

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES A PARTIR  
DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA  
DEL RÍO HUANCANÉ”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**KEVIN ARNOLD TRAVERSO YUCRA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

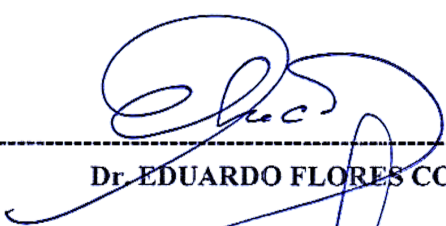
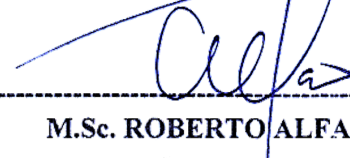
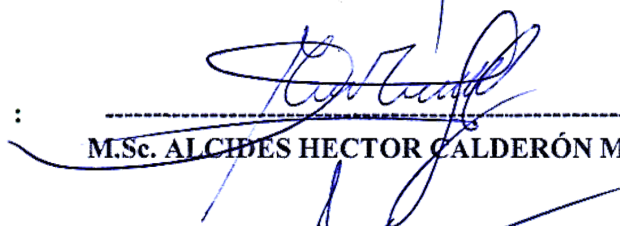
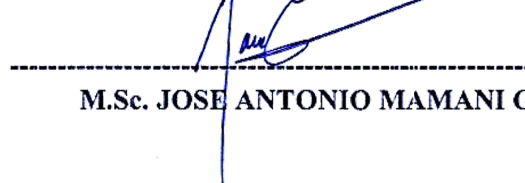
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES A PARTIR  
DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA CUENCA  
DEL RÍO HUANCANÉ”**

**TESIS PRESENTADA POR:**  
**KEVIN ARNOLD TRAVERSO YUCRA**  
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AGRÍCOLA**



**APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

<b>PRESIDENTE</b>	:	 ----- <b>Dr. EDUARDO FLORES CONDORI</b>
<b>PRIMER MIEMBRO</b>	:	 ----- <b>M.Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO</b>
<b>SEGUNDO MIEMBRO</b>	:	 ----- <b>M.Sc. ALCIBES HECTOR CALDERÓN MONTALICO</b>
<b>DIRECTOR/ASESOR</b>	:	 ----- <b>M.Sc. JOSE ANTONIO MAMANI GOMEZ</b>

**ÁREA : Ingeniería y Tecnología**  
**TEMA : Modelamiento Hidrológico**  
**LÍNEA: Recursos Hídricos**

**Fecha de sustentación: 03 de mayo 2018**

## DEDICATORIA.

*La presente Tesis se la dedico a mi Dios y a la Virgen de la Candelaria por estar conmigo en cada paso que doy, a no desmayar en los problemas que se presentan, por haberme permitido llegar hasta este punto.*

*A mi madre Irma, por haberme apoyado en cada momento de mi vida, por sus enseñanzas, consejos, valores, pero sobre todo por su cariño y comprensión, muchas gracias mamá por darme una carrera para mi futuro.*

*Kevin Arnold Traverso Yucra*

## AGRADECIMIENTOS.

*Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento la Universidad Nacional del Altiplano, mi alma Mater, por tener el privilegio de haberme formado en tus aulas y de manera muy especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola.*

*A los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, quienes fueron participes de mi formación profesional, particularmente al Dr. Eduardo Flores por haberme brindado su apoyo y conocimiento científico, para guiarme durante todo el desarrollo de la presente Tesis.*

*Todo mi agradecimiento y consideración a toda mi familia, por brindarme siempre su apoyo incondicional, gracias por sus palabras de aliento, porque ellos hicieron la persona que soy, me ayudaron a terminar este sustancial paso en mi vida profesional, los quiero mucho.*

*Finalmente expresar mi profundo agradecimiento de manera muy especial a mis amigos y colegas, por la alegría y expresiones de cariño, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, consejos y motivación.*



