P}_{n2}} \right)$$



**4.2.1.1. DATOS COMPLETADOS DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES**  
(mm/mes)

Tabla 4

*Datos Meteorológicos (Precipitaciones) Completados – Estación Jaén.*

ESTACION METEREOLÓGICA JAEN													
N°	Año/mes	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	26	163.3	214.9	50.2	41.4	54.3	37.3	49.5	50.7	78.6	51.81	137.33
2	1996	27.4	123.5	52.1	54	88.82	34.3	0.5	9.5	27.5	38.3	31.7	68.3
3	1997	36	79.6	44.1	76.9	67.6	46.6	35	30	6.9	47.9	72.4	20.9
4	1998	36.6	49	97.6	143.7	96.3	40.8	12.6	9.7	20.4	154	46.2	2.6
5	1999	52.2	233.9	102.9	90.63	107.3	68.5	44.7	5.9	66	59.6	37.5	136.6
6	2000	38.2	121.8	145.4	89.8	58.4	80	96.8	23.2	58.2	22.6	13.8	65.4
7	2001	101.1	33.4	36.6	43.4	61.7	6.6	12.8	11.9	59.4	35.7	84.4	58.7
8	2002	35	103	40.6	105.5	118	8.7	75.1	2.3	25.6	135	80.2	37.2
9	2003	36.7	135.6	47.7	114.3	130.4	84.5	30.1	25	24.8	73.1	44.5	65.5
10	2004	14.7	20.7	78.8	117.2	103.1	29.7	8.4	10.9	23.5	67.8	84.7	51.8
11	2005	25.8	128.7	143.8	81.2	36.1	69.1	3.1	22.9	36.9	67.1	119	125.7
12	2006	84.1	173.4	124.6	19.2	43.6	73.3	3	19.1		43.8	87.6	47.3
13	2007	51.4	58.3	137	117.6	80.7	37.7	62	24.9	14.4	129	139.8	51.8
14	2008	54.4	176.6	124.7	43.8	69.5	65	34.7	10.7	36.7	83.8	70.4	43
15	2009	167.6	56.9	138.7	169.1	47.6	32.5	41.2	26.4	37.6	99.2	41.5	29.4
16	2010	35.7	67.7	25.2	121.8	46.9	19.6	11.6	24.9	23	69.1	38.4	138.6
17	2011	77.4	78.1	118.2	145.9	93.5	25.3	53.6	8.6	13.8	53.9	89.9	154.2
18	2012	80.1	72.2	91.3	98.2	18.6	30.1	20.1	14.1	13.7	102	92.2	91.5
19	2013	21.1	98.2	53.4	48.7	140.1	15.6	22.4	28.2	19.8	143	0.7	43.6
20	2014	63.1	110.5	157.9	141.4	248.8	35.1	39	34	26.5	20.2	82.3	96.1
21	2015	169.7	101	286.4	80.4	80.4	8.7	112.8	32.6	7.2	20.7	62.8	57.1
22	2018	75.2	111.2	32.2	88.6	90.2	28.4	35.1	14.1	22.4	44.8	144	55.3
	PROM.	59.52	104.39	104.28	92.80	84.96	40.65	36.00	19.93	29.29	72.19	68.90	71.72
	D. EST.	42.15	51.53	64.70	39.28	48.39	23.88	29.74	11.31	16.97	39.96	36.84	42.42
	MIN	14.7	20.7	25.2	19.2	18.6	6.6	0.5	2.3	6.9	20.2	0.7	2.6
	MAX.	169.7	233.9	286.4	169.1	248.8	84.5	112.8	49.5	66	154	144	154.2

Fuente: SENAMHI

Leyenda:

 Datos obtenido del SENAMHI

 Datos Completados

Tabla 5

*Datos Meteorológicos (Precipitaciones) Completados – Estación La Cascarilla*

ESTACION METEREOLÓGICA LA CASCARILLA													
N°	Año/mes	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	103.9	121.7	214.9	212.5	66.5	294.3	309.4	238.8	60.8	342	173.3	411.8
2	1996	123.7	178.6	52.1	191.3	122.7	95.2	9.3	46.1	58.7	142.2	42.3	114
3	1997	66.5	250.9	44.1	223.2	133.2	128.8	69.5	46.2	53.3	167.4	127.7	147.5
4	1998	224.3	217.1	97.6	302.6	240.9	51.2	36.9	28.3	61.4	232.5	224.7	72.2
5	1999	268.3	388	102.9	181.8	320.15	157.3	122.1	26.1	164.5	223.7	114.1	352.36
6	2000	162.8	150.8	145.4	232.8	265.5	150.3	99.6	78.2	187.5	31.4	51.8	123.1
7	2001	220.2	98.3	36.6	212.9	185.4	21.8	50.5	30.2	124.8	178.2	257.4	140.6
8	2002	132.5	203.9	40.6	154.8	198.1	40.5	261.5	64.8	67.7	182.4	190	152.7
9	2003	124.4	140.7	47.7	179	228.3	136.1	61.4	66	40.6	174.2	140.8	142
10	2004	111.6	79.9	78.8	168.1	227	80.2	57.4	27.8	82.8	157.3	235.9	160.2
11	2005	80.6	226.6	143.8	167.6	124.8	95.7	28.2	37.3	65.7	209.8	185.6	206.4
12	2006	240.5	276.2	124.6	111.9	85.87	120.8	23.3	25.7	0.00	161.3	223.04	270.4
13	2007	226.5	80.7	137	150.1	155	85.9	80.6	68.2	84.6	243.4	367.3	197
14	2008	177.4	417.7	124.7	109.7	138	98.2	87.1	65.6	36.1	165	190.3	26
15	2009	372.8	195.4	138.7	226.5	191.2	81.8	148.8	60.7	72.7	171.1	135.9	165.9
16	2010	132.4	209.5	25.2	254.2	49.6	42.8	11.1	20.9	54.2	112	60.4	156.6
17	2011	215.2	171.8	118.2	193.6	82.3	70.4	71.8	27.8	90.8	128.7	197.6	402.6
18	2012	399.8	270.2	91.3	234.6	82.2	57.5	96.7	50.1	26.9	183.4	142.6	249.4
19	2013	124.8	229.5	53.4	92.5	304.2	94.6	68	88.9	53.5	188.2	37.8	150.1
20	2014	215.3	191.9	157.9	149.5	427.8	108.5	35.3	59.1	57.5	109.4	177.1	266.9
21	2015	437.6	198.3	286.4	218.8	197.3	38.9	179.8	72.2	55.1	40.8	122.5	137.9
22	2018	257	196.1	32.2	156.8	277.6	55.7	71.8	44.1	20.5	207.9	371.5	134.2
	PROM.	200.82	204.26	104.28	187.49	186.53	95.75	90.00	57.87	72.37	170.56	171.35	189.99
	D. EST.	101.25	84.53	64.70	50.52	95.16	57.94	76.27	44.94	41.38	65.90	89.67	99.03
	MIN	66.5	79.9	25.2	92.5	49.6	21.8	9.3	20.9	20.5	31.4	37.8	26
	MAX.	437.6	417.7	286.4	302.6	427.8	294.3	309.4	238.8	187.5	342	371.5	411.8

Fuente: SENAMHI

**Leyenda:**

 Datos obtenido del SENAMHI

 Datos Completados


**Tabla 6**


*Datos Meteorológicos (Precipitaciones) Completados – Estación Chontali.*

N°	Año/mes	CHONTALI											
		Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	49.6	132	264.9	116.5	72.9	63.4	18.8	14.8	71.18	130.8	66.8	190.8
2	1996	133.6	109.9	245.1	154.1	106.2	36.6	12	37.3	47.7	134.4	67.5	57
3	1997	106.9	197.3	95.9	183.7	60.4	24	28.6	29.8	37.3	52.6	142.9	111.4
4	1998	95.3	112.1	197.4	253.5	115	61.2	37.1	13.2	39.2	152.4	120.5	58.4
5	1999	149.6	292.6	271.3	157.5	172	126.8	43.2	20.4	88.2	69.3	59.2	203.1
6	2000	32.4	136.3	310.3	191.7	186.6	69.4	38.9	31.3	76.8	18.5	20.6	119.6
7	2001	201.7	76.1	106.3	117.1	71.2	14.2	62.8	24.1	103.5	68.1	185.8	117.5
8	2002	56.8	105.7	108.26	181.2	119.5	28.7	92.4	7.4	39.1	125.4	146.8	105.6
9	2003	119.6	108.5	210.7	175.5	140.4	110.8	37.1	11.3	30.6	148.7	103.6	112
10	2004	93	35.1	143.3	166.77	105.1	63.8	18.78	21.7	69.2	158.1	111.3	140.8
11	2005	121.1	206.4	269	141.8	104.2	75.1	8.4	11.7	40.3	128.4	116.4	202.1
12	2006	153.3	172	285.9	130.5	55.8	110.3	7.63	14.1		118.5	172.7	112.5
13	2007	149.5	47.2	170.3	162.5	120.5	90.7	52.3	56	22.3	155.8	303.3	94
14	2008	121.5	303.3	258.1	167.4	63.9	64.9	74.3	44	49.7	164.5	234.9	47.6
15	2009	293.5	135.4	341.4	171.8	109	70.2	74.8	29.1	44.2	69	100.7	131.1
16	2010	61.8	248.6	92.4	202	83.8	54.3	21.1	23.7	38.1	81.6	81.2	99.2
17	2011	109.1	180.2	171	215.3	70.7	41.2	41.6	18.2	166.1	86.9	143.9	269.1
18	2012	305.5	180.2	278.3	223.9	92.9	48.5	40.5	38.5	15.2	245.5	132.4	151.3
19	2013	99.4	95.9	180.7	50.9	238.5	55.3	91.9	63.7	43.7	101.8	36.1	114.3
20	2014	103.7	117.9	430.3	81.7	202.7	94.3	37.4	39.9	32.5	97.2	113.8	136.8
21	2015	274.8	115.3	528	120.9	171.6	41.2	87	27.5	45.7	31.7	70.7	84.2
22	2018	147.2	71.3	135.6	110.1	225.5	36.1	24.8	19.5	53.4	120	291.8	94.5
	PROM.	135.40	144.51	231.57	158.02	122.20	62.77	43.25	27.15	54.95	111.78	128.31	125.13
	D. EST.	74.34	71.93	109.77	47.35	54.70	29.58	26.69	14.65	33.34	51.27	73.93	52.83
	MIN	32.4	35.1	92.4	50.9	55.8	14.2	7.63	7.4	15.2	18.5	20.6	47.6
	MAX.	305.5	303.3	528	253.5	238.5	126.8	92.4	63.7	166.1	245.5	303.3	269.1

Fuente: SENAMHI

**Leyenda:**

 Datos obtenidos del senamhi

 Datos Completados

#### 4.2.1.2. DATOS COMPLETADOS DE LAS TEMPERATURAS MENSUALES (T°C).

Tabla 7

*Datos Meteorológicos (Temperaturas) Completados – Estación Jaén*

N°	Año/mes	ESTACION METEREOLÓGICA JAEN											
		Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	25.30	24.98	24.71	24.46	25.02	24.28	24.08	24.06	25.30	25.11	25.86	25.44
2	1996	26.72	25.72	26.00	25.35	25.77	25.85	25.00	25.34	26.70	26.23	26.63	26.19
3	1997	26.67	25.12	26.25	25.81	24.67	24.70	24.54	24.42	26.49	27.24	26.57	26.61
4	1998	26.50	27.73	27.12	27.02	26.40	26.00	26.54	27.25	27.70	27.26	27.31	28.18
5	1999	27.56	26.82	25.64	25.30	25.16	25.35	24.58	25.49	26.27	25.85	26.71	25.98
6	2000	25.64	25.26	24.80	24.56	25.17	25.01	24.47	24.83	25.49	26.09	26.70	25.82
7	2001	24.68	24.35	25.21	25.61	25.66	25.23	25.76	26.64	27.33	28.15	27.54	27.50
8	2002	26.34	25.68	26.22	26.42	25.38	25.67	25.21	26.91	27.78	27.33	26.39	26.67
9	2003	27.12	26.40	26.79	26.88	26.06	25.98	25.14	26.51	27.43	27.27	27.41	26.05
10	2004	27.36	26.89	26.23	26.80	26.21	25.52	25.43	25.71	26.43	26.73	27.41	27.34
11	2005	26.95	26.79	26.56	26.70	26.30	25.99	25.72	25.99	26.54	26.33	25.78	25.54
12	2006	25.58	24.77	25.04	25.58	25.15	25.19	25.29	25.86	27.11	27.26	26.98	25.94
13	2007	25.24	26.01	25.53	25.73	25.94	24.94	24.62	25.62	25.74	26.00	25.36	25.56
14	2008	24.90	24.86	25.09	25.48	25.26	24.67	24.97	26.17	25.91	26.13	26.75	26.96
15	2009	25.11	24.80	25.27	25.19	25.25	24.79	24.49	25.50	25.96	26.74	26.94	25.82
16	2010	25.53	25.98	26.63	27.00	26.06	25.98	26.08	26.50	26.76	27.34	26.86	25.99
17	2011	25.89	25.60	25.82	25.60	25.88	25.38	24.74	26.85	26.44	27.12	27.20	25.39
18	2012	24.86	24.80	25.08	25.61	25.27	24.92	24.83	25.79	26.44	26.23	26.58	26.12
19	2013	25.58	25.96	25.94	26.10	25.59	24.69	24.85	25.71	27.00	26.81	27.52	26.83
20	2014	25.43	25.26	24.85	25.39	25.22	24.84	24.92	25.31	26.03	26.30	26.71	25.54
21	2015	25.03	25.53	24.93	25.33	25.02	25.26	25.02	26.06	27.22	27.35	27.02	25.38
22	2018	25.28	25.43	25.09	88.60	90.20	28.40	24.95	25.15	26.51	27.09	27.06	25.42
	PROM.	25.88	25.67	25.67	28.66	28.48	25.39	25.06	25.80	26.57	26.73	26.79	26.19
	D. EST.	0.87	0.85	0.72	13.41	13.79	0.84	0.58	0.80	0.68	0.69	0.57	0.77
	MIN	24.68	24.35	24.71	24.46	24.67	24.3	24.08	24.06	25.3	25.11	25.36	25.38
	MAX.	27.56	27.73	27.12	88.6	90.2	28.4	26.54	27.25	27.78	28.15	27.54	28.18

Fuente: SENAMHI

#### Leyenda:



Datos obtenido del SENAMHI



Datos Completados

Tabla 8

*Datos Meteorológicos (Temperaturas) Completados – Estación La Cascarilla.*

ESTACION METEREOLÓGICA LA CASCARILLA													
Nº	Año/mes	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	16.83	17.26	16.93	17.85	18.18	17	16.65	17.15	17.48	19.58	20.43	20.11
2	1996	16.64	16.95	16.99	16.99	16.9	16.2	16.03	16.34	17.4	19.86	20.6	20.11
3	1997	17.27	16.37	17.27	17.18	16.74	16.5	16.38	16.6	17.8	20.8	20.12	19.39
4	1998	17.11	17.53	17.78	18.04	17.38	16	16.36	17.37	17.89	20.53	20.87	20.43
5	1999	16.78	16.15	16.53	16.43	16.36	16.1	15.58	16.04	17.24	19.77	20.91	19.84
6	2000	17.15	16.5	16.68	16.4	16.64	16.2	15.53	16.14	16.61	19.94	20.76	19.8
7	2001	15.88	15.8	16.54	16.97	16.84	15.8	16.15	16.15	17.38	20.52	20.21	20.45
8	2002	17.23	16.79	16.92	17.27	16.87	16.4	15.88	16.79	17.63	20.1	19.55	19.79
9	2003	17.04	16.92	16.81	17.05	16.55	16.3	15.74	16.4	17.42	20.74	20.49	19.74
10	2004	17.91	17.22	16.87	17.43	17.14	15.8	15.61	16.13	17.07	20.12	20.04	20.09
11	2005	17.44	17.5	17.21	17.46	17.07	16.6	15.9	16.87	17.54	20.32	20.45	20.01
12	2006	16.9	16.9	16.6	16.86	16.3	16.1	15.95	16.83	17.48	21.3	20.61	19.73
13	2007	16.53	17.34	16.92	17.28	17.18	16.1	15.89	16.35	16.76	20.42	20.17	19.89
14	2008	16.23	16.31	16.74	17.08	16.68	16.1	16.04	17.04	17.06	20.14	21.33	20.89
15	2009	16.38	16.58	16.88	16.95	17.07	16.4	16.32	17.23	17.31	20.45	20.58	19.82
16	2010	16.96	17.89	17.94	18.07	17.59	17.1	16.81	17.36	17.86	21.34	20.93	20.24
17	2011	17.24	16.97	17.18	17.15	17.28	16.7	16.25	16.8	17.05	20.43	20.77	19.66
18	2012	16.5	16.24	16.82	17.1	16.8	16.6	16.09	16.71	16.92	20.42	20.93	20.35
19	2013	16.87	17.03	17.47	17.53	17.13	16.3	15.85	16.38	17.33	20.53	21.33	20.59
20	2014	16.69	16.78	16.68	16.87	16.92	16.7	16.32	16.4	17.34	20.55	20.8	19.86
21	2015	16.25	17.17	16.8	17.08	17.01	16.7	16.56	17.15	17.87	21.54	21.29	19.85
22	2018	16.62	16.9	16.97	17	16.97	16.2	16.05	16.49	17.48	20.71	20.68	19
	PROM.	16.84	16.87	16.98	17.18	16.98	16.36	16.09	16.67	17.36	20.46	20.63	19.98
	D. EST.	0.46	0.51	0.37	0.43	0.41	0.34	0.34	0.42	0.35	0.50	0.44	0.41
	MIN	15.88	15.8	16.53	16.4	16.3	15.8	15.53	16.04	16.61	19.58	19.55	19
	MAX.	17.91	17.89	17.94	18.07	18.18	17.1	16.81	17.37	17.89	21.54	21.33	20.89

Fuente: SENAMHI

**Leyenda:**

Datos obtenidos del SENAMHI

Tabla 9

*Datos Meteorológicos (Temperaturas) Completados – estación Chontali.*

N°	Año/mes	ESTACION METEREOLÓGICA CHONTALI											
		Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	18.53	19.89	19.26	19.8	19.46	18.9	18.94	18.58	19.08	19.58	20.43	20.11
2	1996	19.09	19.52	19.54	19.33	19.44	19.2	18.66	18.46	20.21	19.86	20.6	20.11
3	1997	20.1	18.8	20.03	19.9	19.36	19.3	18.99	19.45	20.89	20.8	20.12	19.39
4	1998	19.73	20.76	20.39	20.6	20.14	19.2	19.01	20.27	20.77	20.53	20.87	20.43
5	1999	19.82	19.18	19.62	19.09	18.84	19	18.22	18.67	20.06	19.77	20.91	19.84
6	2000	19.5	18.89	19.03	19.03	19.39	18.8	18.45	18.65	19.44	19.94	20.76	19.8
7	2001	18.57	18.88	19.01	19.37	19.18	18.2	18.41	18.67	19.66	20.52	20.21	20.45
8	2002	19.67	19.51	19.33	19.79	19.26	18.9	18.44	19.24	20.1	20.1	19.55	19.79
9	2003	19.66	19.68	19.46	19.69	19.41	18.9	18.24	19.04	19.83	20.74	20.49	19.74
10	2004	20.23	19.52	19.59	20.38	19.99	18.3	18.35	18.75	19.36	20.12	20.04	20.09
11	2005	20.06	19.84	19.85	20.14	19.94	19.1	18.7	19.57	20.58	20.32	20.45	20.01
12	2006	19.56	19.61	19.48	19.76	19.25	19	18.76	19.81	20.64	21.3	20.61	19.73
13	2007	19.06	19.68	19.16	19.87	19.6	18.7	18.78	19.03	19.48	20.42	20.17	19.89
14	2008	19.26	19.4	19.92	19.88	19.52	18.8	18.47	19.61	19.86	20.14	21.33	20.89
15	2009	19.32	19.04	19.53	19.54	19.45	18.9	18.54	19.68	20.06	20.45	20.58	19.82
16	2010	19.09	19.98	20.13	20.44	20.13	19.4	19.28	19.99	20.6	21.34	20.93	20.24
17	2011	20.04	19.57	19.8	19.76	19.77	19.3	18.95	19.73	19.34	20.43	20.77	19.66
18	2012	19.29	19.05	19.32	20.02	19.24	18.9	18.72	19.49	19.97	20.42	20.93	20.35
19	2013	19.51	19.92	20.03	20.06	20.23	18.7	18.54	19.13	20	20.53	21.33	20.59
20	2014	19.45	19.35	19.44	19.72	19.71	19.1	19.04	19.05	19.98	20.55	20.8	19.86
21	2015	18.95	20.04	19.45	19.64	19.7	19.3	19.18	19.95	20.79	21.54	21.29	19.85
22	2018	19.57	19.96	19.51	19.65	19.47	18.8	18.79	19.34	20.72	20.71	20.68	19
	PROM.	19.46	19.55	19.59	19.79	19.57	18.94	18.70	19.28	20.06	20.46	20.63	19.98
	D. EST.	0.46	0.47	0.36	0.40	0.35	0.30	0.30	0.52	0.54	0.50	0.44	0.41
	MIN	18.53	18.8	19.01	19.03	18.84	18.2	18.22	18.46	19.08	19.58	19.55	19
	MAX.	20.23	20.76	20.39	20.6	20.23	19.4	19.28	20.27	20.89	21.54	21.33	20.89