## ÍNDICE GENERAL.

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Generalidades.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Identificación del problema.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. Antecedentes.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4. Justificación de la investigación.....</b>	<b>19</b>
<b>1.5. Objetivos.....</b>	<b>20</b>
1.5.1. Objetivo general.....	20
1.5.2. Objetivos específicos.....	20
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Hidrología.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. Ciclo hidrológico.....</b>	<b>21</b>
2.2.1. Precipitación.....	22
2.2.2. Intercepción.....	23
2.2.3. Evaporación.....	23
2.2.4. Evapotranspiración.....	23
2.2.5. Infiltración.....	24
2.2.6. Almacenamiento.....	25
2.2.7. Escorrentía superficial.....	25
2.2.8. Balance hídrico de una cuenca.....	25
<b>2.3. Sistema hidrológico.....</b>	<b>27</b>

<b>2.4. Modelos hidrológicos.</b>	<b>27</b>
<b>2.5. Modelos matemáticos de cuencas.</b>	<b>27</b>
<b>2.6. Análisis exploratorio y consistencia de datos.</b>	<b>29</b>
<b>2.7. Modelo Lutz Scholz.</b>	<b>30</b>
<b>2.8. Análisis de regresiones.</b>	<b>31</b>
2.8.1. Regresión lineal simple.	31
2.8.2. Regresión múltiple.	34
<b>2.9. Modelos estocásticos en hidrología.</b>	<b>35</b>
2.9.1. Modelo autoregresivo de primer orden.	36
2.9.2. Modelo autoregresivo de orden superior.	36
<b>2.10. Descripción de los modelos matemáticos en hidrología.</b>	<b>36</b>
2.10.1. Clasificación general de modelos matemáticos en hidrología.	37
<b>2.11. Análisis de sensibilidad.</b>	<b>39</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	<b>40</b>
<b>3.1. Área en estudio y disponibilidad de información.</b>	<b>40</b>
3.1.1. Descripción del área en estudio.	40
3.1.2. Información pluviométrica.	40
3.1.3. Información hidrométrica.	41
3.1.4. Información meteorológica.	41
3.1.5. Información cartográfica.	41
<b>3.2. Materiales.</b>	<b>41</b>
3.2.1. Equipos y softwares.	41
<b>3.3. Metodología de la investigación.</b>	<b>42</b>
<b>3.4. Metodología para el primer objetivo específico.</b>	<b>43</b>
3.4.1. Recopilación de la información disponible y antecedentes.	43
3.4.1.1. <i>Información Pluviométrica.</i>	43
3.4.1.2. <i>Información Hidrométrica.</i>	45
3.4.1.3. <i>Información Meteorológica.</i>	47
3.4.1.4. <i>Información cartográfica</i>	47
3.4.1.5. <i>Antecedentes.</i>	48

3.4.2. Elaboración de una base de datos. ....	48
3.4.3. Aplicación del modelo estocástico de Lutz Scholz. ....	48
3.4.3.1. <i>Balance hídrico.</i> ....	48
3.4.3.2. <i>Coefficiente de escurrimiento</i> .....	49
3.4.3.3. <i>Evapotranspiración.</i> ....	51
3.4.3.4. <i>Precipitación Efectiva.</i> ....	51
3.4.3.5. <i>Retención en la cuenca.</i> .....	53
3.4.3.6. <i>Relación entre descargas y retención.</i> .....	53
3.4.3.7. <i>Coefficiente de agotamiento.</i> ....	54
3.4.3.8. <i>Almacenamiento hídrico.</i> .....	55
3.4.3.9. <i>Gasto de la Retención.</i> .....	56
3.4.3.10. <i>Abastecimiento de la retención.</i> ....	56
3.4.3.11. <i>Determinación del caudal mensual para el año promedio.</i> ....	57
3.4.3.12. <i>Generación de caudales mensuales para períodos extendidos.</i> .....	57
3.4.3.13. <i>Test Estadísticos.</i> ....	58
3.4.3.14. <i>Restricción del modelo.</i> ....	59
<b>3.5. Metodología para el segundo objetivo específico. ....</b>	<b>60</b>
3.5.1. Análisis de regresiones a partir de las características hidrológicas. ....	60
3.5.1.1. <i>Calculo de la evapotranspiración mensual.</i> ....	60
3.5.1.2. <i>Determinación de los modelos propuestos.</i> .....	61
<b>3.6. Metodología para el tercer objetivo específico. ....</b>	<b>62</b>
3.6.1. Medidas de bondad de ajuste. ....	62
3.6.1.1. <i>Coefficiente de calibración (r).</i> .....	62
3.6.1.2. <i>Criterio de Schultz (D).</i> ....	63
3.6.1.3. <i>Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E).</i> ....	63
3.6.1.4. <i>Error de balance de masas (m).</i> ....	64
3.6.2. Elección del modelo propuesto. ....	64
<b>3.7. Metodología para el cuarto objetivo específico. ....</b>	<b>65</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....</b>	<b>66</b>
<b>4.1. De la generación de caudales medios mensuales modelo Lutz Scholz. ....</b>	<b>66</b>
4.1.1. Evapotranspiración Hargreaves. ....	67