Fuente: SENAMHI

**Leyenda:**

Datos obtenido del SENAMHI

#### 4.2.1.3. DATOS COMPLETADOS DE LAS HUMEDAD RELATIVA MENSUALES (HR)

**Tabla 10**

*Datos Meteorológicos (Humedad Relativa) Completados – Estación Jaén.*

ESTACION METEREOLÓGICAS JAEN													
Nº	Año/mes	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agosto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	71.46	74.27	74.77	73.39	73.95	74.67	73.37	72.8	74.46	71.7	72.39	72.64
2	1996	69.98	75.98	75.96	80.63	76.78	72.91	69.76	70.56	61.69	81.13	80.81	72.46
3	1997	73	78.72	73.53	78.95	83.94	83.42	81.8	81.46	75.58	73.67	75.53	80.04
4	1998	81.06	78.60	81.95	77.4	50.23	49.15	75.26	75.57	49.53	76.18	78.06	73.69
5	1999	78.72	84.68	85.6	84.16	85.23	85.12	84	79.97	78.43	77.88	75.86	81.04
6	2000	80.14	81.09	83.99	85.05	80.3	80.36	84.66	82.85	79.48	72.31	62.67	75.8
7	2001	84.31	83.41	78.16	103.19	81	79.27	77.58	66.01	66.25	62.24	64.37	67.87
8	2002	75.39	78.85	76.01	75.96	80.44	74.24	77.98	65.61	63.85	67.08	73.51	72.23
9	2003	71.9	75.69	73.38	72.47	74.99	75.69	77.76	73.6	72.26	71.84	79.99	78.6
10	2004	72.12	73.3	78	74.18	77.25	76.7	75.5	72.55	74.61	77.71	76.8	78.93
11	2005	79.97	82.73	83.36	82.29	82.61	82.77	83.25	83.21	78.96	81.06	81.36	83.48
12	2006	84.75	87.05	84.87	81.66	79.51	79.31	75.32	74.77	69.39	66.75	70.9	75.96
13	2007	80.41	74.63	75.58	77.13	76.62	78.04	77.68	72.38	72.1	72.85	78.56	74.91
14	2008	78.74	78.2	79.05	78.34	78.12	78.47	76.19	70.98	72.78	74.74	74.04	75.49
15	2009	82.7	84.36	82.37	81.94	80.85	80.52	80.17	76.67	74.97	75.03	73.26	79.8
16	2010	79.95	79.93	77.34	75.74	78.08	76.75	76.5	74.69	75.32	73.47	73.17	78.96
17	2011	79.43	80.77	77.95	79.8	78.94	80.51	81.59	71.86	74.74	70.95	73.8	81.78
18	2012	83.94	84.12	83.64	81.86	79.87	79.59	80.25	75.94	73.51	78.55	77.83	77.06
19	2013	80.13	78.59	79.43	77.32	80.95	81.66	76.18	74.25	67.34	73.16	68.33	71.15
20	2014	77.01	82.07	84.59	83.36	83.77	82.38	81.04	80.73	78.09	79.43	76.82	82.88
21	2015	82.98	81.73	84	83.16	84.48	81.85	81.43	77.96	73.56	74.81	76.46	80.97
22	2018	75.16	80.71	75.68	78.27	80.64	77.07	77.93	67.1	68.56	75.99	77.99	70.34
	PROM.	78.33	79.98	79.51	80.28	78.57	77.75	78.42	74.61	71.61	74.02	74.66	76.64
	D. EST.	4.47	3.70	4.02	6.22	7.00	7.12	3.66	5.05	6.86	4.65	4.83	4.37
	MIN	69.98	73.30	73.38	72.47	50.23	49.15	69.76	65.61	49.53	62.24	62.67	67.87
	MAX.	84.75	87.05	85.6	103.19	85.23	85.12	84.66	83.21	79.48	81.13	81.36	83.48

Fuente: SENAMHI

**Leyenda:**

 Datos obtenido del SENAMHI

 Datos Completados


Tabla 11

*Datos Meteorológicos (Humedad Relativa) Completados – Estación La Cascarilla.*

ESTACION METEREOLÓGICA LA CASCARILLA													
N°	Año/mes	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agosto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	87.08	87.8	89.4	89.48	85.01	86.7	87.25	85.02	82.69	88.11	86.86	87.18
2	1996	86.47	87.67	88.61	87.51	88.82	86.81	82.45	81.4	78.41	83.89	85.93	91.77
3	1997	89.29	93.25	93.14	93.21	91.73	89.05	80.51	81.24	79.95	79.76	85.81	89.59
4	1998	90.83	91	89.61	90.51	88.47	86.36	82.27	79.71	75.8	86.47	85.68	83.09
5	1999	88.68	91.9	88.68	90.8	88.9	89.88	89.66	84.57	81.26	81.97	82.72	85.55
6	2000	83.93	87.87	87.67	89.83	90.02	88.94	87.56	84.23	84.82	81.43	72.99	82.78
7	2001	88.26	89.32	86.86	85.91	88.39	86.14	85.49	81.24	79.11	82.49	84.68	83.76
8	2002	86.26	90.14	89.35	88.87	88.43	85.97	88.01	81.23	79.54	84.84	89.29	90.28
9	2003	88.38	89.47	89.59	88.56	89.63	88.29	83.76	80.13	79.65	83.39	83.22	84.43
10	2004	76.9	85.39	88.96	86.38	86.41	84.55	86.06	77.31	78.81	85.29	84.51	87.62
11	2005	83.86	87.46	89.14	87.3	86.33	84.89	79.18	74.9	75.71	83.67	78.15	84.17
12	2006	86.04	90.62	89.94	87.27	84.51	84.49	83.52	82.59	79.64	76.01	84.5	88.63
13	2007	91.6	85.24	88.92	90.17	90.06	89.91	89.29	87.19	84.06	82.65	88.47	89.56
14	2008	90.76	88.3	88.18	87.21	88.91	84.98	86.32	79.83	80.6	88.2	85.12	83.13
15	2009	90.87	89.8	88.85	88.62	88.17	87.45	84.53	80.34	80.51	82.75	79.44	87.89
16	2010	85.38	86.29	85.13	87.81	86.69	85.56	83.9	73.97	78.88	77.14	81.87	83.55
17	2011	85.29	87.59	80.71	89.37	85.81	87.15	85.61	78.38	80.77	75.81	84.93	88.43
18	2012	91.15	90.66	89.05	88.41	86.79	84.16	82.17	79.51	77.11	86.75	83.16	83.19
19	2013	90.31	90.79	89.37	83.75	89.12	88.58	83.34	83.04	77.72	84.08	78.62	85.61
20	2014	89.38	89.79	89.49	89.96	91.44	91.33	91.1	84.88	83.61	85.61	84.12	88.23
21	2015	89.68	87.25	90.8	87.77	88.09	86.5	86.84	80.7	79.36	80.48	84.16	86.15
22	2018	89.31	90.11	88.83	88.66	89.31	86.85	86.35	85.09	81.64	85.78	86.83	88.1
	PROM.	87.71	88.99	88.65	88.52	88.23	87.02	85.24	81.20	79.98	83.03	83.68	86.49
	D. EST.	3.38	2.07	2.30	1.96	1.90	1.97	3.00	3.30	2.41	3.52	3.70	2.71
	MIN	76.9	85.24	80.71	83.75	84.51	84.16	79.18	73.97	75.71	75.81	72.99	82.78
	MAX.	91.6	93.25	93.14	93.21	91.73	91.33	91.1	87.19	84.82	88.2	89.29	91.77

Fuente: SENAMHI

**Leyenda:**

 Datos obtenido del SENAMHI

 Datos Completados



Tabla 12

*Datos Meteorológicos (Humedad Relativa) Completados – Estación Chontali.*

ESTACION METEREOLÓGICAS CHONTALI													
N°	Año/mes	Ene.	Feb.	Marzo	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1993	84.93	81.84	86.27	84.83	84.52	82.41	78.93	81.99	79.65	82.04	81.5	84.96
2	1996	87.53	89.52	91.44	91.94	92.24	87.3	87.03	89.81	88.43	90.76	88.63	91.65
3	1997	90.5	94.48	93.45	93.93	94.66	94.56	80.88	73.93	71.28	74.93	80.3	85.32
4	1998	86.34	85	89.03	87.27	84.63	82.13	80.32	79.61	78.12	82.7	83.44	78.57
5	1999	83.64	87.71	86.16	89.79	87.72	87.27	82.89	77.19	77.36	77.89	74.41	82.43
6	2000	77.56	83.56	84.39	85.16	83.91	83.94	79.4	79.47	79.51	75.6	59.77	78.46
7	2001	84.24	84.09	84.23	83.47	87.08	82.44	83.06	75.66	76.45	75.86	78.28	80.15
8	2002	80.25	84.33	86	82.68	83.03	78.09	83.19	74.86	72.51	77.22	80.81	84.61
9	2003	82.17	83.87	84.33	83.26	83.91	83.98	79.42	75.99	73.81	74	78.28	79.91
10	2004	73.56	80.56	84.49	80.23	86.36	87.44	81.99	73.43	77.22	78.53	84.18	80.8
11	2005	78.21	85.75	85.1	83.93	81.35	83.4	74.01	71.43	69.57	76.66	68.94	77.64
12	2006	80.48	86.87	84.75	81.87	79.28	80.13	76.71	73.46	71.14	68.12	77.22	83.76
13	2007	88.15	79.55	85.59	84.73	83.72	82.1	78.97	76.7	75.24	75.53	81.86	76.03
14	2008	84.73	83.62	80.95	82.79	82.8	81.69	82.9	78.26	76.67	80.67	76.65	76.14
15	2009	87.89	89.09	85.89	84.33	84.05	83.44	82.4	75.75	75.27	78.1	74.72	82.64
16	2010	83.49	84.66	84.01	84.82	83.7	81.03	78.04	70.27	72.02	66.86	68.75	75.88
17	2011	77.28	81.07	77.96	85.99	80.82	81.78	79.22	72.85	77.59	70.06	76.64	83.95
18	2012	86.23	84.84	85.2	81.53	82.53	78.18	76.2	72.3	69.51	77.05	75.83	76.82
19	2013	85.25	83.03	84.47	80.12	82.5	82.35	78.08	78.48	73.15	77.25	70.96	78.09
20	2014	84.7	87.18	85.48	83.97	86.08	83.95	79.12	78.59	74	75.94	75.68	83.18
21	2015	85.25	81.69	88.3	85.7	84.31	80.54	82.51	75.01	73.34	74.27	75.32	82.35
22	2018	83.64	82.24	85.11	83.71	85.29	80.72	80.64	75.89	72.64	78.9	82.24	85.77
	PROM.	83.46	84.75	85.57	84.82	84.75	83.13	80.27	76.41	75.20	76.77	77.02	81.32
	D. EST.	4.11	3.42	3.14	3.42	3.46	3.58	2.88	4.17	4.20	5.00	6.22	3.99
	MIN	73.56	79.55	77.96	80.12	79.28	78.09	74.01	70.27	69.51	66.86	59.77	75.88
	MAX.	90.5	94.48	93.45	93.93	94.66	94.56	87.03	89.81	88.43	90.76	88.63	91.65

Fuente: SENAMHI

**4.2.2. Análisis de consistencia de las precipitaciones**

Para la presente investigación se tomó tres estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca en estudio del río Amojú, que presenten una altura similar y mediante este análisis determinar si tienen un comportamiento hidrológico similar entre ellas.

En la tabla 13 se muestra el análisis de consistencia de los datos meteorológicos de las estaciones que se tomó para hacer este estudio.

Tabla 13

Análisis de Consistencia Precipitación

N°	Año	Anual				Acumulado			
		JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI	PP	JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI	PPA
1	1993	955.34	2549.9	1192.48	1565.91	17232.39	38015.57	29536.01	28261.32
2	1996	555.92	1176.2	1141.4	957.84	16277.05	35465.67	28343.53	26695.42
3	1997	563.9	1458.3	1070.8	1031.00	15721.13	34289.47	27202.13	25737.58
4	1998	709	1789.7	1255.3	1251.33	15157.23	32831.17	26131.33	24706.58
5	1999	1005.73	2421.31	1653.2	1693.41	14448.23	31041.47	24876.03	23455.24
6	2000	813.6	1679.2	1232.4	1241.73	13442.5	28620.16	23222.83	21761.83
7	2001	545.7	1556.9	1148.42	1083.67	12628.9	26940.96	21990.43	20520.10
8	2002	765.9	1689.5	1116.86	1190.75	12083.2	25384.06	20842.01	19436.42
9	2003	812.2	1481.2	1308.77	1200.72	11317.3	23694.56	19725.15	18245.67
10	2004	611.3	1467	1126.95	1068.42	10505.1	22213.36	18416.38	17044.95
11	2005	859.4	1572.1	1424.9	1285.47	9893.8	20746.36	17289.43	15976.53
12	2006	719	1663.56	1333.23	1238.60	9034.4	19174.26	15864.53	14691.06
13	2007	905	1876.3	1424.4	1401.90	8315.4	17510.7	14531.3	13452.47
14	2008	813.3	1635.8	1594.1	1347.73	7410.4	15634.4	13106.9	12050.57
15	2009	887.7	1961.5	1570.2	1473.13	6597.1	13998.6	11512.8	10702.83
16	2010	622.5	1128.9	1087.8	946.40	5709.4	12037.1	9942.6	9229.70
17	2011	912.4	1770.8	1513.3	1398.83	5086.9	10908.2	8854.8	8283.30
18	2012	723.7	1884.7	1752.7	1453.70	4174.5	9137.4	7341.5	6884.47
19	2013	634.6	1485.5	1172.2	1097.43	3450.8	7252.7	5588.8	5430.77
20	2014	1054.9	1956.2	1488.2	1499.77	2816.2	5767.2	4416.6	4333.33
21	2015	1019.8	1985.6	1598.6	1534.67	1761.3	3811	2928.4	2833.57
22	2018	741.5	1825.4	1329.8	1298.90	741.5	1825.4	1329.8	1298.90

Fuente: Elaboración Propia.

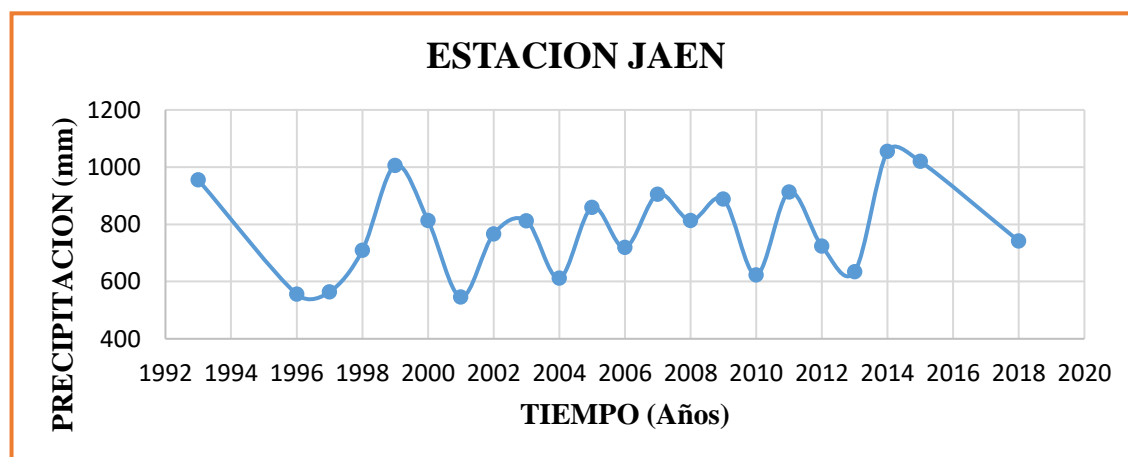


Figura 22: Grafica De Precipitación Vs Tiempo – Estación

Fuente: Elaboración Propia



Figura 23: Grafica De Precipitación Vs Tiempo – Estación La Cascarilla

Fuente: Elaboración Propia

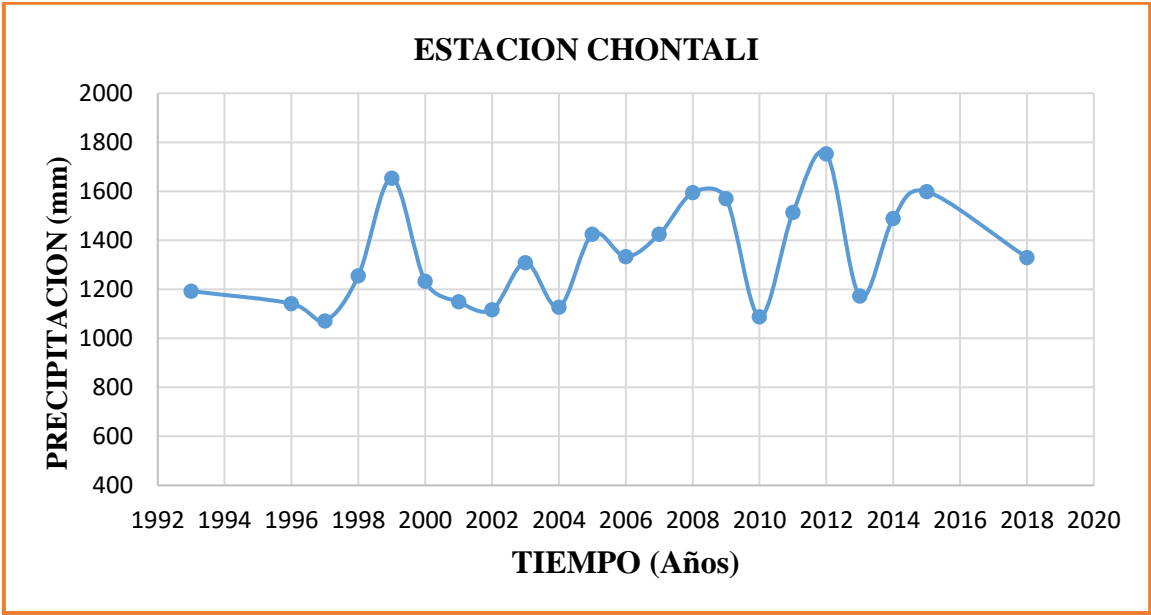


Figura 24: Grafica de Precipitación Vs Tiempo – Estación Chontali

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 25, se muestra la gráfica del análisis de consistencia de los datos meteorológicos de las estaciones que se tomó para el estudio, en la cual se puede observar que el  $R^2 > 0.99$  lo que significa que las estaciones meteorológicas de Jaén , La Cascarilla y Chontali presentan un comportamiento hidrológico similar.