4.1.2. Coeficiente de escurrimiento .....	69
4.1.3. Precipitación efectiva .....	69
4.1.4. Gasto y abastecimiento de la retención .....	70
4.1.5. Generación de caudales para el año promedio .....	70
4.1.6. Generación de Caudales para períodos extendidos .....	74
4.1.7. Test estadístico .....	77
<b>4.2. Del análisis de regresiones de los caudales y las características hidrológicas de la cuenca del río Huancané .....</b>	<b>78</b>
4.2.1. Elaboración del primer Modelo Hidrológico ART1 .....	78
4.2.2. Elaboración del segundo Modelo Hidrológico ART2 .....	78
4.2.3. Elaboración del tercer Modelo Hidrológico ART3 .....	81
4.2.4. Elaboración del cuarto Modelo Hidrológico ART4 .....	83
4.2.5. De las medidas de bondad de ajuste .....	85
<b>4.4. Determinación del modelo propuesto .....</b>	<b>85</b>
<b>4.5. Metodología para la generación de caudales en microcuencas y puntos de interés .....</b>	<b>88</b>
4.5.1. Recolección de información. ....	89
4.5.2. Cálculos necesarios. ....	89
4.5.3. Microcuenca con Información de Caudales. ....	89
4.5.4 Microcuenca sin Información de Caudales. ....	89
4.5.5 Generación de Caudales medios mensuales .....	89
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>97</b>
<b>Anexo A: Código para leer la información de la base de datos PISCO en Matlab.</b>	<b>97</b>
<b>Anexo B: Análisis de información pluviométrica .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexo C: Resultados del modelo Lutz Scholz .....</b>	<b>100</b>
Anexo C.1. Precipitación media mensual método Thiessen .....	100
Anexo C.2. Precipitación efectiva método USBR.....	101

Anexo C.3. Números aleatorios.....	102
Anexo C.4. Serie generada de caudales medios mensuales .....	103
<b>Anexo D: Evapotranspiración mensual Hargreaves por temperatura.....</b>	<b>104</b>
<b>Anexo E: Registro histórico caudales mensuales Huancané.....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo F: Precipitación mensual PISCO.....</b>	<b>106</b>
<b>Anexo G: Registro de temperatura mensual.....</b>	<b>127</b>
<b>Anexo H: Mapa de ubicación de la cuenca en estudio.....</b>	<b>132</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1:</b> El ciclo hidrológico.....	22
<b>Figura 2:</b> Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el crecimiento de un cultivo anual.....	24
<b>Figura 3:</b> Esquema de un sistema hidrológico. ....	27
<b>Figura 4:</b> Esquema general de clasificación de modelos en Hidrología. ....	37
<b>Figura 5:</b> Esquema de calificación de modelos óptimos de Investigación.....	38
<b>Figura 6:</b> Esquema de clasificación de modelos Determinísticos en Hidrología.....	38
<b>Figura 7:</b> Esquema de clasificación de modelos Estadísticos en Hidrología. ....	39
<b>Figura 8:</b> Esquema metodológico de la presente investigación. ....	42
<b>Figura 9:</b> Grafico de acumuladas de las estaciones de estudio con respecto al Vector.....	44
<b>Figura 10:</b> Vector regional de la cuenca del río Huancané. ....	45
<b>Figura 11:</b> Caudales mensuales observados de la estación hidrométrica del puente Huancané. ....	46
<b>Figura 12:</b> Ubicación de las estaciones pluviometricas e hidrometrica para la cuenca Huancané. ....	46
<b>Figura 13:</b> Polígono de Thiessen de la cuenca Huancané. ....	66
<b>Figura 14:</b> Caudales generados y aforados anuales sin calibrar.....	72
<b>Figura 15:</b> Caudales generados y aforados anuales del modelo calibrado.....	72
<b>Figura 16:</b> Análisis grafico Caudales observados y modelo Lutz Scholz.....	76
<b>Figura 17:</b> Análisis gráfico de los caudales totales anuales. ....	77
<b>Figura 18:</b> Análisis gráfico del caudal observado y caudal del modelo ART2.....	80
<b>Figura 19:</b> Análisis grafico del caudal observado y caudal del modelo ART3.....	82
<b>Figura 20:</b> Análisis grafico del caudal observado y caudal del modelo ART4.....	84
<b>Figura 21:</b> Análisis grafico del modelo Lutz Scholz y Modelo ART2 (Modelo Optimo). 87	