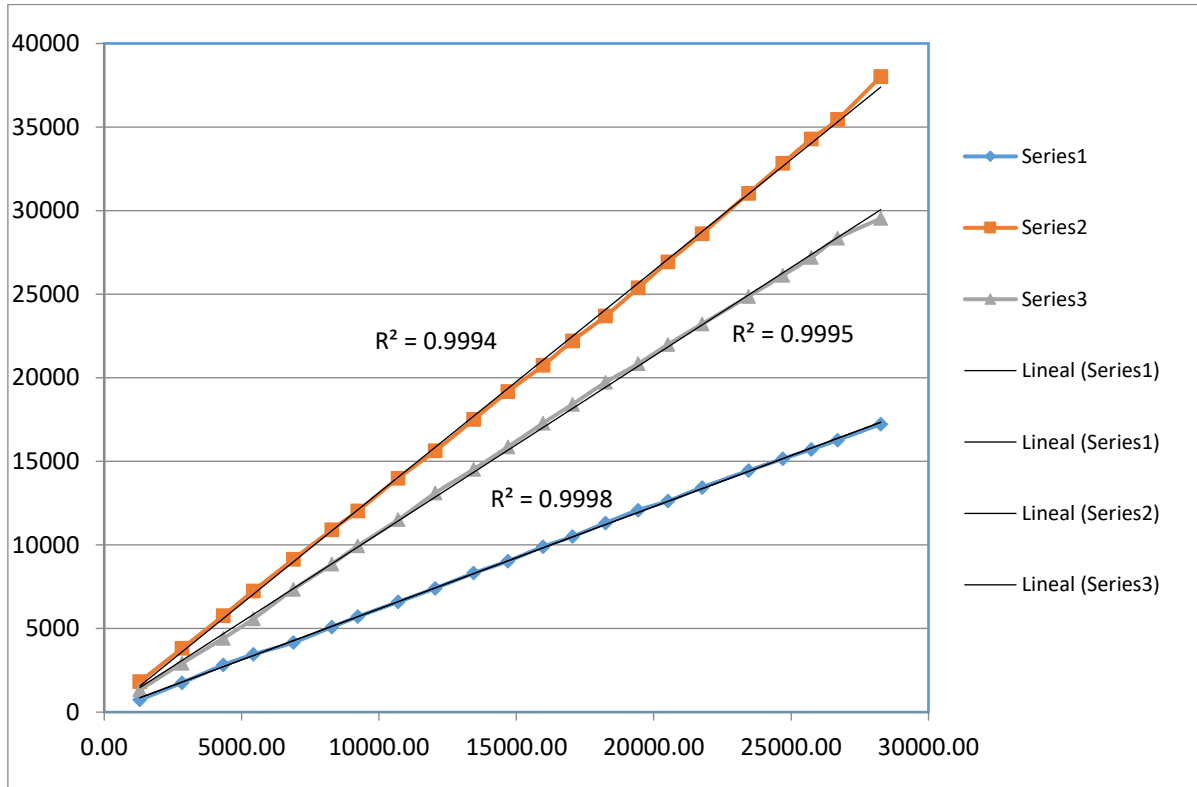


Figura 25: Gráfica de Análisis de Consistencia

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.3. DATOS MEDIOS

Para calcular los datos medios se utilizó la metodología de Estación Areal y se calcula mediante los siguientes pasos:

##### a) PRECIPITACION (mm)

- ❖ Se toma la altitud (m.s.n.m.) y el promedio de la precipitación anual (mm) de cada Estación meteorológica que se ha tomado para esta investigación.

Estación Meteorológica	Altitud (msnm)	P media anual (mm)
Jaén	618	711.6
La Cascarilla	1991	1537.99
Chontali	1626.5	1217.4

- ❖ Se dibuja la gráfica Precipitación Promedio anual (mm) vs Altura (m.s.n.m.)

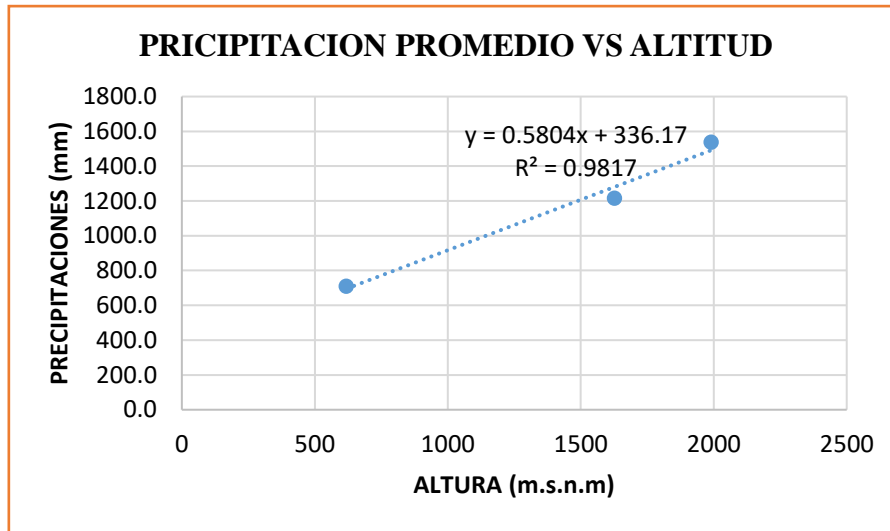


Figura 26: Gráfica de la Precipitación Promedio vs Altitud

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ De la gráfica se obtiene una ecuación lineal:  $Y = 0.5804X + 336.17$  y se aplica para las alturas de las estaciones, dando como resultado los siguientes datos.

Estación Meteorológica	Altitud (msnm)	P media anual (mm)
Jaén	618	694.86
La Cascarilla	1991	1491.75
Chontali	1626.5	1280.19
<b>Estación Areal</b>	<b>2039</b>	<b>1519.61</b>

**Nota:** Para la estación areal se toma la altura media de la cuenca (2039 m.s.n.m.)

- ❖ Para continuar con el cálculo de la estación areal se procede a encontrar un factor de corrección que multiplicara a los datos meteorológicos de la estación más cercana a la cuenca, en este caso la estación La cascarilla.

$$F_c = \frac{P_{\text{media Anual Estacion Areal}}}{P_{\text{Media Anual La Cascarilla}}}$$

$$F_c = \frac{1519.61}{1491.75}$$

$$F_c = 1.02$$

- ❖ Y como resultado se obtiene  $F_c = 1.02$ . Con este factor se procede a multiplicar cada dato meteorológico de la estación La Cascarilla y se obtiene como resultado la tabla N°14 que las precipitaciones de mi estación areal del cuenca en estudio..
- ❖ Se proceso el registro de datos obtenidos, del cual se obtiene datos medios mensuales (precipitaciones medias mensuales), con los cuales se trabajara para determinar los caudales medios mensuales de la cuenca en estudio.

Tabla 14

*Estación Areal – Precipitación (mm) (E=2039 m.s.n.m)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1993	105.84	123.97	218.91	216.47	67.74	299.80	315.18	243.26	61.94	348.39	176.54	419.49	4590.52
1996	126.01	181.94	53.07	194.87	124.99	96.98	9.47	46.96	59.80	144.86	43.09	116.13	3194.17
1997	67.74	255.59	44.92	227.37	135.69	131.21	70.80	47.06	54.30	170.53	130.08	150.25	3482.53
1998	228.49	221.15	99.42	308.25	245.40	52.16	37.59	28.83	62.55	236.84	228.90	73.55	3821.12
1999	273.31	395.25	104.82	185.20	326.13	160.24	124.38	26.59	167.57	227.88	116.23	358.94	4465.53
2000	165.84	153.62	148.12	237.15	270.46	153.11	101.46	79.66	191.00	31.99	52.77	125.40	3710.56
2001	224.31	100.14	37.28	216.88	188.86	22.21	51.44	30.76	127.13	181.53	262.21	143.23	3586.98
2002	134.97	207.71	41.36	157.69	201.80	41.26	266.38	66.01	68.96	185.81	193.55	155.55	3723.05
2003	126.72	143.33	48.59	182.34	232.56	138.64	62.55	67.23	41.36	177.45	143.43	144.65	3511.86
2004	113.68	81.39	80.27	171.24	231.24	81.70	58.47	28.32	84.35	160.24	240.31	163.19	3498.40
2005	82.11	230.83	146.49	170.73	127.13	97.49	28.73	38.00	66.93	213.72	189.07	210.25	3606.46
2006	244.99	281.36	126.93	113.99	87.47	123.01	23.74	26.18	0.00	164.31	227.21	275.45	3700.63
2007	230.73	82.21	139.56	152.90	157.89	87.50	82.11	69.47	86.18	247.95	374.16	200.68	3918.34
2008	180.71	425.50	127.03	111.75	140.58	100.03	88.73	66.83	36.77	168.08	193.85	26.49	3674.35
2009	379.76	199.05	141.29	230.73	194.77	83.33	151.58	61.83	74.06	174.30	138.44	169.00	4007.13
2010	134.87	213.41	25.67	258.95	50.53	43.60	11.31	21.29	55.21	114.09	61.53	159.52	3159.98
2011	219.22	175.01	120.41	197.22	83.84	71.71	73.14	28.32	92.50	131.10	201.29	410.12	3814.87
2012	407.27	275.25	93.01	238.98	83.74	58.57	98.51	51.04	27.40	186.83	145.26	254.06	3931.90
2013	127.13	233.79	54.40	94.23	309.88	96.37	69.27	90.56	54.50	191.71	38.51	152.90	3526.24
2014	219.32	195.48	160.85	152.29	435.79	110.53	35.96	60.20	58.57	111.44	180.41	271.88	4006.73
2015	445.77	202.00	291.75	222.89	200.98	39.63	183.16	73.55	56.13	41.56	124.79	140.48	4037.68
2018	261.80	199.76	32.80	159.73	282.78	56.74	73.14	44.92	20.88	211.78	378.44	136.71	3877.49
PROMEDIO	204.57	208.08	106.22	190.99	190.01	97.54	91.69	58.95	70.37	173.74	174.55	193.54	3765.75

Fuente: Elaboración Propia

**b) LA TEMPERATURA (°C)**

- ❖ Se toma la altura (m.s.n.m.) y el promedio de la Temperatura media anual (°C) de cada Estación meteorológica que se ha tomado para esta investigación.

Estación Meteorológica	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (°C)
Jaén	618	26.4
La Cascarilla	1991	17.70
Chontali	1625.5	19.7

- ❖ Se dibuja la gráfica Temperatura Media anual (°C) vs Altura (m.s.n.m.)

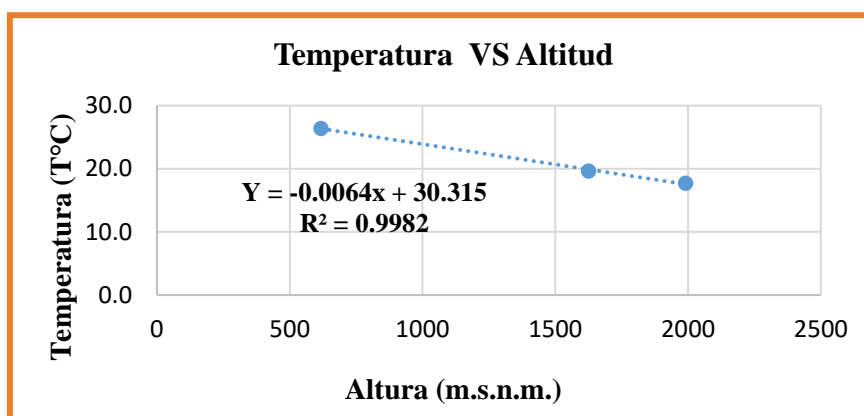


Figura 27: Gráfica de Temperatura Vs Altitud

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ De la gráfica se obtiene una ecuación lineal:  $Y = -0.0064X + 30.315$  y se aplica para las alturas de las estaciones, arrojando como resultado los siguientes datos.

Estación Meteorológica	Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura Media Anual (mm)
Jaén	618	26.36
La Cascarilla	1991	17.57
Chontali	1625.5	19.91
<b>Estación Areal</b>	<b>2039</b>	<b>17.27</b>

**Nota:** Para la estación areal se toma la altura media de la cuenca (2039 m.s.n.m.)

- ❖ Para continuar con el cálculo de la estación areal se procede a encontrar un factor que multiplicara a los datos meteorológicos de la estación más cercana a la cuenca, en este caso la estación La cascarilla.

$$F_c = \frac{T_{\text{media Anual Estacion Areal}}}{T_{\text{media Anual La Cascarilla}}$$

$$F_c = \frac{17.27}{17.57}$$

$$F_c = 0.98$$

- ❖ Y como resultado se obtiene  $F_c = 0.98$  Con este factor se procede a multiplicar cada dato meteorológico de la estación La Cascarilla y se obtiene como resultado la tabla N°15.
- ❖ Se proceso el registro de datos obtenidos, del cual se obtiene datos medios mensuales (Temperaturas Medias mensuales), con los cuales se trabajara para determinar los caudales medios mensuales de la cuenca en estudio.

Tabla 15

*Estación Areal – Temperatura (°C)(E=2039 m.s.n.m)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sept.	Oct	Nov	Dic	Promedio
1993	16.54	16.96	16.63	17.54	17.86	16.69	16.36	16.85	17.17	19.24	20.07	19.76	17.64
1996	16.35	16.65	16.69	16.69	16.60	15.93	15.75	16.05	17.10	19.51	20.24	19.76	17.28
1997	16.97	16.08	16.97	16.88	16.45	16.17	16.09	16.31	17.49	20.44	19.77	19.05	17.39
1998	16.81	17.22	17.47	17.72	17.08	15.76	16.07	17.07	17.58	20.17	20.51	20.07	17.79
1999	16.49	15.87	16.24	16.14	16.07	15.84	15.31	15.76	16.94	19.42	20.54	19.49	17.01
2000	16.85	16.21	16.39	16.11	16.35	15.93	15.26	15.86	16.32	19.59	20.40	19.45	17.06
2001	15.60	15.52	16.25	16.67	16.55	15.56	15.87	15.87	17.08	20.16	19.86	20.09	17.09
2002	16.93	16.50	16.62	16.97	16.58	16.13	15.60	16.50	17.32	19.75	19.21	19.44	17.30
2003	16.74	16.62	16.52	16.75	16.26	15.98	15.46	16.11	17.12	20.38	20.13	19.39	17.29
2004	17.60	16.92	16.58	17.13	16.84	15.49	15.34	15.85	16.77	19.77	19.69	19.74	17.31
2005	17.14	17.19	16.91	17.15	16.77	16.29	15.62	16.58	17.23	19.96	20.09	19.66	17.55
2006	16.60	16.60	16.31	16.57	16.02	15.85	15.67	16.54	17.17	20.93	20.25	19.39	17.32
2007	16.24	17.04	16.62	16.98	16.88	15.85	15.61	16.06	16.47	20.06	19.82	19.54	17.26
2008	15.95	16.02	16.45	16.78	16.39	15.85	15.76	16.74	16.76	19.79	20.96	20.52	17.33
2009	16.09	16.29	16.58	16.65	16.77	16.11	16.03	16.93	17.01	20.09	20.22	19.47	17.36
2010	16.66	17.58	17.63	17.75	17.28	16.80	16.52	17.06	17.55	20.97	20.56	19.89	18.02
2011	16.94	16.67	16.88	16.85	16.98	16.36	15.97	16.51	16.75	20.07	20.41	19.32	17.47
2012	16.21	15.96	16.53	16.80	16.51	16.27	15.81	16.42	16.62	20.06	20.56	19.99	17.31
2013	16.58	16.73	17.16	17.22	16.83	16.00	15.57	16.09	17.03	20.17	20.96	20.23	17.55
2014	16.40	16.49	16.39	16.58	16.62	16.45	16.03	16.11	17.04	20.19	20.44	19.51	17.35
2015	15.97	16.87	16.51	16.78	16.71	16.40	16.27	16.85	17.56	21.16	20.92	19.50	17.62
2018	16.33	16.60	16.67	16.70	16.67	15.92	15.77	16.20	17.17	20.35	20.32	18.67	17.28
<b>PROMEDIO</b>	16.54	16.57	16.68	16.88	16.68	16.07	15.81	16.38	17.06	20.10	20.27	19.63	<b>17.39</b>

Fuente: Elaboración Propia



c) **HUMEDAD RELATIVA (%)**

Se toma la altura (m.s.n.m.) y el promedio de la Humedad relativa anual (%) de cada Estación meteorológica que se ha tomado para esta investigación.

Estación Meteorológica	Altitud (m.s.n.m.)	Humedad relativa anual (%)
Jaén	618	70.6
La Cascarilla	1991	82.90
Chontali	1626.5	77.8

- ❖ Se dibuja la gráfica Humedad Relativa Media anual (%) vs Altura (m.s.n.m.)

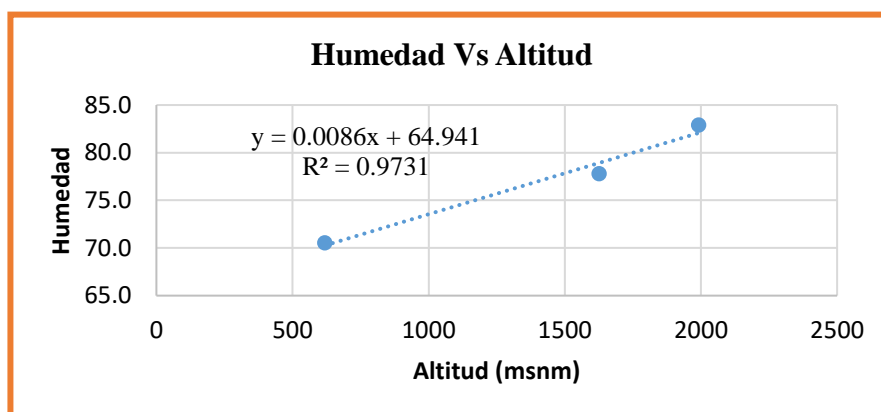


Figura 28: Grafica Humedad Relativa Vs Altitud

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ De la gráfica se obtiene una ecuación lineal:  $Y = 0.0086X + 64.941$  y se aplica para las alturas de las estaciones, arrojando como resultado los siguientes datos.

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	Humedad relativa media anual (%)
Jaén	618	70.26
Chontali	1626.5	78.93
La Cascarilla	1991	82.06
<b>Estación Areal</b>	<b>2039</b>	<b>82.48</b>

**Nota:** Para la estación areal se toma la altura media de la cuenca (2039 m.s.n.m.)

- ❖ Para continuar con el cálculo de la estación areal se procede a encontrar un factor que multiplicara a los datos meteorológicos de la estación más cercana a la cuenca, en este caso la estación La cascarilla.

$$F_c = \frac{HR_{media\ Anual\ Estacion\ Areal}}{HR_{media\ Anual\ La\ Cascarilla}}$$

$$Fc = \frac{82.48}{78.93}$$

$$Fc = 1.04$$

- ❖ Y como resultado se obtiene  $Fc = 1.04$ . Con este factor se procede a multiplicar cada dato meteorológico de la estación La Cascarilla y se obtiene como resultado la tabla 16.
- ❖ Se procesó el registro de datos obtenidos, del cual se obtiene datos medios mensuales (Humedad Relativa media mensual), con los cuales se trabajará para determinar los caudales medios mensuales de la cuenca en estudio.

Tabla 16

*Estación Areal – Humedad Relativa (%) (E=2039 m.s.n.m)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sept	Oct	Nov	Dic	Promedio
1993	90.99	91.75	93.42	93.50	88.83	90.60	91.17	88.84	86.41	92.07	90.76	91.10	90.79
1996	90.36	91.61	92.59	91.44	92.81	90.71	86.16	85.06	81.93	87.66	89.79	95.89	89.67
1997	93.30	97.44	97.33	97.40	95.85	93.05	84.13	84.89	83.54	83.34	89.67	93.62	91.13
1998	94.91	95.09	93.64	94.58	92.45	90.24	85.97	83.29	79.21	90.36	89.53	86.82	89.67
1999	92.67	96.03	92.67	94.88	92.90	93.92	93.69	88.37	84.91	85.65	86.44	89.40	90.96
2000	87.70	91.82	91.61	93.87	94.07	92.94	91.50	88.02	88.63	85.09	76.27	86.50	89.00
2001	92.23	93.33	90.76	89.77	92.36	90.01	89.33	84.89	82.67	86.20	88.49	87.52	88.96
2002	90.14	94.19	93.37	92.86	92.40	89.83	91.97	84.88	83.11	88.65	93.30	94.34	90.75
2003	92.35	93.49	93.62	92.54	93.66	92.26	87.52	83.73	83.23	87.14	86.96	88.22	89.56
2004	80.36	89.23	92.96	90.26	90.29	88.35	89.93	80.78	82.35	89.12	88.31	91.56	87.79
2005	87.63	91.39	93.15	91.22	90.21	88.71	82.74	78.27	79.11	87.43	81.66	87.95	86.62
2006	89.91	94.69	93.98	91.19	88.31	88.29	87.27	86.30	83.22	79.43	88.30	92.61	88.63
2007	95.72	89.07	92.92	94.22	94.11	93.95	93.30	91.11	87.84	86.36	92.45	93.59	92.05
2008	94.84	92.27	92.14	91.13	92.91	88.80	90.20	83.42	84.22	92.16	88.95	86.87	89.83
2009	94.95	93.84	92.84	92.60	92.13	91.38	88.33	83.95	84.13	86.47	83.01	91.84	89.62
2010	89.22	90.17	88.96	91.76	90.59	89.41	87.67	77.29	82.43	80.61	85.55	87.31	86.75
2011	89.12	91.53	84.34	93.39	89.67	91.07	89.46	81.90	84.40	79.22	88.75	92.40	87.94
2012	95.25	94.73	93.05	92.38	90.69	87.94	85.86	83.08	80.58	90.65	86.90	86.93	89.00
2013	94.37	94.87	93.39	87.51	93.13	92.56	87.09	86.77	81.21	87.86	82.15	89.46	89.20
2014	93.40	93.83	93.51	94.00	95.55	95.43	95.19	88.69	87.37	89.46	87.90	92.20	92.21
2015	93.71	91.17	94.88	91.71	92.05	90.39	90.74	84.33	82.93	84.10	87.94	90.02	89.50
2018	93.32	94.16	92.82	92.64	93.32	90.75	90.23	88.91	85.31	89.64	90.73	92.06	91.16
<b>Promedio</b>	91.66	92.99	92.63	92.49	92.19	90.94	89.07	84.85	83.58	86.76	87.45	90.37	<b>89.58</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4. Evapotranspiración

Se calculo la evapotranspiración de la cuenca en estudio por dos métodos para el año promedio.