<b>Figura 22:</b> Proceso metodológico para generar caudales mensuales en cuencas y/o puntos de interés (subcuencas, microcuencas y quebradas).....	88
<b>Figura 23:</b> Análisis de datos de la estación Ananea .....	98
<b>Figura 24:</b> Análisis de datos de la estación Cojata.....	98
<b>Figura 25:</b> Análisis de datos de la estación Huancané .....	98
<b>Figura 26:</b> Análisis de datos de la estación Huaraya Moho .....	99
<b>Figura 27:</b> Análisis de datos de la estación Muñani.....	99
<b>Figura 28:</b> Análisis de datos de la estación Putina .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1:</b> Ubicación de las estaciones pluviométricas (cuenca Huancané). .....	43
<b>Tabla 2:</b> Resultados del análisis de correlación de la información pluviométrica. ....	44
<b>Tabla 3:</b> Ubicación de la estación hidrométrica de cuenca del río Huancané. ....	45
<b>Tabla 4:</b> Estaciones meteorológicas (cuenca Huancané). ....	47
<b>Tabla 5:</b> Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Huancané. ....	47
<b>Tabla 6:</b> Coeficientes "a <sub>i</sub> " para la aplicación del polinomio. ....	52
<b>Tabla 7:</b> Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias. ....	56
<b>Tabla 8:</b> Factor de evapotranspiración potencial (MF) (mm/mes). ....	61
<b>Tabla 9:</b> Valores referenciales del criterio de Schultz. ....	63
<b>Tabla 10:</b> Valores referenciales del Criterio de Nash-Stucliffe. ....	63
<b>Tabla 11:</b> Precipitación media anual método Thiessen. ....	67
<b>Tabla 12:</b> Resultados de la evapotranspiración potencial método de Hargreaves. ....	68
<b>Tabla 13:</b> Coeficiente de escurrimiento método L. Turc. ....	69
<b>Tabla 14:</b> Coeficiente de escurrimiento método de la misión Alemana. ....	69
<b>Tabla 15:</b> Precipitación efectiva para el año promedio. ....	69
<b>Tabla 16:</b> Gasto y abastecimiento de la retención. ....	70
<b>Tabla 17:</b> Caudales observados y caudales generados modelo sin calibrar. ....	71
<b>Tabla 18:</b> Generación de caudales mensuales para el año promedio modelo calibrado. ...	73
<b>Tabla 19:</b> Variable dependiente e independientes. ....	74
<b>Tabla 20:</b> Variable dependiente e independientes corregido. ....	75
<b>Tabla 21:</b> Resultados del test estadístico del modelo Lutz Scholz. ....	77
<b>Tabla 22:</b> Resultados del análisis estadístico para el modelo ART2. ....	79
<b>Tabla 23:</b> Resultados del análisis estadístico para el modelo ART3. ....	81



<b>Tabla 24:</b> Resultados del análisis estadístico para modelo ART4.....	83
<b>Tabla 25:</b> Resultados de las medidas de bondad de ajuste de los modelos propuestos con respecto a los caudales observados.....	85
<b>Tabla 26:</b> Resultados de las medidas de bondad de ajuste modelo Lutz Scholz y modelo propuesto ART2. ....	86

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.