##### a) PRIMER METODO: METODO THORNITHWAITE

Este método se basa en el índice térmico (i) y la latitud. Este método utiliza datos accesibles (temperatura media mensual) para hacer el cálculo.

Para calcular la evapotranspiración se aplica la fórmula 15, que está en función al índice térmico anual, a la constante que depende de cada lugar, a la temperatura media mensual, a número de años luz y finalmente a número de días de cada mes.

Para determinar el índice térmico mensual se utilizó la fórmula 12 mencionada en este estudio. Para ello se utiliza la temperatura media mensual.

Se determina el índice térmico anual (I) utilizando la fórmula 13, que se indica en la parte teórica de esta investigación.

Para calcular la constante que se determina para cada lugar (a) se utiliza la fórmula 14 que está en función del índice térmico anual(I).

Finalmente se determina la evapotranspiración, para ello se toma las horas luz de la zona en la que se encuentra ubicada la cuenca, en este caso la zona 17 sur, ver tabla 16.

Latitud	E	F	M	A	M	J <sub>N</sub>	J <sub>L</sub>	A	S	O	N	D	
Norte	50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70
	45	0.80		1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
	40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
	35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
	30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
	25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.71	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
	20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
	15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
	10	0.98	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
	5	1.00	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
0	1.02	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	
Sur	5	1.04	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
	10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
	15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
	20	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
	25	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
	30	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
	35	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
	40	1.27	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.20	1.29
	45	1.31	1.10	1.07	0.91	0.81	0.71	0.78	0.90	0.99	1.17	1.26	1.36
	50	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.29	1.41

Figura 29: Número máximo de horas de sol

Fuente: Máximo Villon, 2002

Para determinar las horas luz para la zona 17 sur se realizó una interpolación con los datos de la zona 15 sur y 20 sur, dando como resultado la tabla 17.

**Tabla 17**

*Horas Luz*

HORAS LUZ (s)												
ZONA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20	11	11.5	12	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
17	11.18	11.56	12	12.54	12.92	13.12	13.02	12.68	12.24	11.76	11.32	11.08
15	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la evapotranspiración calculada para cada mes se muestran en la tabla 18

Tabla 18

*Resultados de la Evapotranspiración*

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sept	Oct	Nov	Dic
Temperatura mensual	16.54	16.57	16.68	16.88	16.68	16.07	15.81	16.38	17.06	20.10	20.27	19.63
i =	6.12	6.14	6.20	6.31	6.20	5.86	5.71	6.03	6.41	8.22	8.32	7.93
a =	$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0.49239$											
Eto sin corregir =	58.52	58.70	59.38	60.66	59.40	55.61	53.99	57.48	61.76	82.58	83.80	79.21
No horas Luz (N)=	11.18	11.56	12	12.54	12.92	13.12	13.02	12.68	12.24	11.76	11.32	11.08
No días mes =	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto (mm/mes) =	56.34	52.78	61.36	63.39	66.09	60.80	60.53	62.77	63.00	83.63	79.05	75.58

Fuente: Elaboración Propia

**b) SEGUNDO METODO: de Hargreaves**

Para determinar la evapotranspiración mediante este método está en función de la altura media de la cuenca ( E =2039 m.s.n.m.), de la humedad relativa media mensual, temperatura media mensual y de un factor mensual según la latitud (en este caso la cuenca está en la latitud sur )

Para determinar este factor mensual se toma de la ilustración 14 y dando como resultado la tabla 19.

Tabla 19

*Factor mensual según latitud para la cuenca Amojú.*

FACTOR MENSUAL DE LATITUD - MF												
Meses												Latitud
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Set	Oct	Nov.	Dic	Sur
2.416	2.189	2.363	2.134	2.020	1.854	1.960	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407	5

Fuente: Elaboración Propia

CH: Es un factor que está en función de la humedad relativa media mensual de la cuenca

$$CH = 0.166 ( 100 - HR )^{1/2}$$

CE: Este factor está en función a la altura media de la cuenca

$$CE = 1 + 0.04 ( E / 2000)$$

La temperatura media mensual se convierte de grados Celsius (°C) a grados Fahrenheit (°F)

Ya con estos datos resueltos se procede a calcular la evapotranspiración aplicando la fórmula 16 y dado como resultado la tabla 19.

$$ET_o = TMF \times MF \times CH \times CE$$

Tabla 20

*Evapotranspiración Mensual para el Año Promedio.*

MES	No de días	Temperatura media mensual (°C)	TMF (°F)	MF	HR (%)	CH	E	CE	ETP (mm/día)	ETP (mm/mes)
Enero	31	16.54	61.780	2.416	91.66	0.4795	2039	1.04	2.403	74.488
Febrero	30	16.57	61.832	2.189	92.99	0.4396	2039	1.04	2.064	61.929
Marzo	31	16.68	62.027	2.363	92.63	0.4505	2039	1.04	2.217	68.730
Abril	30	16.88	62.390	2.134	92.49	0.4548	2039	1.04	2.101	63.017
Mayo	31	16.68	62.033	2.020	92.19	0.4638	2039	1.04	1.951	60.484
Junio	31	16.07	60.932	1.854	90.94	0.4998	2039	1.04	1.896	58.761
Julio	28	15.81	60.452	1.960	89.07	0.5489	2039	1.04	2.418	67.691
Agosto	31	16.38	61.480	2.126	84.85	0.6460	2039	1.04	2.835	87.883
Septiembre	30	17.06	62.702	2.234	83.58	0.6727	2039	1.04	3.269	98.068
Octubre	31	20.10	68.183	2.411	86.76	0.6041	2039	1.04	3.334	103.354
Noviembre	30	20.27	68.484	2.345	87.45	0.5882	2039	1.04	3.277	98.309
Diciembre	31	19.63	67.342	2.407	90.37	0.5151	2039	1.04	2.803	86.890
						89.58	TOTAL			929.604

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5. Coeficiente de Escurrimiento

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se hizo por dos métodos.

- **Mediante de método de TURC:** el cual está en función de un déficit de escurrimiento y el promedio de la precipitación media anual para el año promedio. Para ello se aplica la fórmula 19 de la teoría mencionada en esta investigación.

Como valor de la precipitación media anual se toma el promedio de la suma de todos los años en estudio.

El déficit de escurrimiento se calcula en base al promedio de la precipitación media anual (P) y un coeficiente (L) de la temperatura media mensual del año promedio.

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$$

Con el valor de L se procede a calcular el déficit de escurrimiento aplicando la siguiente formula:

$$D = \frac{P}{(0.9 + (\frac{P}{L})^2)^{0.5}}$$

Cuando ya se calcula el Déficit de escurrimiento y se conoce el valor del promedio de precipitación media anual (P), se procede a Calcular el coeficiente de escurrimiento aplicando la fórmula 19 de la teoría mencionada en esta investigación, dando como resultado en la tabla 21

**Tabla 21**

*Coeficiente de Escurrimiento según el método de TURC*

<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>T</b>	<b>17.39</b>
<b>DEFICIT DE ESCURRIMIENTO (D)</b>	<b>D</b>	967.64
<b>COEFICIENTE DE TEMPERATURA (L)</b>	<b>L</b>	997.74
<b>PRECIPITACION (mm)</b>	<b>P</b>	3765.75
<b>COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO</b>	<b>C</b>	<b>0.49</b>

Fuente: Elaboración Propia

- Método de la Misión Alemana: El cual está en función de la evapotranspiración y el promedio de la precipitación media mensual, para ello aplicamos la siguiente formula:

$$C = 3.16E12 * (P^{-0.571}) * (EP^{-3.686})$$

Donde:

C : Coeficiente de Esgurrimento.

P: Precipitación media mensual (promedio) (mm)

EP: Evapotranspiración (mm)

Los resultados se presentan en la tabla 22.

Tabla 22

*Coefficiente de Esgurrimento por el método de la Misión Alemana.*

<b>PRECIPITACION (mm)</b>	<b>P</b>	3765.75
<b>EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)</b>	<b>EP</b>	929.604
<b>COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO</b>	<b>C</b>	<b>0.33</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

Se puede observar que los valores del coeficiente de esgurrimento(C) que se calculó mediante el método de Turc y el método de la Misión Alemana ( empírico para la sierra del Perú) varía de 0.49 a 0.33, respectivamente. Se cree conveniente trabajar con el promedio de ambos resultados.

<b>PROMEDIO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO</b>	<b>0.39</b>
--	-------------

#### 4.2.6. Precipitación efectiva.

Para el cálculo de la precipitación efectiva se multiplica el coeficiente de esgurrimento (C = 0.39) de la Cuenca Areal del río Amojú en estudio por la precipitación media mensual (Tabla 16), dando como resultado la Tabla 23.

Tabla 23

*Precipitación Efectiva de La Cuenca*

PRECIPITACION EFECTIVA												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	43.12	50.50	89.18	88.18	27.60	122.13	128.39	99.10	25.23	141.92	71.91	170.89
1996	51.33	74.11	21.62	79.38	50.92	39.51	3.86	19.13	24.36	59.01	17.55	47.31
1997	27.60	104.12	18.30	92.62	55.27	53.45	28.84	19.17	22.12	69.47	52.99	61.21
1998	93.08	90.09	40.50	125.57	99.97	21.25	15.31	11.74	25.48	96.48	93.24	29.96
1999	111.34	161.01	42.70	75.44	132.85	65.28	50.67	10.83	68.26	92.83	47.35	146.22
2000	67.56	62.58	60.34	96.61	110.18	62.37	41.33	32.45	77.81	13.03	21.50	51.08
2001	91.38	40.79	15.19	88.35	76.94	9.05	20.96	12.53	51.79	73.95	106.81	58.35
2002	54.98	84.61	16.85	64.24	82.21	16.81	108.52	26.89	28.09	75.69	78.84	63.37
2003	51.62	58.39	19.79	74.28	94.74	56.48	25.48	27.39	16.85	72.29	58.43	58.93
2004	46.31	33.16	32.70	69.76	94.20	33.28	23.82	11.54	34.36	65.28	97.89	66.48
2005	33.45	94.03	59.67	69.55	51.79	39.71	11.70	15.48	27.26	87.06	77.02	85.65
2006	99.80	114.62	51.71	46.44	35.63	50.11	9.67	10.66	0.00	66.94	92.56	112.21
2007	93.99	33.49	56.85	62.29	64.32	35.65	33.45	28.30	35.11	101.00	152.42	81.75
2008	73.62	173.33	51.75	45.52	57.27	40.75	36.14	27.22	14.98	68.47	78.97	10.79
2009	154.70	81.09	57.56	93.99	79.34	33.94	61.75	25.19	30.17	71.00	56.39	68.84
2010	54.94	86.94	10.46	105.49	20.58	17.76	4.61	8.67	22.49	46.48	25.06	64.98
2011	89.30	71.29	49.05	80.34	34.15	29.21	29.80	11.54	37.68	53.41	82.00	167.07
2012	165.91	112.13	37.89	97.35	34.11	23.86	40.13	20.79	11.16	76.11	59.18	103.49
2013	51.79	95.24	22.16	38.38	126.23	39.26	28.22	36.89	22.20	78.10	15.69	62.29
2014	89.34	79.63	65.52	62.04	177.53	45.02	14.65	24.52	23.86	45.40	73.49	110.76
2015	181.59	82.29	118.85	90.80	81.87	16.14	74.61	29.96	22.87	16.93	50.83	57.22
2018	106.65	81.38	13.36	65.07	115.20	23.11	29.80	18.30	8.51	86.27	154.16	55.69
<b>Promedio</b>	83.34	84.76	43.27	77.80	77.40	39.73	37.35	24.01	28.67	70.78	71.10	78.84

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.7. Retención de La Cuenca.**

La retención de la cuenca está en función al área de la cuenca, almacenamiento en acuíferos, lagunas, pantanos y nevados y nevados.

Lutz Schulz propone que:

- ❖ Almacenamiento de Acuíferos:  $LA = -750 * I + 350$
- ❖ Almacenamientos de lagunas y pantanos = 500 mm/año
- ❖ Almacenamiento de Nevados = 500 mm/año.

El área de la cuenca se conoce el valor = 114 km<sup>2</sup>



Esta cuenca no tiene nevados, lagunas, pantanos, por lo tanto se considera como 0 el área de cada uno respectivamente.

Con todos estos valores se aplica la fórmula 23 que se indica en la teoría de esta investigación, obteniendo como resultado la Tabla

Tabla 24

*Retención de la Cuenca*

<b>Coefficiente</b>	<b>Ca</b>	<b>20</b>	<b>%</b>
<b>Área de la Cuenca</b>	AR	<b>114.00</b>	<b>Km2</b>
<b>Almacenamiento de acuíferos</b>	LA	<b>299.89</b>	<b>mm/año</b>
<b>Pendiente del Cauce Principal</b>	I	<b>6.68</b>	<b>%</b>
<b>Área de Lagunas</b>	AL	<b>0</b>	<b>Km2</b>
<b>Almacenamiento Lagunas y Pantanos</b>	LL	<b>500</b>	<b>mm/año</b>
<b>Área de los nevados</b>	AN	<b>0</b>	<b>Km2</b>
<b>Almacenamiento de Nevados</b>	LN	<b>500</b>	<b>mm/año</b>
<b>Retención de la Cuenca</b>	R	<b>59.98</b>	<b>mm/año</b>

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.7.1. Coeficiente de Agotamiento**

Para encontrar el coeficiente de agotamiento se toma en cuenta que la temperatura de la cuenca es mayor a 10°C y la retención de la cuenca es de 59.98 mm/año, lo que indica que es una cuenca de agotamiento muy rápido que se encuentra dentro de rango (50mm/año – 80 mm/año).

Aplicando la fórmula que determina una cuenca de agotamiento muy rápido se llega a calcular  $\alpha$

$$\alpha = -0.00252 * \ln(AR) + 0.034$$














$\alpha =$	0.0288166
------------	-----------

Para determinar el periodo del ciclo hidrológico de la cuenca se toma como base la tabla 3 que plantea Lutz Scholz para Cajamarca.

Se considero los meses que menciona Lutz Scholz, como meses lluviosos (Avenidas) y el resto de meses como meses donde hay muy poca lluvia (Estiaje)

Tabla 25

*Periodos del ciclo hidrológico en la Cuenca del rio Amojú según Lutz Scholz*

PERIODO HIDROLOGICO	MESES DEL AÑO												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>AVENIDAS</b>													
<b>ESTIAJE</b>													

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar la relación de caudales del flujo base ( $b_0$ ) para los meses muy poco lluviosos en la cuenca la siguiente formula que está en base al coeficiente de agotamiento:

$$b_0 = e^{(-\alpha)*t}$$

Tabla 26

*Valores de la relación de caudales del flujo base.*

<b>Valores de la relación de Caudales del flujo base</b>		
<b>Mes</b>	<b>Dias(t)</b>	<b>bo</b>
Abril	30	0.42
Mayo	31	0.17
Junio	30	0.07
Julio	31	0.03
Agosto	31	0.01
Setiembre	31	0.005
<b>Total "bm" =</b>		<b>0.713</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular la retención de la cuenca del Rio Amojú en los mese muy poco lluvioso se aplica se multiplica del valor de retención de la cuenca (59.98 mm/año) por el caudal flujo base de cada mes de en estiaje.

Los valores de retención por mes de estiaje se muestra en la tabla 26.

Tabla 27

*Valores del gasto de la retención en la Cuenca Amojú*

<b>Valores de la Retención de la Cuenca del Amojú</b>			
<b>Mes</b>	<b>Días(t)</b>	<b>bo</b>	<b>Gi (mm/año)</b>
<b>Abril</b>	30	0.42	25.27
<b>Mayo</b>	31	0.17	10.34
<b>Junio</b>	30	0.07	4.36
<b>Julio</b>	31	0.03	1.78
<b>Agosto</b>	31	0.01	0.73
<b>Setiembre</b>	31	0.005	0.30

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28

*Coefficientes de abastecimiento para la región Cajamarca*

<b>Región</b>	<b>Meses del año (a%)</b>						<b>Total</b>
	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	
<b>Cajamarca</b>	25	-5	0	20	25	35	100

Fuente: Lutz Scholz

Para determinar los valores de abastecimiento a la cuenca en los meses de lluviosos se ha tomado los valores (tabla 3) que considera Lutz Scholz para Cajamarca. Con estos valores de cada mes se procede a conocer el bastecimiento de la cuenca en los meses de lluvia y se muestran en la tabla 29.

Tabla29

*Valores del abastecimiento de la retención en la Cuenca Amojú*

<b>Abastecimiento de la Retención de la cuenca</b>			
<b>Mes</b>	<b>Días ( t)</b>	<b>ai</b>	<b>Ai (mm/mes)</b>
Octubre	31	0.25	14.99
Noviembre	30	-0.05	-3.00
Diciembre	31	0	0.00
Enero	31	0.2	12.00
Febrero	28	0.25	14.99
Marzo	31	0.35	20.99

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. GENERACIÓN DE CAUDALES

#### 4.3.1. Caudales mensuales para el año promedio

Se muestran en la Tabla 30, los parámetros más importantes que se han utilizado en el cálculo de caudales para el año promedio, de tal forma , muestra la transformación de la precipitación media mensual en precipitación efectiva de escurrimiento, el gasto y el abastecimiento de la retención considerado para la cuenca Amojú”

Tabla 30

*Caudales generados para el Año Promedio en la Cuenca Amojú*

MES	N° DIAS	PRECIP. MENSUAL	CONTRIBUCION DE LA RETENCION			CAUDALES	
		PRECIPIT. EFECTIVA	G (mm/mes)	Ai (mm/mes)	Qm (mm/mes)	Qm(m3/s)	
Enero	31	79.36		12.00	67.36	2.87	
Febrero	28	80.72		14.99	65.72	3.10	
Marzo	31	41.21		20.99	20.21	0.86	
Abril	30	74.09	0.73		74.82	3.29	
Mayo	31	73.71	0.30		74.01	3.15	
Junio	30	37.84	4.36		42.19	1.86	
Julio	31	35.57	1.78		37.35	1.59	
Agosto	31	22.87	0.73		23.60	1.00	
Setiembre	30	27.30	0.30		27.60	1.21	
Octubre	31	67.40		14.99	52.40	2.23	
Noviembre	30	67.71		-3.00	70.71	3.11	
Diciembre	31	75.08		0.00	75.08	3.20	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.2. Caudales mensuales para un período extendido

En la tabla 27 se muestran los coeficientes estadísticos que se mencionan, como resultado de la regresión múltiple de los caudales promedios mensuales generados (Q y Q t-1) y la precipitación efectiva promedio mensual (PE) generadas en la aplicación del modelo.

Tabla31:

*Caudales generados para un periodo extendido en la Cuenca Amojú*

<b>MES</b>	<b>Qt</b>	<b>Qt - 1</b>	<b>Pef</b>	<b>Qt̄</b>
Enero	67.36	75.08	79.36	72.09
Febrero	65.72	67.36	80.72	73.62
Marzo	20.21	65.72	41.21	37.84
Abril	74.82	20.21	74.09	69.43
Mayo	74.01	74.82	73.71	66.97
Junio	42.19	74.01	37.84	34.46
Julio	37.35	42.19	35.57	33.63
Agosto	23.60	37.35	22.87	22.30
Setiembre	27.60	23.60	27.30	26.85
Octubre	52.40	27.60	67.40	63.08
Noviembre	70.71	52.40	67.71	62.40
Diciembre	75.08	70.71	75.08	68.38
<b>SUMATORIA</b>	<b>631.1</b>	<b>631.1</b>	<b>682.8</b>	<b>631.1</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32:

*Coefficientes Estadísticos de la regresión múltiple*

<b>Coefficientes Estadísticos (Regresión Múltiple)</b>	
<b>B3</b>	0.907214469
<b>B2</b>	-0.03874705
<b>B1</b>	3.00225909
<b>n</b>	12
<b>P</b>	3
<b>Σ(e<sup>2</sup>)</b>	777.6
<b>S</b>	9.30
<b>r<sup>2</sup></b>	0.919

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 31 y 32 se deduce que las series entre los caudales del mes anterior, los caudales actuales y la precipitación efectiva actual utilizando la regresión múltiple, alcanzan una buena correlación ( $r = 0.919$ ).

Para determinar los caudales Extendidos de la cuenca Areal se aplica la fórmula 35 que se indica en la teoría de esta investigación.

El cálculo de estos caudales está en función de:

- Caudales del año promedio y Precipitación efectiva que se muestran en la Tabla 33.
- Coeficientes estadísticos (regresión lineal ) que se muestran en la Tabla 34

Y como resultado se muestra en la tabla 31 los valores de los caudales extendidos mensuales (mm/mes).

Tabla 33:

*Caudales Extendidos de la cuenca Areal en mm/mes*

<b>CAUDALES EXTENDIDOS (mm/mes) <math>Q_t = B_1 + B_2 * Q_{(t-1)} + B_3 * P_{EF} + S * \sqrt{(1 - r^2)} * z</math></b>												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Año Promedio</b>	<b>71.34</b>	<b>69.77</b>	<b>22.28</b>	<b>78.53</b>	<b>77.70</b>	<b>45.62</b>	<b>39.13</b>	<b>24.74</b>	<b>28.96</b>	<b>55.78</b>	<b>74.10</b>	<b>78.84</b>
1993	41.33	46.29	82.69	82.67	27.23	111.93	117.50	92.59	25.11	131.51	66.39	157.04
1996	47.31	69.14	20.60	72.38	47.06	38.14	5.31	20.07	24.25	56.21	16.54	43.19
1997	26.29	94.99	18.16	86.47	50.88	48.87	27.05	17.99	20.44	63.42	50.09	57.76
1998	86.64	83.36	37.12	114.31	91.46	19.64	16.41	11.65	23.62	90.04	85.16	29.41
1999	103.70	148.25	39.74	69.35	121.68	59.55	48.20	11.75	62.50	84.50	44.68	135.30
2000	62.67	57.24	55.54	90.03	102.19	57.28	38.44	30.30	71.51	14.18	21.40	47.71
2001	85.23	37.61	14.40	81.32	71.15	9.89	20.56	12.01	49.09	69.71	99.55	53.38
2002	51.50	77.65	17.63	60.68	76.61	15.54	100.54	26.27	26.20	70.07	73.81	58.08
2003	47.97	53.89	18.54	68.54	87.76	52.81	24.09	26.54	16.11	66.81	55.86	55.63
2004	44.39	32.90	32.02	64.25	87.68	30.43	23.32	11.79	32.76	59.54	89.28	61.44
2005	33.09	87.30	55.82	64.23	48.64	36.34	11.92	16.61	26.77	81.69	71.90	78.20
2006	93.33	104.87	48.19	43.64	34.14	47.53	11.23	10.78	2.43	62.85	85.81	103.80
2007	87.21	32.03	54.34	57.48	59.84	32.97	32.19	27.27	32.73	92.59	139.51	75.66
2008	68.41	157.64	49.17	42.55	52.36	38.76	35.59	26.34	15.10	64.81	73.30	12.14
2009	141.72	75.93	54.60	85.67	74.73	32.60	57.93	24.22	28.60	66.74	52.75	64.65
2010	51.37	80.78	11.02	96.43	19.65	18.86	4.73	9.38	20.80	42.42	24.60	60.49
2011	81.72	65.96	46.68	75.05	31.67	28.68	28.38	12.32	36.10	49.24	76.39	154.16
2012	152.20	103.92	36.61	89.00	32.07	24.08	37.36	21.44	11.74	71.41	54.00	96.07
2013	47.69	88.18	21.33	37.23	117.34	37.55	28.34	35.26	20.69	71.93	15.41	58.84
2014	83.83	72.79	62.09	58.00	162.73	41.56	15.71	24.62	24.27	42.92	66.94	100.82
2015	165.84	76.22	110.57	84.83	75.74	15.59	69.69	27.59	22.21	17.82	47.39	52.17
2018	97.00	74.10	14.63	60.82	105.80	21.44	29.56	19.12	9.77	80.67	140.19	52.92
<b>PROMEDIOS</b>	<b>77.29</b>	<b>78.23</b>	<b>40.98</b>	<b>72.04</b>	<b>71.75</b>	<b>37.27</b>	<b>35.64</b>	<b>23.45</b>	<b>27.40</b>	<b>65.96</b>	<b>65.95</b>	<b>73.13</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 33 se muestra los caudales extendidos en m<sup>3</sup>/s.

Para la convertir los caudales se requiere del valor del área de la cuenca areal (A=114 Km<sup>2</sup>)

Tabla 34:

*Caudales Extendidos de la cuenca Amojú en m<sup>3</sup>/s.*

CAUDALES EXTENDIDOS (m <sup>3</sup> /s)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1993	1.76	2.18	3.52	3.64	1.16	4.92	5.00	3.94	1.10	5.60	2.92	6.68
1996	2.01	3.26	0.88	3.18	2.00	1.68	0.23	0.85	1.07	2.39	0.73	1.84
1997	1.12	4.48	0.77	3.80	2.17	2.15	1.15	0.77	0.90	2.70	2.20	2.46
1998	3.69	3.93	1.58	5.03	3.89	0.86	0.70	0.50	1.04	3.83	3.75	1.25
1999	4.41	6.99	1.69	3.05	5.18	2.62	2.05	0.50	2.75	3.60	1.97	5.76
2000	2.67	2.70	2.36	3.96	4.35	2.52	1.64	1.29	3.15	0.60	0.94	2.03
2001	3.63	1.77	0.61	3.58	3.03	0.44	0.88	0.51	2.16	2.97	4.38	2.27
2002	2.19	3.66	0.75	2.67	3.26	0.68	4.28	1.12	1.15	2.98	3.25	2.47
2003	2.04	2.54	0.79	3.01	3.74	2.32	1.03	1.13	0.71	2.84	2.46	2.37
2004	1.89	1.55	1.36	2.83	3.73	1.34	0.99	0.50	1.44	2.53	3.93	2.62
2005	1.41	4.11	2.38	2.82	2.07	1.60	0.51	0.71	1.18	3.48	3.16	3.33
2006	3.97	4.94	2.05	1.92	1.45	2.09	0.48	0.46	0.11	2.67	3.77	4.42
2007	3.71	1.51	2.31	2.53	2.55	1.45	1.37	1.16	1.44	3.94	6.14	3.22
2008	2.91	7.43	2.09	1.87	2.23	1.70	1.51	1.12	0.66	2.76	3.22	0.52
2009	6.03	3.58	2.32	3.77	3.18	1.43	2.47	1.03	1.26	2.84	2.32	2.75
2010	2.19	3.81	0.47	4.24	0.84	0.83	0.20	0.40	0.91	1.81	1.08	2.57
2011	3.48	3.11	1.99	3.30	1.35	1.26	1.21	0.52	1.59	2.10	3.36	6.56
2012	6.48	4.90	1.56	3.91	1.36	1.06	1.59	0.91	0.52	3.04	2.37	4.09
2013	2.03	4.16	0.91	1.64	4.99	1.65	1.21	1.50	0.91	3.06	0.68	2.50
2014	3.57	3.43	2.64	2.55	6.93	1.83	0.67	1.05	1.07	1.83	2.94	4.29
2015	7.06	3.59	4.71	3.73	3.22	0.69	2.97	1.17	0.98	0.76	2.08	2.22
2018	4.13	3.49	0.62	2.68	4.50	0.94	1.26	0.81	0.43	3.43	6.17	2.25
PROMEDIOS	3.29	3.69	1.74	3.17	3.05	1.64	1.52	1.00	1.21	2.81	2.90	3.11

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4. Caudal medido en el río Amojú.

El caudal aforado en el mes de Agosto del 2019, dio un valor de 2.20 m<sup>3</sup>/s

Se utilizó un correntómetro para medir las velocidades del río, para luego determinar una velocidad promedio con la que se trabajó.

Se realizó medidas de la sección del río para determinar su área.

Si bien es cierto, el registro de caudales generados por el modelo son hasta el año 2018 y los caudales aforados fueron en el año 2019, ésta es otra limitante del presente trabajo. Con las aclaraciones mencionadas, se ha evaluado que, los caudales medidos han superado a los caudales generados.

### CAUDAL AFORADO EN EL RIO AMOJU (m<sup>3</sup>/s)

Tabla 35:

Velocidades aforadas en el río Amojú.

VELOCIDAD	Unidad
V1 =	0.2 m/s
V2 =	0.6 m/s
V3 =	0.9 m/s
V4 =	1.3 m/s
V5 =	0.6 m/s
V6 =	0.9 m/s
V7 =	0.35 m/s
<b>V promedio =</b>	<b>0.69 m/s</b>

Fuente: Elaboración Propia

AREA CALCULADA EN EL CAD	
AT =	3.17 m <sup>2</sup>

Tabla 36:

*Caudal aforado en el río Amojú*

MES	Agosto
Caudal aforado en el río	<b>2.20 m<sup>3</sup>/S</b>
Coordenada Este	739645
Coordenada Norte	9368066
Cota	861 m.s.n.m

Fuente: Elaboración Propia



## V. DISCUSIONES

- ❖ Actualmente en la ciudad de Jaén no se cuenta con investigaciones realizadas aplicando el modelo determinístico – Estocástico de Lutz Scholz. Por lo tanto esta investigación realizada es la primera en realizarse aplicando la teoría de Lutz Scholz. Lo que implica que más adelante esta investigación puede servir de base para realizar otros estudios de esta cuenca del río Amojú con un estudio más profundo.
- ❖ En la ciudad de Cajamarca se realizó la Tesis Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Hídrico en la Micro cuenca del Río El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017, pero no se podría hacer una comparación con respecto a esta investigación realizada a la cuenca del Río Amojú, debido que los parámetros de la cuenca del río Tuyo son diferentes a la cuenca en estudio de esta investigación, pero si se puede decir que el método es aplicable para todas cuencas de la sierra peruana.
- ❖ En el departamento de Puno se realizó la Tesis Generación de Descargas Medias Mensuales de la Cuenca del Río Coata Mediante el Método Determinístico - Estocástico Lutz Scholz”, para esta investigación se aplicaron factores diferentes a los de Cajamarca y hay una diferencia abismal en sus resultados ya que esta cuenca se ubica en una región totalmente diferente a la región Cajamarca por lo tanto para esta investigación se aplicó el mismo modelo de Lutz Schultz pero en este caso el abastecimiento de la cuenca para los meses de avenidas se tomó los datos para del Cuzco. (Tabla 2)
- ❖ El Coeficiente de Gravelius resultó 1.38, clasificando a la cuenca en Oblonga, este valor indica que hay menores riesgos de inundaciones frente a tormentas extremas.

- ❖ El factor de forma está alrededor de 0.42 indicando que la microcuenca tiene mayor desarrollo en su “Ancho” es decir la precipitación se produce en forma simultánea en toda la cuenca ni tampoco con la misma intensidad, debido a lo cual las concentraciones de las intensidades de la precipitación no son constantes.
- ❖ En vista de que no existe una ecuación general para la determinación del coeficiente de escurrimiento, para la zona de estudio (cuenca del río Amojú), se estimaron y analizaron los valores utilizando las fórmulas de Turc. Y la ecuación validada para la región de la sierra del sur del Perú, propuesta por la misión alemana través del plan Meris II (1980), los cuales muestran una ligera diferencia en sus resultados cuyos valores son de 0.42 y 0.35, de los cuales se trabajó con el promedio de ambos respectivamente.
- ❖ La metodología de Lutz Scholz, para el cálculo de caudales mensuales tiene la ventaja o otros métodos de thornthwaite (balance hídrico en el suelo), porque el método de Lutz Schultz es un método realizado para nuestra realidad peruana (sierra) y sus resultados son bastantes cercanos a la realidad, además nos proporcionan datos de caudales extendidos a travez de los años que nos permite una evaluación hidrológica más completa del recurso hídrico.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES.

- ❖ Con las precipitaciones mensuales totales, temperaturas medias, y Humedad relativa de las estaciones climatológicas de La Cascarilla, Jaén, y Chontali se calculó las precipitaciones mensuales totales, temperaturas medias, y Humedad relativa de la estación areal para la altitud media del proyecto  $E = 2039$  msnm.
- ❖ Se calculó el coeficiente de escurrimiento  $C=0.39$  dato que sirvió para el cálculo de las precipitaciones efectivas dando como resultado la tabla N° 23.
- ❖ Se calculó la Retención de la cuenca  $R=59.98$  mm/año. Se clasifica en una cuenca de agotamiento muy rápido.
- ❖ Se calculo los caudales extendidos para ello se determinó los siguiente:
  - Con el coeficiente de escurrimiento y la retención de la cuenca se calculó los caudales de flujo base (gasto) que aportaran a la escorrentía en los meses de verano (abril – setiembre) resultado tabla 26.
  - Con la tabla 27 coeficientes de abastecimiento de la Región Cajamarca, multiplicado por la retención de la cuenca se calculó el abastecimiento de la cuenca en meses lluviosos resultado tabla 28.
  - Con la precipitación efectiva calculada, el gasto, y el abastecimiento de retención se realizó un balance hídrico determinándose los caudales mensuales de escurrimiento en la cuenca Amojú.

MES	Qm(m <sup>3</sup> /s)
Enero	2.87
Febrero	3.1
Marzo	0.86
Abril	3.29
Mayo	3.15
Junio	1.86
Julio	1.59
Agosto	1
Setiembre	1.21
Octubre	2.23
Noviembre	3.11
Diciembre	3.2

Se puede apreciar en la tabla anterior que el menor caudal del río Amojú se da en el mes de marzo con 0.86 m<sup>3</sup>/s y el máximo caudal el mes de abril con 3.29 m<sup>3</sup>/s.

- Mediante el modelo estocástico que consiste en una combinación de un proceso Markoviano de primer orden, y las precipitaciones efectivas a través de los años se logró realizar la extensión de los datos extendidos de los caudales.

CAUDALES EXTENDIDOS (m <sup>3</sup> /s)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Días</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>
1993	1.76	2.18	3.52	3.64	1.16	4.92	5.00	3.94	1.10	5.60	2.92	6.68
1996	2.01	3.26	0.88	3.18	2.00	1.68	0.23	0.85	1.07	2.39	0.73	1.84
1997	1.12	4.48	0.77	3.80	2.17	2.15	1.15	0.77	0.90	2.70	2.20	2.46
1998	3.69	3.93	1.58	5.03	3.89	0.86	0.70	0.50	1.04	3.83	3.75	1.25
1999	4.41	6.99	1.69	3.05	5.18	2.62	2.05	0.50	2.75	3.60	1.97	5.76
2000	2.67	2.70	2.36	3.96	4.35	2.52	1.64	1.29	3.15	0.60	0.94	2.03
2001	3.63	1.77	0.61	3.58	3.03	0.44	0.88	0.51	2.16	2.97	4.38	2.27
2002	2.19	3.66	0.75	2.67	3.26	0.68	4.28	1.12	1.15	2.98	3.25	2.47
2003	2.04	2.54	0.79	3.01	3.74	2.32	1.03	1.13	0.71	2.84	2.46	2.37
2004	1.89	1.55	1.36	2.83	3.73	1.34	0.99	0.50	1.44	2.53	3.93	2.62
2005	1.41	4.11	2.38	2.82	2.07	1.60	0.51	0.71	1.18	3.48	3.16	3.33
2006	3.97	4.94	2.05	1.92	1.45	2.09	0.48	0.46	0.11	2.67	3.77	4.42
2007	3.71	1.51	2.31	2.53	2.55	1.45	1.37	1.16	1.44	3.94	6.14	3.22
2008	2.91	7.43	2.09	1.87	2.23	1.70	1.51	1.12	0.66	2.76	3.22	0.52
2009	6.03	3.58	2.32	3.77	3.18	1.43	2.47	1.03	1.26	2.84	2.32	2.75
2010	2.19	3.81	0.47	4.24	0.84	0.83	0.20	0.40	0.91	1.81	1.08	2.57
2011	3.48	3.11	1.99	3.30	1.35	1.26	1.21	0.52	1.59	2.10	3.36	6.56
2012	6.48	4.90	1.56	3.91	1.36	1.06	1.59	0.91	0.52	3.04	2.37	4.09
2013	2.03	4.16	0.91	1.64	4.99	1.65	1.21	1.50	0.91	3.06	0.68	2.50
2014	3.57	3.43	2.64	2.55	6.93	1.83	0.67	1.05	1.07	1.83	2.94	4.29
2015	7.06	3.59	4.71	3.73	3.22	0.69	2.97	1.17	0.98	0.76	2.08	2.22
2018	4.13	3.49	0.62	2.68	4.50	0.94	1.26	0.81	0.43	3.43	6.17	2.25
<b>PROMEDIOS</b>	<b>3.29</b>	<b>3.69</b>	<b>1.74</b>	<b>3.17</b>	<b>3.05</b>	<b>1.64</b>	<b>1.52</b>	<b>1.00</b>	<b>1.21</b>	<b>2.81</b>	<b>2.90</b>	<b>3.11</b>

## 6.2. RECOMENDACIONES

Partiendo del estudio realizado y de los resultados obtenidos durante el proceso de Investigación, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ❖ El modelo matemático precipitación-escorrentía propuesto por el Ing. Lutz Scholz puede ser empleado para la generación de caudales medios mensuales en puntos de interés dentro de la cuenca del río Amojú, tomando en cuenta el régimen de aporte y almacenamiento que se produzca dentro de la cuenca
- ❖ Implementar en la cuenca con programas de medición de caudales, para poder calibrar modelos de precipitación escorrentía que son muy útiles cuando se estima los caudales.
- ❖ Esta investigación puede servir de base para continuar con los estudios de toda la cuenca del río Amojú profundizando más en el tema.
- ❖ Con el cálculo realizado de los caudales mensuales, información importante para realizar estudios de balance hídrico con fines de acreditación hídrica en futuros proyectos hidráulicos en la cuenca Amojú.
- ❖ Los caudales mensuales extendidos calculados, dato importante que nos da el método aplicado que sirve para evaluar el comportamiento hídrico de la cuenca a través de los años, este dato es muy importantes para el dimensionamiento de obras hidráulicas, por ejemplo el dimensionamiento de presas de embalse.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

MÁXIMO VILLÓN BÉJAR (2002), Hidrología Estadística. Segunda edición, enero 2002, Editorial Villón, Lima-Perú.

Cahuana Andía, A. (2009). Material de Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Hidrología. Cochabamba. (Disponible en: <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias>)

Walter Mamani Cáceres (2015), Tesis Generación de Descargas Medias Mensuales de la Cuenca del Rio Coata Mediante el Método Determinístico - Estocástico Lutz Scholz”

Jheimmy Frank Julcamoro Ispilco (2017), Tesis Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Hídrico en la Micro cuenca del Rio El Tuyo en el Distrito de Catilluc, Provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017

Gravelius, H. (1914). Flsskunde. Goschen Verlagshan dlug Berlin, I. (1985): Morphometry of Drainage Bassins. Amsterdam, Elsevier

Scholz, L. (1980). Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana. Cusco, Perú: Plan Meris II. (Disponible en <https://www.sites.google.com/site/mehepgirhunalm/clase-7>)

Vásquez Villanueva, A. (2000). Manejo de Cuencas Altoandinas. Lima, Perú: Ediciones FIMART S.A.C, 515 pp.

López Cadenas de Llano, F. (1998). Restauración Hidrológica Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental, TRANGSATEC, Ministerio de Medio Ambiente. Editorial Mundi Prensa. España

Absalón Vásquez V., Lorenzo Ch., 1992 “El riego” Tomo I.

Juan Julio Ordoñez Gálvez , 2011 “Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico” Lima - Perú

<http://www.eureka.ya.com/>

Sánchez San Roman, J. (2001), El agua en el suelo.  
Web.usual.es/~javisan/hidro/temas/T04

**DEDICATORIA:**

A Dios por haberme dado La fuerza para nunca rendirme en cada obstáculo que se presentó en mi formación profesional y permitirme lograr cumplir una de mis metas.

A mi padres Carmen y Hernán por ser ejemplo de lucha constante y enseñarme que todo lo bueno en la vida se logra con mucho esfuerzo.

A mis hermanos Yini, Pedro, Duverli y Cristian por su apoyo en cada momento de mi formación profesional.



**AGRADECIMIENTO:**

A Dios por haberme permitido lograr una de mis metas y por qué siempre me dio La fuerza para superar cada obstáculo que se presentó en el camino de mi formación profesional

A mi padres Carmen y Hernán por su apoyo incondicional (moral y económico).

Al ing. Juan Olano Guzmán por su asesoría y dedicación en este investigación desde el inicio hasta su culminación.

Al SENAMHI por haberme brindado la data meteorológica de las estaciones que solicite.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. ANEXO 01: DATOS METEREOLÓGICOS OBTENIDOS DEL SENAMHI

#### 8.1.1. ESTACION JAEN

TABLA 01:

*Precipitaciones (Mm)*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1993	26	163.3	214.9	50.2	41.4	54.3	37.3	49.5	50.7	78.6		
1996	27.4	123.5	52.1	54		34.3	0.5	9.5	27.5	38.3	31.7	68.3
1997	36	79.6	44.1	76.9	67.6	46.6	35	30	6.9	47.9	72.4	20.9
1998	36.6	49	97.6	143.7		40.8	12.6	9.7	20.4	153.5	46.2	2.6
1999	52.2	233.9	102.9		107.3	68.5	44.7	5.9	66	59.6	37.5	136.6
2000	38.2	121.8	145.4	89.8	58.4	80	96.8	23.2	58.2	22.6	13.8	65.4
2001	101.1	33.4	36.6	43.4	61.7	6.6	12.8	11.9	59.4	35.7	84.4	
2002	35	103	40.6	105.5	118	8.7	75.1	2.3	25.6	134.7	80.2	37.2
2003	36.7	135.6	47.7	114.3	130.4	84.5	30.1	25	24.8	73.1	44.5	65.5
2004	14.7	20.7	78.8	117.2	103.1	29.7	8.4	10.9	23.5	67.8	84.7	51.8
2005	25.8	128.7	143.8	81.2	36.1	69.1	3.1	22.9	36.9	67.1	119	125.7
2006	84.1	173.4	124.6	19.2	43.6	73.3	3	19.1		43.8	87.6	47.3
2007	51.4	58.3	137	117.6	80.7	37.7	62	24.9	14.4	129.4	139.8	51.8
2008	54.4	176.6	124.7	43.8	69.5	65	34.7	10.7	36.7	83.8	70.4	43
2009	167.6	56.9	138.7	169.1	47.6	32.5	41.2	26.4	37.6	99.2	41.5	29.4
2010	35.7	67.7	25.2	121.8	46.9	19.6	11.6	24.9	23	69.1	38.4	138.6
2011	77.4	78.1	118.2	145.9	93.5	25.3	53.6	8.6	13.8	53.9	89.9	154.2
2012	80.1	72.2	91.3	98.2	18.6	30.1	20.1	14.1	13.7	101.6	92.2	91.5
2013	21.1	98.2	53.4	48.7	140.1	15.6	22.4	28.2	19.8	142.8	0.7	43.6
2014	63.1	110.5	157.9	141.4	248.8	35.1	39	34	26.5	20.2	82.3	96.1
2015	169.7	101	286.4	80.4	80.4	8.7	112.8	32.6	7.2	20.7	62.8	57.1
2018	75.2	111.2	32.2	88.6	90.2	28.4	35.1	14.1	22.4	44.8	144	55.3

Fuente: SENAMHI

Tabla 2

Temperatura (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1993	25.3	24.98	24.71	24.46	25.02	24.28	24.08	24.06	25.3	25.11	25.86	25.44
1996	26.72	25.72	26		25.77	25.85	25	25.34			26.63	26.19
1997	26.67	25.12	26.25	25.81	24.67	24.7	24.54	24.42	26.49	27.24	26.57	26.61
1998	26.5	27.73	27.12	27.02	26.4	26	26.54	27.25	27.7	27.26	27.31	28.18
1999	27.56	26.82	25.64	25.3	25.16	25.35	24.58	25.49	26.27	25.85	26.71	25.98
2000	25.64	25.26	24.8	24.56	25.17	25.01	24.47	24.83	25.49	26.09	26.7	25.82
2001	24.68	24.35	25.21	25.61	25.66	25.23	25.76	26.64	27.33	28.15	27.54	27.5
2002	26.34	25.68	26.22	26.42	25.38	25.67	25.21	26.91	27.78	27.33	26.39	26.67
2003	27.12	26.4	26.79	26.88	26.06	25.98	25.14	26.51	27.43	27.27	27.41	26.05
2004	27.36	26.89	26.23	26.8	26.21	25.52	25.43	25.71	26.43	26.73	27.41	27.34
2005	26.95	26.79	26.56	26.7	26.3	25.99	25.72	25.99	26.54	26.33	25.78	25.54
2006	25.58	24.77	25.04	25.58	25.15	25.19	25.29	25.86	27.11	27.26	26.98	25.94
2007	25.24	26.01	25.53	25.73	25.94	24.94	24.62	25.62	25.74	26	25.36	25.56
2008	24.9	24.86	25.09	25.48	25.26	24.67	24.97	26.17	25.91	26.13	26.75	26.96
2009	25.11	24.8	25.27	25.19	25.25	24.79	24.49	25.5	25.96	26.74	26.94	25.82
2010	25.53	25.98	26.63	27	26.06	25.98	26.08	26.5	26.76	27.34	26.86	25.99
2011	25.89	25.6	25.82	25.6	25.88	25.38	24.74	26.85	26.44	27.12	27.2	25.39
2012	24.86	24.8	25.08	25.61	25.27	24.92	24.83	25.79	26.44	26.23	26.58	26.12
2013	25.58	25.96	25.94	26.1	25.59	24.69	24.85	25.71	27	26.81	27.52	26.83
2014	25.43	25.26	24.85	25.39	25.22	24.84	24.92	25.31	26.03	26.3	26.71	25.54
2015	25.03	25.53	24.93	25.33	25.02	25.26	25.02	26.06	27.22	27.35	27.02	25.38
2018	25.28	25.43	25.09	25.52	25.72	24.91	24.95	25.15	26.51	27.09	27.06	25.42

Fuente: SENAMHI

**TABLA 3:**

<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>
1993	71.46	74.27	74.77	73.39	73.95	74.67	73.37	72.8	74.46	71.7	72.39	72.64
1996	69.98	75.98	75.96		76.78	72.91	69.76	70.56				72.46
1997	73	78.72	73.53	78.95	83.94	83.42	81.8	81.46	75.58	73.67		
1998							75.26			76.18		
1999			85.6	84.16	85.23	85.12	84	79.97	78.43	77.88	75.86	81.04
2000	80.14	81.09	83.99	85.05			84.66	82.85	79.48		62.67	75.8
2001	84.31	83.41			81	79.27	77.58	66.01	66.25	62.24	64.37	67.87
2002	75.39	78.85	76.01	75.96	80.44	74.24	77.98	65.61	63.85	67.08	73.51	72.23
2003	71.9	75.69	73.38	72.47	74.99	75.69	77.76	73.6	72.26	71.84	79.99	78.6
2004	72.12	73.3	78	74.18	77.25	76.7	75.5	72.55	74.61	77.71	76.8	78.93
2005	79.97	82.73	83.36	82.29	82.61	82.77	83.25	83.21	78.96	81.06	81.36	83.48
2006	84.75	87.05	84.87	81.66	79.51	79.31	75.32	74.77	69.39	66.75	70.9	75.96
2007	80.41	74.63	75.58	77.13	76.62	78.04	77.68	72.38	72.1	72.85	78.56	74.91
2008	78.74	78.2	79.05	78.34	78.12	78.47	76.19	70.98	72.78	74.74	74.04	75.49
2009	82.7	84.36	82.37	81.94	80.85	80.52	80.17	76.67	74.97	75.03	73.26	79.8
2010	79.95	79.93	77.34	75.74	78.08	76.75	76.5	74.69	75.32	73.47	73.17	78.96
2011	79.43	80.77	77.95	79.8	78.94	80.51	81.59	71.86	74.74	70.95	73.8	81.78
2012	83.94	84.12	83.64	81.86	79.87	79.59	80.25	75.94	73.51	78.55	77.83	77.06
2013	80.13	78.59	79.43	77.32	80.95	81.66	76.18	74.25	67.34	73.16	68.33	71.15
2014	77.01	82.07	84.59	83.36	83.77	82.38	81.04	80.73	78.09	79.43	76.82	82.88
2015	82.98	81.73	84	83.16	84.48	81.85	81.43	77.96	73.56	74.81	76.46	80.97
2018	78.11	79.26	79.99	78.78	78.86	77.43	75.67	74.88	70.69	71.44	71.77	74.01

*Humedad Relativa (%)*

Fuente: SENAMHI

### 8.1.2. Estación La Cascarilla

TABLA 4:

*Precipitaciones (Mm)*

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1993	103.9	121.7	264.9	212.5	66.5	294.3	309.4	238.8	60.8	342	173.3	411.8
1996	123.7	178.6	245.1	191.3	122.7	95.2	9.3	46.1	58.7	142.2	42.3	114
1997	66.5	250.9	95.9	223.2	133.2	128.8	69.5	46.2	53.3	167.4	127.7	147.5
1998	224.3	217.1	197.4	302.6	240.9	51.2	36.9	28.3	61.4	232.5	224.7	72.2
1999	268.3	388	271.3	181.8		157.3	122.1	26.1	164.5	223.7	114.1	
2000	162.8	150.8	310.3	232.8	265.5	150.3	99.6	78.2	187.5	31.4	51.8	123.1
2001	220.2	98.3	106.3	212.9	185.4	21.8	50.5	30.2	124.8	178.2	257.4	140.6
2002	132.5	203.9		154.8	198.1	40.5	261.5	64.8	67.7	182.4	190	152.7
2003	124.4	140.7	210.7	179	228.3	136.1	61.4	66	40.6	174.2	140.8	142
2004	111.6	79.9	143.3	168.1	227	80.2	57.4	27.8	82.8	157.3	235.9	160.2
2005	80.6	226.6	269	167.6	124.8	95.7	28.2	37.3	65.7	209.8	185.6	206.4
2006	240.5	276.2	285.9	111.9			23.3	25.7		161.3		270.4
2007	226.5	80.7	170.3	150.1	155	85.9	80.6	68.2	84.6	243.4	367.3	197
2008	177.4	417.7	258.1	109.7	138	98.2	87.1	65.6	36.1	165	190.3	26
2009	372.8	195.4	341.4	226.5	191.2	81.8	148.8	60.7	72.7	171.1	135.9	165.9
2010	132.4	209.5	92.4	254.2	49.6	42.8	11.1	20.9	54.2	112	60.4	156.6
2011	215.2	171.8	171	193.6	82.3	70.4	71.8	27.8	90.8	128.7	197.6	402.6
2012	399.8	270.2	278.3	234.6	82.2	57.5	96.7	50.1	26.9	183.4	142.6	249.4
2013	124.8	229.5	180.7	92.5	304.2	94.6	68	88.9	53.5	188.2	37.8	150.1
2014	215.3	191.9	430.3	149.5	427.8	108.5	35.3	59.1	57.5	109.4	177.1	266.9
2015	437.6	198.3	528	218.8	197.3	38.9	179.8	72.2	55.1	40.8	122.5	137.9
2018	257	196.1	135.6	156.8	277.6	55.7	71.8	44.1	20.5	207.9	371.5	134.2

Fuente: SENAMHI

Tabla 5:

*Temperatura (°C)*

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1993	16.83	17.26	16.93	17.85	18.18	16.99	16.65	17.15	17.48	17.12	17.64	17.66
1996	16.64	16.95	16.99	16.99	16.9	16.21	16.03	16.34	17.4	17.44	17.48	16.89
1997	17.27	16.37	17.27	17.18	16.74	16.46	16.38	16.6	17.8	18.26	17.71	16.75
1998	17.11	17.53	17.78	18.04	17.38	16.04	16.36	17.37	17.89	17.57	17.56	17.43
1999	16.78	16.15	16.53	16.43	16.36	16.12	15.58	16.04	17.24	17.15	17.85	17.45
2000	17.15	16.5	16.68	16.4	16.64	16.21	15.53	16.14	16.61	17.37	17.97	17.29
2001	15.88	15.8	16.54	16.97	16.84	15.84	16.15	16.15	17.38	17.79	17.71	17.9
2002	17.23	16.79	16.92	17.27	16.87	16.42	15.88	16.79	17.63	17.42	16.88	16.9
2003	17.04	16.92	16.81	17.05	16.55	16.26	15.74	16.4	17.42	17.79	17.82	17.21
2004	17.91	17.22	16.87	17.43	17.14	15.77	15.61	16.13	17.07	17.38	17.74	17.36
2005	17.44	17.5	17.21	17.46	17.07	16.58	15.9	16.87	17.54	17.48	17.74	16.98
2006	16.9	16.9	16.6	16.86	16.3	16.13	15.95	16.83	17.48	18.16	17.56	16.97
2007	16.53	17.34	16.92	17.28	17.18	16.13	15.89	16.35	16.76	17.35	17.05	17.14
2008	16.23	16.31	16.74	17.08	16.68	16.13	16.04	17.04	17.06	17.28	17.9	17.56
2009	16.38	16.58	16.88	16.95	17.07	16.4	16.32	17.23	17.31	17.72	18.05	17.21
2010	16.96	17.89	17.94	18.07	17.59	17.1	16.81	17.36	17.86	18.21	18.1	17.28
2011	17.24	16.97	17.18	17.15	17.28	16.65	16.25	16.8	17.05	17.72	17.87	17.14
2012	16.5	16.24	16.82	17.1	16.8	16.56	16.09	16.71	16.92	17.13	18	17.52
2013	16.87	17.03	17.47	17.53	17.13	16.28	15.85	16.38	17.33	17.27	17.98	17.29
2014	16.69	16.78	16.68	16.87	16.92	16.74	16.32	16.4	17.34	17.37	17.74	17.2
2015	16.25	17.17	16.8	17.08	17.01	16.69	16.56	17.15	17.87	18.21	18.09	17.13
2018	16.62	16.9	16.97	17	16.97	16.2	16.05	16.49	17.48	17.58	17.58	16.53

Fuente: SENAMHI

**TABLA 6:***Humedad Relativa (%)*

<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>
1993	87.08	87.8	89.4		85.01	86.7	87.25	85.02	82.69	88.11	86.86	87.18
1996	86.47	87.67	88.61	87.51	88.82	86.81	82.45	81.4	78.41	83.89	85.93	91.77
1997	89.29	93.25	93.14	93.21	91.73	89.05	80.51	81.24	79.95	79.76	85.81	89.59
1998	90.83	91	89.61	90.51	88.47	86.36	82.27	79.71	75.8	86.47	85.68	83.09
1999	88.68	91.9	88.68	90.8	88.9	89.88			81.26	81.97	82.72	85.55
2000	83.93	87.87	87.67	89.83	90.02	88.94	87.56	84.23	84.82	81.43	72.99	82.78
2001	88.26	89.32	86.86	85.91	88.39	86.14	85.49	81.24	79.11	82.49	84.68	83.76
2002	86.26	90.14	89.35	88.87	88.43	85.97	88.01	81.23	79.54	84.84	89.29	90.28
2003	88.38	89.47	89.59	88.56	89.63	88.29	83.76	80.13	79.65	83.39	83.22	84.43
2004	76.9	85.39	88.96	86.38	86.41	84.55	86.06	77.31	78.81	85.29	84.51	87.62
2005	83.86	87.46	89.14	87.3	86.33	84.89	79.18	74.9	75.71	83.67	78.15	84.17
2006	86.04	90.62	89.94	87.27	84.51	84.49	83.52	82.59	79.64	76.01	84.5	88.63
2007	91.6	85.24	88.92	90.17	90.06	89.91	89.29	87.19	84.06	82.65	88.47	89.56
2008	90.76	88.3	88.18	87.21	88.91	84.98	86.32	79.83	80.6	88.2	85.12	83.13
2009	90.87	89.8	88.85	88.62	88.17	87.45	84.53	80.34	80.51	82.75	79.44	87.89
2010	85.38	86.29	85.13	87.81	86.69	85.56	83.9	73.97	78.88	77.14	81.87	83.55
2011	85.29		80.71	89.37	85.81	87.15	85.61	78.38	80.77	75.81	84.93	88.43
2012	91.15	90.66	89.05	88.41	86.79	84.16	82.17	79.51	77.11	86.75	83.16	83.19
2013	90.31	90.79	89.37	83.75	89.12	88.58	83.34	83.04	77.72	84.08	78.62	85.61
2014	89.38	89.79	89.49	89.96	91.44	91.33	91.1	84.88	83.61	85.61	84.12	88.23
2015	89.68	87.25	90.8	87.77	88.09	86.5	86.84	80.7	79.36	80.48	84.16	86.15
2018	89.31	90.11	88.83	88.66	89.31	86.85	86.35	85.09	81.64	85.78	86.83	88.1

Fuente: SENAMHI

### 8.1.3. Estación Chontali

TABLA 7:

*Precipitaciones (Mm)*

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1993	49.6	132	253.7	116.5	72.9	63.4	18.8	14.8		130.8	66.8	190.8
1996	133.6	109.9	142.3	154.1	106.2	36.6	12	37.3	47.7	134.4	67.5	57
1997	106.9	197.3	39.6	183.7	60.4	24	28.6	29.8	37.3	52.6	142.9	111.4
1998	95.3	112.1	202	253.5	115	61.2	37.1	13.2	39.2	152.4	120.5	58.4
1999	149.6	292.6	116.6	157.5	172	126.8	43.2	20.4	88.2	69.3	59.2	203.1
2000	32.4	136.3	283.4	191.7	186.6	69.4	38.9	31.3	76.8	18.5	20.6	119.6
2001	201.7	76.1	133.3	117.1	71.2	14.2	62.8	24.1		68.1	185.8	117.5
2002	56.8	105.7	98.8	181.2	119.5	28.7	92.4	7.4	39.1	125.4	146.8	105.6
2003	119.6	108.5	146.6	175.5	140.4		37.1	11.3	30.6	148.7	103.6	112
2004	93	35.1	135.6		105.1	63.8		21.7	69.2	158.1	111.3	140.8
2005	121.1	206.4	278.4	141.8	104.2	75.1	8.4	11.7	40.3	128.4	116.4	202.1
2006	153.3	172	250.6	130.5	55.8	110.3		14.1		118.5	172.7	112.5
2007	149.5	47.2	191.2	162.5	120.5	90.7	52.3	56	22.3	155.8	303.3	94
2008	121.5	303.3	163	167.4	63.9	64.9	74.3	44	49.7	164.5	234.9	47.6
2009	293.5	135.4	209.9	171.8	109	70.2	74.8	29.1	44.2	69	100.7	131.1
2010	61.8	248.6	141.2	202	83.8	54.3	21.1	23.7	38.1	81.6	81.2	99.2
2011	109.1	180.2	144.9	215.3	70.7	41.2	41.6	18.2	166.1	86.9	143.9	269.1
2012	305.5	180.2	202.2	223.9	92.9	48.5	40.5	38.5	15.2	245.5	132.4	151.3
2013	99.4	95.9	128.7	50.9	238.5	55.3	91.9	63.7	43.7	101.8	36.1	114.3
2014	103.7	117.9	206.4	81.7	202.7	94.3	37.4	39.9	32.5	97.2	113.8	136.8
2015	274.8	115.3	385.5	120.9	171.6	41.2	87	27.5	45.7	31.7	70.7	84.2
2018	147.2	71.3	133.8	110.1	225.5	36.1	24.8	19.5	53.4	120	291.8	94.5

Fuente: SENAMHI



Tabla 8:

*Temperatura (°C)*

<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>
1993	18.53	19.89	19.26	19.8	19.46	18.85	18.94	18.58	19.08	19.58	20.43	20.11
1996	19.09	19.52	19.54	19.33	19.44	19.19	18.66	18.46	20.21	19.86	20.6	20.11
1997	20.1	18.8	20.03	19.9	19.36	19.34	18.99	19.45	20.89	20.8	20.12	19.39
1998	19.73	20.76	20.39	20.6	20.14	19.23	19.01	20.27	20.77	20.53	20.87	20.43
1999	19.82	19.18	19.62	19.09	18.84	19.02	18.22	18.67	20.06	19.77	20.91	19.84
2000	19.5	18.89	19.03	19.03	19.39	18.77	18.45	18.65	19.44	19.94	20.76	19.8
2001	18.57	18.88	19.01	19.37	19.18	18.18	18.41	18.67	19.66	20.52	20.21	20.45
2002	19.67	19.51	19.33	19.79	19.26	18.93	18.44	19.24	20.1	20.1	19.55	19.79
2003	19.66	19.68	19.46	19.69	19.41	18.94	18.24	19.04	19.83	20.74	20.49	19.74
2004	20.23	19.52	19.59	20.38	19.99	18.33	18.35	18.75	19.36	20.12	20.04	20.09
2005	20.06	19.84	19.85	20.14	19.94	19.11	18.7	19.57	20.58	20.32	20.45	20.01
2006	19.56	19.61	19.48	19.76	19.25	18.99	18.76	19.81	20.64	21.3	20.61	19.73
2007	19.06	19.68	19.16	19.87	19.6	18.74	18.78	19.03	19.48	20.42	20.17	19.89
2008	19.26	19.4	19.92	19.88	19.52	18.82	18.47	19.61	19.86	20.14	21.33	20.89
2009	19.32	19.04	19.53	19.54	19.45	18.91	18.54	19.68	20.06	20.45	20.58	19.82
2010	19.09	19.98	20.13	20.44	20.13	19.36	19.28	19.99	20.6	21.34	20.93	20.24
2011	20.04	19.57	19.8	19.76	19.77	19.3	18.95	19.73	19.34	20.43	20.77	19.66
2012	19.29	19.05	19.32	20.02	19.24	18.9	18.72	19.49	19.97	20.42	20.93	20.35
2013	19.51	19.92	20.03	20.06	20.23	18.71	18.54	19.13	20	20.53	21.33	20.59
2014	19.45	19.35	19.44	19.72	19.71	19.06	19.04	19.05	19.98	20.55	20.8	19.86
2015	18.95	20.04	19.45	19.64	19.7	19.3	19.18	19.95	20.79	21.54	21.29	19.85
2018	19.57	19.96	19.51	19.65	19.47	18.76	18.79	19.34	20.72	20.71	20.68	19

Fuente: SENAMHI

Tabla 9

*Humedad Relativa (%)*

<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>
1993	84.93	81.84	86.27	84.83	84.52	82.41	78.93	81.99	79.65	82.04	81.5	84.96
1996	87.53	89.52	91.44	91.94	92.24	87.3	87.03	89.81	88.43	90.76	88.63	91.65
1997	90.5	94.48	93.45	93.93	94.66	94.56	80.88	73.93	71.28	74.93	80.3	85.32
1998	86.34	85	89.03	87.27	84.63	82.13	80.32	79.61	78.12	82.7	83.44	78.57
1999	83.64	87.71	86.16	89.79	87.72	87.27	82.89	77.19	77.36	77.89	74.41	82.43
2000	77.56	83.56	84.39	85.16	83.91	83.94	79.4	79.47	79.51	75.6	59.77	78.46
2001	84.24	84.09	84.23	83.47	87.08	82.44	83.06	75.66	76.45	75.86	78.28	80.15
2002	80.25	84.33	86	82.68	83.03	78.09	83.19	74.86	72.51	77.22	80.81	84.61
2003	82.17	83.87	84.33	83.26	83.91	83.98	79.42	75.99	73.81	74	78.28	79.91
2004	73.56	80.56	84.49	80.23	86.36	87.44	81.99	73.43	77.22	78.53	84.18	80.8
2005	78.21	85.75	85.1	83.93	81.35	83.4	74.01	71.43	69.57	76.66	68.94	77.64
2006	80.48	86.87	84.75	81.87	79.28	80.13	76.71	73.46	71.14	68.12	77.22	83.76
2007	88.15	79.55	85.59	84.73	83.72	82.1	78.97	76.7	75.24	75.53	81.86	76.03
2008	84.73	83.62	80.95	82.79	82.8	81.69	82.9	78.26	76.67	80.67	76.65	76.14
2009	87.89	89.09	85.89	84.33	84.05	83.44	82.4	75.75	75.27	78.1	74.72	82.64
2010	83.49	84.66	84.01	84.82	83.7	81.03	78.04	70.27	72.02	66.86	68.75	75.88
2011	77.28	81.07	77.96	85.99	80.82	81.78	79.22	72.85	77.59	70.06	76.64	83.95
2012	86.23	84.84	85.2	81.53	82.53	78.18	76.2	72.3	69.51	77.05	75.83	76.82
2013	85.25	83.03	84.47	80.12	82.5	82.35	78.08	78.48	73.15	77.25	70.96	78.09
2014	84.7	87.18	85.48	83.97	86.08	83.95	79.12	78.59	74	75.94	75.68	83.18
2015	85.25	81.69	88.3	85.7	84.31	80.54	82.51	75.01	73.34	74.27	75.32	82.35
2018	83.64	82.24	85.11	83.71	85.29	80.72	80.64	75.89	72.64	78.9	82.24	85.77

Fuente: SENAMHI

## 8.2. ANEXO 02: Completacion de Datos – Precipitación (Mm)


Tabla 10:

*Completacion de Datos de la Estación Chontali, La Cascarilla respectivamente*

Año/mes	JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI	Año/mes	JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI
	Marzo	Marzo	Marzo		Abril	Abril	Abril
1993	214.9	253.7	264.9	1993	50.2	212.5	116.5
1996	52.1	142.3	245.1	1996	54	191.3	154.1
1997	44.1	39.6	95.9	1997	76.9	223.2	183.7
1998	97.6	202	197.4	1998	143.7	302.6	253.5
1999	102.9	116.6	271.3	1999	90.63	181.8	157.5
2000	145.4	283.4	310.3	2000	89.8	232.8	191.7
2001	36.6	133.3	106.3	2001	43.4	212.9	117.1
2002	40.6	98.8	108.26	2002	105.5	154.8	181.2
2003	47.7	146.6	210.7	2003	114.3	179	175.5
2004	78.8	135.6	143.3	2004	117.2	168.1	166.77
2005	143.8	278.4	269	2005	81.2	167.6	141.8
2006	124.6	250.6	285.9	2006	19.2	111.9	130.5
2007	137	191.2	170.3	2007	117.6	150.1	162.5
2008	124.7	163	258.1	2008	43.8	109.7	167.4
2009	138.7	209.9	341.4	2009	169.1	226.5	171.8
2010	25.2	141.2	92.4	2010	121.8	254.2	202
2011	118.2	144.9	171	2011	145.9	193.6	215.3
2012	91.3	202.2	278.3	2012	98.2	234.6	223.9
2013	53.4	128.7	180.7	2013	48.7	92.5	50.9
2014	157.9	206.4	430.3	2014	141.4	149.5	81.7
2015	286.4	385.5	528	2015	80.4	218.8	120.9
2018	32.2	133.8	135.6	2018	88.6	156.8	110.1

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

 Datos obtenidos del Senamhi

 Datos completados

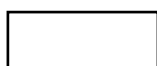
Tabla 11:

*Completación de Datos del Mes de Abril de los años 1999 y 2005 de las Estaciones Jaén y Chontali respectivamente*

Año/mes	LA			Año/mes	LA		
	JAEN	CASCARILLA	CHONTALI		JAEN	CASCARILLA	CHONTALI
	Mayo	Mayo	Mayo		Junio	Junio	Junio
1993	41.4	66.5	72.9	1993	54.3	294.3	63.4
1996	88.82	122.7	106.2	1996	34.3	95.2	36.6
1997	67.6	133.2	60.4	1997	46.6	128.8	24
1998	96.3	240.9	115	1998	40.8	51.2	61.2
1999	107.3	320.15	172	1999	68.5	157.3	126.8
2000	58.4	265.5	186.6	2000	80	150.3	69.4
2001	61.7	185.4	71.2	2001	6.6	21.8	14.2
2002	118	198.1	119.5	2002	8.7	40.5	28.7
2003	130.4	228.3	140.4	2003	84.5	136.1	110.77
2004	103.1	227	105.1	2004	29.7	80.2	63.8
2005	36.1	124.8	104.2	2005	69.1	95.7	75.1
2006	43.6	85.87	55.8	2006	73.3	120.75	110.3
2007	80.7	155	120.5	2007	37.7	85.9	90.7
2008	69.5	138	63.9	2008	65	98.2	64.9
2009	47.6	191.2	109	2009	32.5	81.8	70.2
2010	46.9	49.6	83.8	2010	19.6	42.8	54.3
2011	93.5	82.3	70.7	2011	25.3	70.4	41.2
2012	18.6	82.2	92.9	2012	30.1	57.5	48.5
2013	140.1	304.2	238.5	2013	15.6	94.6	55.3
2014	248.8	427.8	202.7	2014	35.1	108.5	94.3
2015	80.4	197.3	171.6	2015	8.7	38.9	41.2
2018	90.2	277.6	225.5	2018	28.4	55.7	36.1

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

 Datos obtenidos del Senamhi

 Datos completados

TABLA 12:

*Completacion de Datos de la Estación Chontali*

Año/mes	LA			Año/mes	LA		
	JAEN	CASCARILLA	CHONTALI		JAEN	CASCARILLA	CHONTALI
	Julio	Julio	Julio		Septiembre	Septiembre	Septiembre
1993	37.3	309.4	18.8	1993	50.7	60.8	71.18
1996	0.5	9.3	12	1996	27.5	58.7	47.7
1997	35	69.5	28.6	1997	6.9	53.3	37.3
1998	12.6	36.9	37.1	1998	20.4	61.4	39.2
1999	44.7	122.1	43.2	1999	66	164.5	88.2
2000	96.8	99.6	38.9	2000	58.2	187.5	76.8
2001	12.8	50.5	62.8	2001	59.4	124.8	103.52
2002	75.1	261.5	92.4	2002	25.6	67.7	39.1
2003	30.1	61.4	37.1	2003	24.8	40.6	30.6
2004	8.4	57.4	18.78	2004	23.5	82.8	69.2
2005	3.1	28.2	8.4	2005	36.9	65.7	40.3
2006	3	23.3	7.63	2006	00.0	00.0	0.00
2007	62	80.6	52.3	2007	14.4	84.6	22.3
2008	34.7	87.1	74.3	2008	36.7	36.1	49.7
2009	41.2	148.8	74.8	2009	37.6	72.7	44.2
2010	11.6	11.1	21.1	2010	23	54.2	38.1
2011	53.6	71.8	41.6	2011	13.8	90.8	166.1
2012	20.1	96.7	40.5	2012	13.7	26.9	15.2
2013	22.4	68	91.9	2013	19.8	53.5	43.7
2014	39	35.3	37.4	2014	26.5	57.5	32.5
2015	112.8	179.8	87	2015	7.2	55.1	45.7
2018	35.1	71.8	24.8	2018	22.4	20.5	53.4

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:



	Datos obtenidos del Senamhi
	Datos completados



Tabla 12:

*Completacion de Datos de las Estaciones Jaén y La Cascarilla respectivamente*

Año/mes	LA			Año/mes	LA		
	JAEN	CASCARILLA	CHONTALI		JAEN	CASCARILLA	CHONTALI
	Noviembre	Noviembre	Noviembre		Diciembre	Diciembre	Diciembre
1993	51.81	173.3	66.8	1993	137.33	411.8	190.8
1996	31.7	42.3	67.5	1996	68.3	114	57
1997	72.4	127.7	142.9	1997	20.9	147.5	111.4
1998	46.2	224.7	120.5	1998	2.6	72.2	58.4
1999	37.5	114.1	59.2	1999	136.6	352.36	203.1
2000	13.8	51.8	20.6	2000	65.4	123.1	119.6
2001	84.4	257.4	185.8	2001	58.7	140.6	117.5
2002	80.2	190	146.8	2002	37.2	152.7	105.6
2003	44.5	140.8	103.6	2003	65.5	142	112
2004	84.7	235.9	111.3	2004	51.8	160.2	140.8
2005	119	185.6	116.4	2005	125.7	206.4	202.1
2006	87.6	223.04	172.7	2006	47.3	270.4	112.5
2007	139.8	367.3	303.3	2007	51.8	197	94
2008	70.4	190.3	234.9	2008	43	26	47.6
2009	41.5	135.9	100.7	2009	29.4	165.9	131.1
2010	38.4	60.4	81.2	2010	138.6	156.6	99.2
2011	89.9	197.6	143.9	2011	154.2	402.6	269.1
2012	92.2	142.6	132.4	2012	91.5	249.4	151.3
2013	0.7	37.8	36.1	2013	43.6	150.1	114.3
2014	82.3	177.1	113.8	2014	96.1	266.9	136.8
2015	62.8	122.5	70.7	2015	57.1	137.9	84.2
2018	144	371.5	291.8	2018	55.3	134.2	94.5

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

	Datos obtenidos del Senamhi
	Datos completados

### 8.3.ANEXO 03: Completacion De Datos – Temperatura (°C)

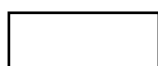
Tabla 13:

*Completacion de Datos de la Estación Jaén*

Año/mes	LA			Año/mes	LA		
	JAEN	CASCARILLA	CHONTALI		JAEN	CASCARILLA	CHONTALI
	Abril	Abril	Abril		Septiembre	Septiembre	Septiembre
1993	24.46	17.85	19.8	1993	25.3	17.48	19.08
1996	25.35	16.99	19.33	1996	26.70	17.4	20.21
1997	25.81	17.18	19.9	1997	26.49	17.8	20.89
1998	27.02	18.04	20.6	1998	27.7	17.89	20.77
1999	25.3	16.43	19.09	1999	26.27	17.24	20.06
2000	24.56	16.4	19.03	2000	25.49	16.61	19.44
2001	25.61	16.97	19.37	2001	27.33	17.38	19.66
2002	26.42	17.27	19.79	2002	27.78	17.63	20.1
2003	26.88	17.05	19.69	2003	27.43	17.42	19.83
2004	26.8	17.43	20.38	2004	26.43	17.07	19.36
2005	26.7	17.46	20.14	2005	26.54	17.54	20.58
2006	25.58	16.86	19.76	2006	27.11	17.48	20.64
2007	25.73	17.28	19.87	2007	25.74	16.76	19.48
2008	25.48	17.08	19.88	2008	25.91	17.06	19.86
2009	25.19	16.95	19.54	2009	25.96	17.31	20.06
2010	27	18.07	20.44	2010	26.76	17.86	20.6
2011	25.6	17.15	19.76	2011	26.44	17.05	19.34
2012	25.61	17.1	20.02	2012	26.44	16.92	19.97
2013	26.1	17.53	20.06	2013	27	17.33	20
2014	25.39	16.87	19.72	2014	26.03	17.34	19.98
2015	25.33	17.08	19.64	2015	27.22	17.87	20.79
2018	25.52	17	19.65	2018	26.51	17.48	20.72

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:



Datos obtenidos del Senamhi



Datos completados


Tabla 14:

*Completacion de Datos de la Estación Jaén*

Año/mes	JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI
	Octubre	Octubre	Octubre
1993	25.11	17.12	19.58
1996	26.23	17.44	19.86
1997	27.24	18.26	20.8
1998	27.26	17.57	20.53
1999	25.85	17.15	19.77
2000	26.09	17.37	19.94
2001	28.15	17.79	20.52
2002	27.33	17.42	20.1
2003	27.27	17.79	20.74
2004	26.73	17.38	20.12
2005	26.33	17.48	20.32
2006	27.26	18.16	21.3
2007	26	17.35	20.42
2008	26.13	17.28	20.14
2009	26.74	17.72	20.45
2010	27.34	18.21	21.34
2011	27.12	17.72	20.43
2012	26.23	17.13	20.42
2013	26.81	17.27	20.53
2014	26.3	17.37	20.55
2015	27.35	18.21	21.54
2018	27.09	17.58	20.71

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

 Datos obtenidos del Senamhi

 Datos completados



### 8.4.ANEXO 03: Completacion De Datos – Humedad Relativa (%)

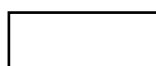
Tabla 15:

*Completacion de Datos de las Estaciones Jaén y La Cascarilla respectivamente*

Año/mes	JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI	Año/mes	JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI
	Enero	Enero	Enero		Febrero	Febrero	Febrero
1993	71.46	87.08	84.93	1993	74.27	87.8	81.84
1996	69.98	86.47	87.53	1996	75.98	87.67	89.52
1997	73	89.29	90.5	1997	78.72	93.25	94.48
1998	81.06	90.83	86.34	1998	78.6	91	85
1999	78.72	88.68	83.64	1999	84.68	91.9	87.71
2000	80.14	83.93	77.56	2000	81.09	87.87	83.56
2001	84.31	88.26	84.24	2001	83.41	89.32	84.09
2002	75.39	86.26	80.25	2002	78.85	90.14	84.33
2003	71.9	88.38	82.17	2003	75.69	89.47	83.87
2004	72.12	76.9	73.56	2004	73.3	85.39	80.56
2005	79.97	83.86	78.21	2005	82.73	87.46	85.75
2006	84.75	86.04	80.48	2006	87.05	90.62	86.87
2007	80.41	91.6	88.15	2007	74.63	85.24	79.55
2008	78.74	90.76	84.73	2008	78.2	88.3	83.62
2009	82.7	90.87	87.89	2009	84.36	89.8	89.09
2010	79.95	85.38	83.49	2010	79.93	86.29	84.66
2011	79.43	85.29	77.28	2011	80.77	87.59	81.07
2012	83.94	91.15	86.23	2012	84.12	90.66	84.84
2013	80.13	90.31	85.25	2013	78.59	90.79	83.03
2014	77.01	89.38	84.7	2014	82.07	89.79	87.18
2015	82.98	89.68	85.25	2015	81.73	87.25	81.69
2018	75.16	89.31	83.64	2018	80.71	90.11	82.24

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:



Datos obtenidos del Senamhi



Datos completados

Tabla 16:

*Completacion de Datos de las Estaciones  
Jaén y La Cascarilla respectivamente*

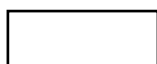
Año/mes	JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI
	Marzo	Marzo	Marzo
1993	74.77	89.4	86.27
1996	75.96	88.61	91.44
1997	73.53	93.14	93.45
1998	81.95	89.61	89.03
1999	85.6	88.68	86.16
2000	83.99	87.67	84.39
2001	78.16	86.86	84.23
2002	76.01	89.35	86
2003	73.38	89.59	84.33
2004	78	88.96	84.49
2005	83.36	89.14	85.1
2006	84.87	89.94	84.75
2007	75.58	88.92	85.59
2008	79.05	88.18	80.95
2009	82.37	88.85	85.89
2010	77.34	85.13	84.01
2011	77.95	80.71	77.96
2012	83.64	89.05	85.2
2013	79.43	89.37	84.47
2014	84.59	89.49	85.48
2015	84	90.8	88.3
2018	75.65	88.83	85.11

Año/mes	JAEN	LA CASCARILLA	CHONTALI
	Abril	Abril	Abril
1993	73.39	89.48	84.83
1996	80.23	87.51	91.94
1997	78.95	93.21	93.93
1998	77.4	90.51	87.27
1999	84.16	90.8	89.79
2000	85.05	89.83	85.16
2001	103.19	85.91	83.47
2002	75.96	88.87	82.68
2003	72.47	88.56	83.26
2004	74.18	86.38	80.23
2005	82.29	87.3	83.93
2006	81.66	87.27	81.87
2007	77.13	90.17	84.73
2008	78.34	87.21	82.79
2009	81.94	88.62	84.33
2010	75.74	87.81	84.82
2011	79.8	89.37	85.99
2012	81.86	88.41	81.53
2013	77.32	83.75	80.12
2014	83.36	89.96	83.97
2015	83.16	87.77	85.7
2018	78.27	88.66	83.71

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

 Datos obtenidos del Senamhi

 Datos completados

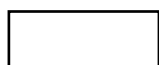
Tabla 17:

*Completacion de Datos de la Estación Jaén*

Año/mes	LA			Año/mes	LA		
	JAEN	CASCARILLA	CHONTALI		JAEN	CASCARILLA	CHONTALI
	<b>Mayo</b>	<b>Mayo</b>	<b>Mayo</b>		<b>Junio</b>	<b>Junio</b>	<b>Junio</b>
1993	73.95	85.01	84.52	1993	74.67	86.7	82.41
1996	76.78	88.82	92.24	1996	72.91	86.81	87.3
1997	83.94	91.73	94.66	1997	83.42	89.05	94.56
1998	50.23	88.47	84.63	1998	49.15	86.36	82.13
1999	85.23	88.9	87.72	1999	85.12	89.88	87.27
2000	80.3	90.02	83.91	2000	80.36	88.94	83.94
2001	81	88.39	87.08	2001	79.27	86.14	82.44
2002	80.44	88.43	83.03	2002	74.24	85.97	78.09
2003	74.99	89.63	83.91	2003	75.69	88.29	83.98
2004	77.25	86.41	86.36	2004	76.7	84.55	87.44
2005	82.61	86.33	81.35	2005	82.77	84.89	83.4
2006	79.51	84.51	79.28	2006	79.31	84.49	80.13
2007	76.62	90.06	83.72	2007	78.04	89.91	82.1
2008	78.12	88.91	82.8	2008	78.47	84.98	81.69
2009	80.85	88.17	84.05	2009	80.52	87.45	83.44
2010	78.08	86.69	83.7	2010	76.75	85.56	81.03
2011	78.94	85.81	80.82	2011	80.51	87.15	81.78
2012	79.87	86.79	82.53	2012	79.59	84.16	78.18
2013	80.95	89.12	82.5	2013	81.66	88.58	82.35
2014	83.77	91.44	86.08	2014	82.38	91.33	83.95
2015	84.48	88.09	84.31	2015	81.85	86.5	80.54
2018	80.64	89.31	85.29	2018	77.07	86.85	80.72

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

 Datos obtenidos del Senamhi

 Datos completados


Tabla 17:

*Completacion de Datos de las Estaciones Jaén y La Cascarilla respectivamente*

Año/mes	LA			Año/mes	LA		
	JAEN	CASCARILLA	CHONTALI		JAEN	CASCARILLA	CHONTALI
	<b>Julio</b>	<b>Julio</b>	<b>Julio</b>		<b>Agosto</b>	<b>Agosto</b>	<b>Agosto</b>
1993	73.37	87.25	78.93	1993	72.8	85.02	81.99
1996	69.76	82.45	87.03	1996	70.56	81.4	89.81
1997	81.8	80.51	80.88	1997	81.46	81.24	73.93
1998	75.26	82.27	80.32	1998	75.57	79.71	79.61
1999	84	89.66	82.89	1999	79.97	84.57	77.19
2000	84.66	87.56	79.4	2000	82.85	84.23	79.47
2001	77.58	85.49	83.06	2001	66.01	81.24	75.66
2002	77.98	88.01	83.19	2002	65.61	81.23	74.86
2003	77.76	83.76	79.42	2003	73.6	80.13	75.99
2004	75.5	86.06	81.99	2004	72.55	77.31	73.43
2005	83.25	79.18	74.01	2005	83.21	74.9	71.43
2006	75.32	83.52	76.71	2006	74.77	82.59	73.46
2007	77.68	89.29	78.97	2007	72.38	87.19	76.7
2008	76.19	86.32	82.9	2008	70.98	79.83	78.26
2009	80.17	84.53	82.4	2009	76.67	80.34	75.75
2010	76.5	83.9	78.04	2010	74.69	73.97	70.27
2011	81.59	85.61	79.22	2011	71.86	78.38	72.85
2012	80.25	82.17	76.2	2012	75.94	79.51	72.3
2013	76.18	83.34	78.08	2013	74.25	83.04	78.48
2014	81.04	91.1	79.12	2014	80.73	84.88	78.59
2015	81.43	86.84	82.51	2015	77.96	80.7	75.01
2018	77.93	86.35	80.64	2018	67.1	85.09	75.89

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

 Datos obtenidos del Senamhi

 Datos completados

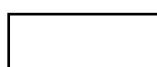
Tabla 18:

Completacion de Datos de la Estación Jaén

Año/mes	LA			Año/mes	LA		
	JAEN	CASCARILLA	CHONTALI		JAEN	CASCARILLA	CHONTALI
	Septiembre	Septiembre	Septiembre		Octubre	Octubre	Octubre
1993	74.46	82.69	79.65	1993	71.7	88.11	82.04
1996	61.69	78.41	88.43	1996	81.13	83.89	90.76
1997	75.58	79.95	71.28	1997	73.67	79.76	74.93
1998	49.53	75.8	78.12	1998	76.18	86.47	82.7
1999	78.43	81.26	77.36	1999	77.88	81.97	77.89
2000	79.48	84.82	79.51	2000	72.31	81.43	75.6
2001	66.25	79.11	76.45	2001	62.24	82.49	75.86
2002	63.85	79.54	72.51	2002	67.08	84.84	77.22
2003	72.26	79.65	73.81	2003	71.84	83.39	74
2004	74.61	78.81	77.22	2004	77.71	85.29	78.53
2005	78.96	75.71	69.57	2005	81.06	83.67	76.66
2006	69.39	79.64	71.14	2006	66.75	76.01	68.12
2007	72.1	84.06	75.24	2007	72.85	82.65	75.53
2008	72.78	80.6	76.67	2008	74.74	88.2	80.67
2009	74.97	80.51	75.27	2009	75.03	82.75	78.1
2010	75.32	78.88	72.02	2010	73.47	77.14	66.86
2011	74.74	80.77	77.59	2011	70.95	75.81	70.06
2012	73.51	77.11	69.51	2012	78.55	86.75	77.05
2013	67.34	77.72	73.15	2013	73.16	84.08	77.25
2014	78.09	83.61	74	2014	79.43	85.61	75.94
2015	73.56	79.36	73.34	2015	74.81	80.48	74.27
2018	68.56	81.64	72.64	2018	75.99	85.78	78.9

Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:



Datos obtenidos del Senamhi



Datos completados

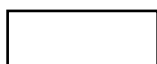
Tabla 19:

*Completacion de Datos de la Estación Jaén*

Año/mes	LA			Año/mes	LA		
	JAEN	CASCARILLA	CHONTALI		JAEN	CASCARILLA	CHONTALI
	Noviembre	Noviembre	Noviembre		Diciembre	Diciembre	Diciembre
1993	72.39	86.86	81.5	1993	72.64	87.18	84.96
1996	80.81	85.93	88.63	1996	72.46	91.77	91.65
1997	76.53	85.81	80.3	1997	80.04	89.59	85.32
1998	78.06	85.68	83.44	1998	73.69	83.09	78.57
1999	75.86	82.72	74.41	1999	81.04	85.55	82.43
2000	62.67	72.99	59.77	2000	75.8	82.78	78.46
2001	64.37	84.68	78.28	2001	67.87	83.76	80.15
2002	73.51	89.29	80.81	2002	72.23	90.28	84.61
2003	79.99	83.22	78.28	2003	78.6	84.43	79.91
2004	76.8	84.51	84.18	2004	78.93	87.62	80.8
2005	81.36	78.15	68.94	2005	83.48	84.17	77.64
2006	70.9	84.5	77.22	2006	75.96	88.63	83.76
2007	78.56	88.47	81.86	2007	74.91	89.56	76.03
2008	74.04	85.12	76.65	2008	75.49	83.13	76.14
2009	73.26	79.44	74.72	2009	79.8	87.89	82.64
2010	73.17	81.87	68.75	2010	78.96	83.55	75.88
2011	73.8	84.93	76.64	2011	81.78	88.43	83.95
2012	77.83	83.16	75.83	2012	77.06	83.19	76.82
2013	68.33	78.62	70.96	2013	71.15	85.61	78.09
2014	76.82	84.12	75.68	2014	82.88	88.23	83.18
2015	76.46	84.16	75.32	2015	80.97	86.15	82.35
2018	77.99	86.83	82.24	2018	70.34	88.1	85.77

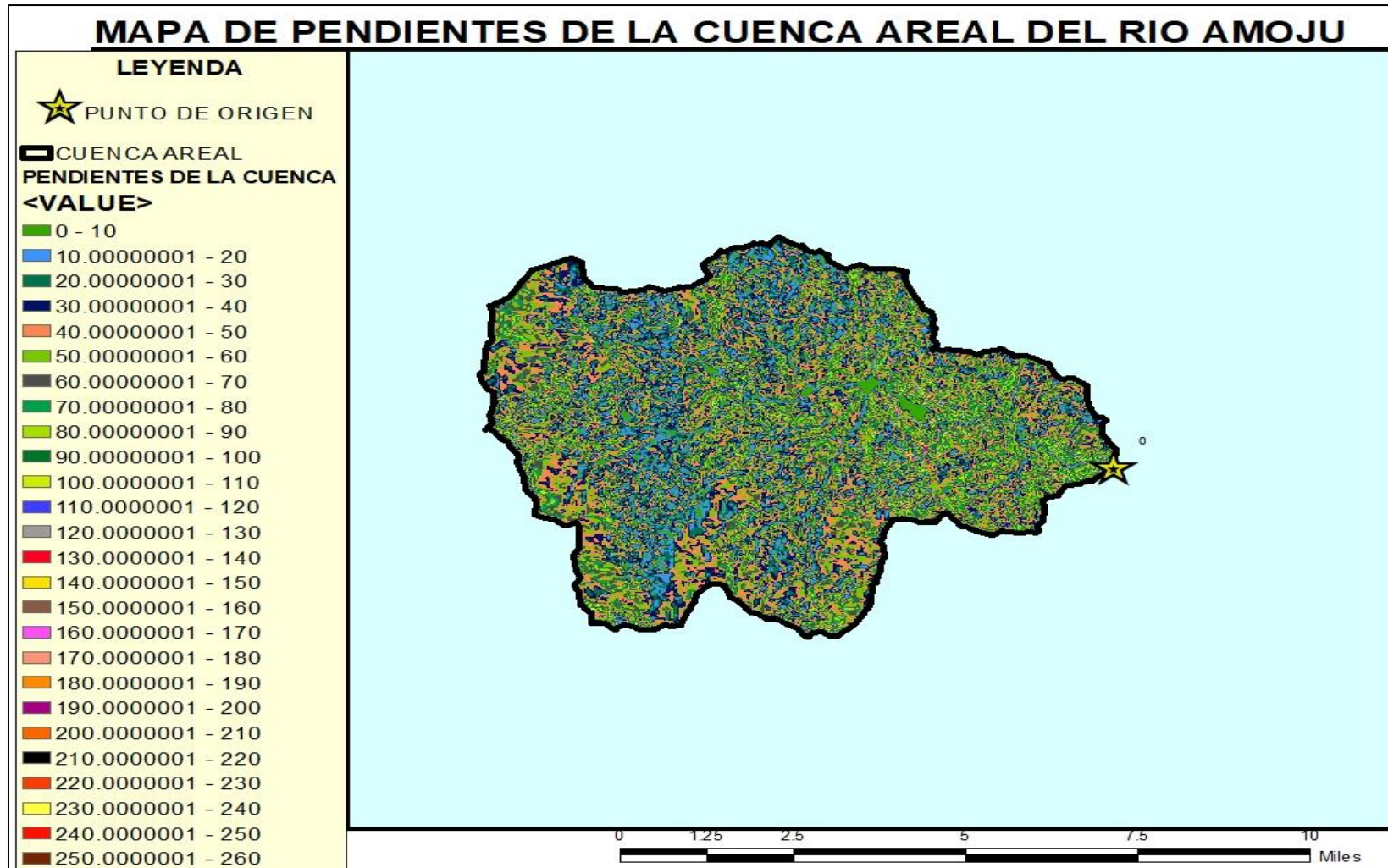
Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

 Datos obtenidos del Senamhi

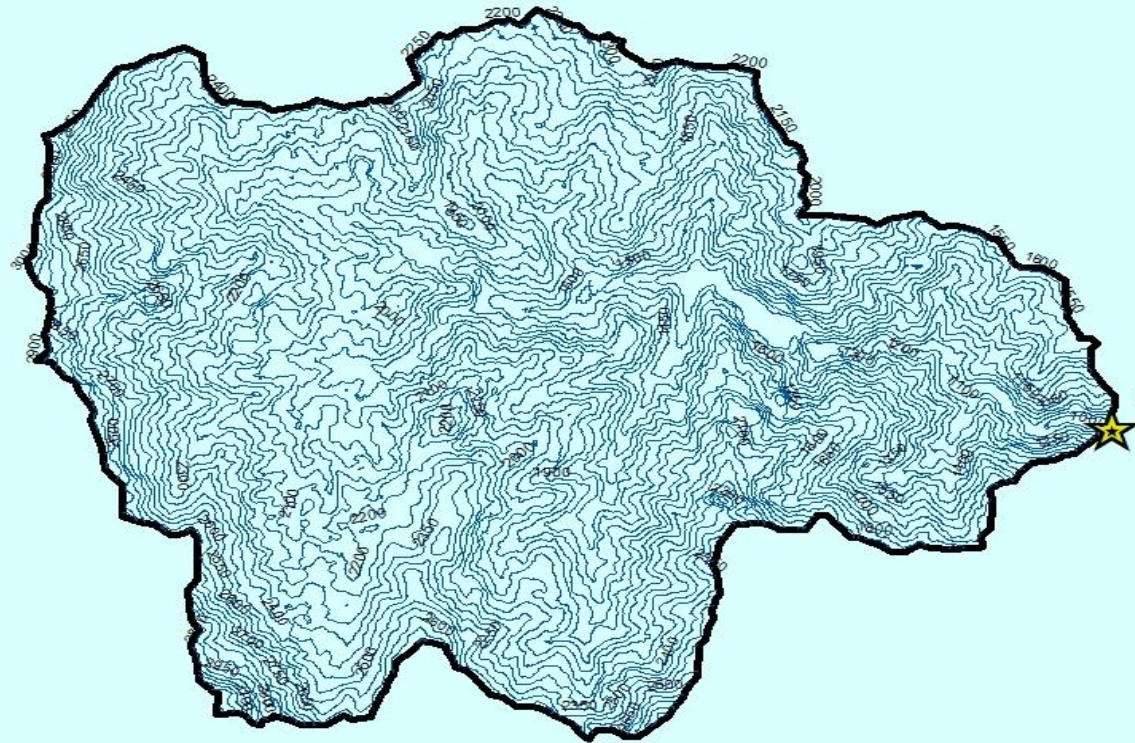
 Datos completados

8.5. Anexo 04: Mapas de La Cuenca del Rio Amojú






Fuente: Elaboración Propia

## MAPA DE CURVAS DE LA CUENCA AREAL DEL RIO AMOJU



### LEYENDA

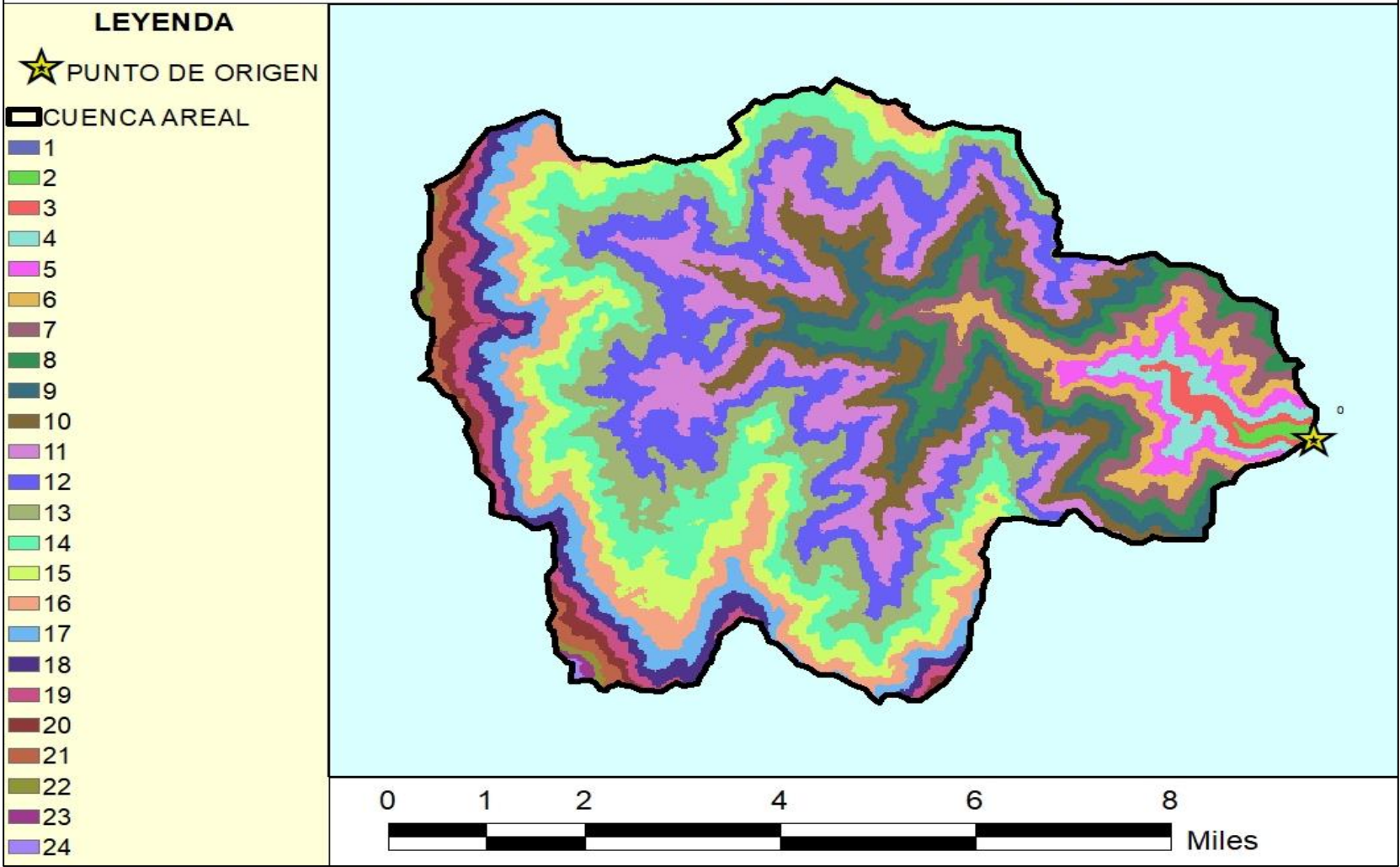
-  PUNTO DE ORIGEN
-  CURVAS PROYECTADAS
-  CUENCA AREAL



Fuente: Elaboración Propia

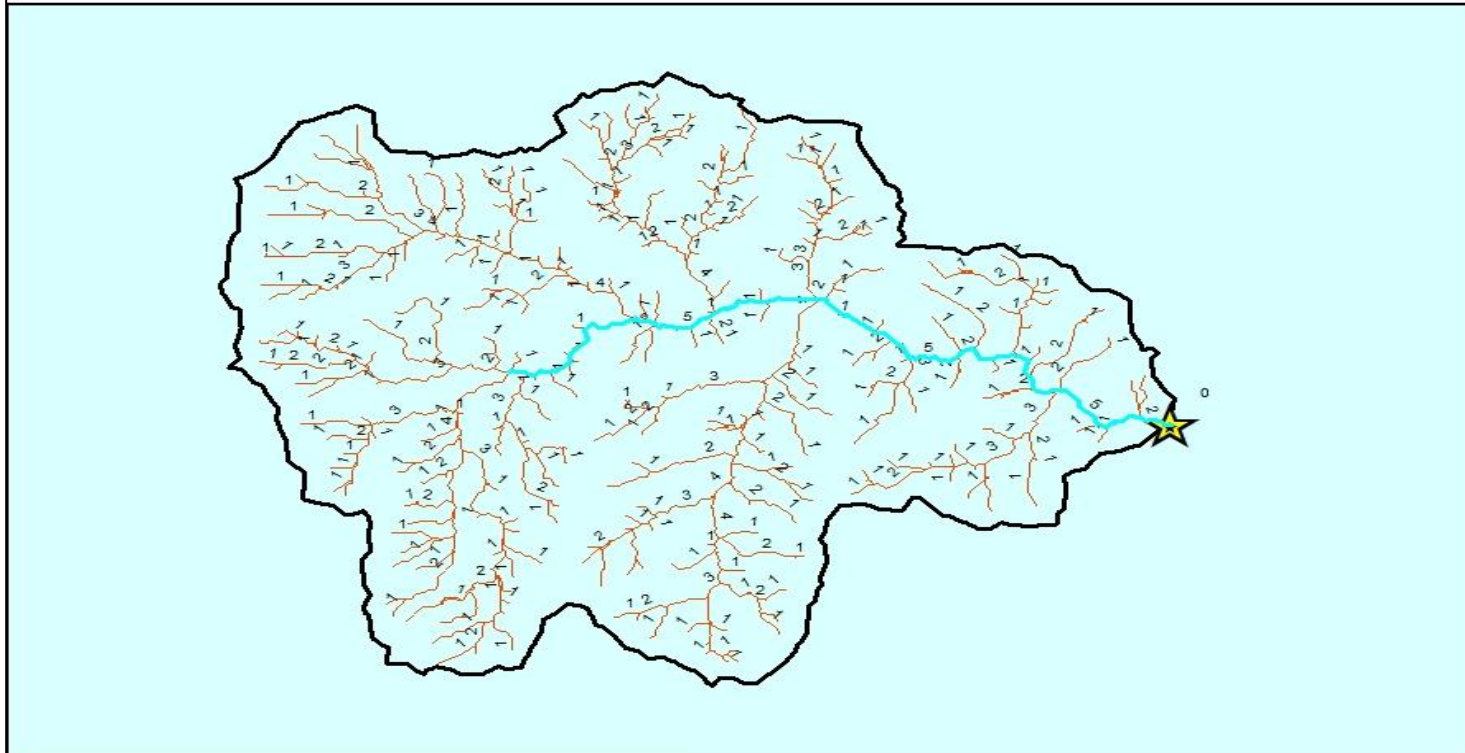


# MAPA DE AREAS DE LA CUENCA AREAL DEL RIO AMOJU






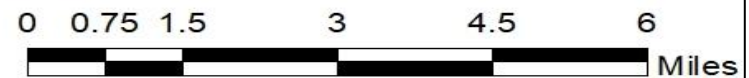
Fuente: Elaboración Propia

### MAPA DE ORDEN DE AFLUENTES DE LA CUENCA AREAL DEL RIO AMOJU



#### LEYENDA

-  PUNTO DE ORIGEN
-  ORDEN DE RIOS PROJEECTADOS
-  AMOJU



Fuente: Elaboración Propia