<b>AED</b>	:	Análisis Exploratorio de Datos
<b>ANA</b>	:	Autoridad Nacional del Agua
<b>ART</b>	:	Autoregresivo Traverso
<b>MVR</b>	:	Método del vector regional
<b>netCDF</b>	:	Formulario de datos comunes en red
<b>PALSAR</b>	:	Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar
<b>PISCO</b>	:	Peruvian Interpolation data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations
<b>SENAMHI</b>	:	Servicio nacional de hidrología y meteorología
<b>TDPS</b>	:	Titicaca, Desaguadero, Poopó, Salar de Coipasa
<b>USBR</b>	:	United States Bureau of Reclamation

## RESUMEN.

La presente investigación se ha efectuado en la cuenca hidrográfica del río Huancané, el objetivo es determinar un modelo matemático de precipitación – escorrentía que permita estimar la obtención de caudales medios mensuales, para lo cual se ha utilizado las variables como: área de la cuenca, la precipitación media mensual, la precipitación efectiva mensual y la evapotranspiración mensual; la metodología empleada fue la aplicación del modelo estocástico del experto Lutz Scholz y el análisis de Auto regresiones para cuatro modelos propuestos; mediante las cuales se han generado caudales mensuales para la cuenca en estudio; para su aplicación se ha evaluado el comportamiento de cada modelo hidrológico propuesto y se han detectado los parámetros de las variables más significativas; posteriormente a partir de los modelos establecidos se ha aplicado las pruebas de bondad de ajuste, siendo estos los criterios de Coeficiente de calibración, Criterio de Schulz, Eficiencia de Nash-Sutcliffe y Error de balance de masas, estas pruebas de bondad de ajuste han sido necesarias para la determinación del modelo hidrológico con mejor respuesta; donde se obtuvo como resultado que el segundo modelo propuesto Modelo Hidrológico Auto Regresivo (ART2) presenta un ajuste aceptable con respecto a los caudales observados con valores de Coeficiente de calibración es  $r=0.78$ , criterio de Schulz  $D=2.98$ , eficiencia de Nash-Sutcliffe  $E=0.61$ , y error de balance de masas  $1.21\%$ , posteriormente se aplicó las medidas de bondad de ajuste a los caudales del modelo Lutz Scholz y el modelo propuesto (ART2) donde se obtuvo los siguientes valores de Coeficiente de calibración  $r=0.92$ , Criterio de Schulz  $D=4.71$ , eficiencia de Nash-Sutcliffe  $E=0.81$ , error de balance de masas  $8.59\%$ , se concluye que el segundo modelo (ART2) es el más aceptable y de aplicación no compleja nivel de la cuenca; por consiguiente se constituye la secuencia metodológica para la aplicación del Modelo Hidrológico Auto Regresivo (ART2) para su aplicación en cuencas, subcuencas, microcuencas y/o puntos de interés donde la información de caudales medios mensuales es necesaria.

**Palabras Clave:** *Precipitación-escorrentía, Modelo matemático, Autoregresión, Caudales-mensuales.*

## ABSTRACT.

This research has been carried out in the Huancané River watershed, the objective is to determine a mathematical model of rainfall - runoff allowing to estimate the collection of monthly average flow rates, which has been used variables such as: area of the basin, the monthly average rainfall, the monthly effective precipitation and monthly evapotranspiration. The methodology used was the application of the stochastic of the Lutz Scholz expert model and analysis of Auto regressions for four models proposed; which monthly flows for the basin were generated in study; for its implementation has been evaluated the performance of each proposed hydrological model and detected the most significant variables parameters; subsequently from established models has been applied tests of goodness of fit, these being the Calibration Coefficient, Criterion of Schulz, the Nash-Sutcliffe efficiency and Mass Balance Error. These tests of goodness of adjustment have been necessary for the determination of the hydrological model with better response. Where he was obtained as a result that the second proposed Model Hydrological Auto regressive (ART2) presents an acceptable fit with regard to the flows observed with values of the calibration coefficient is  $r = 0.78$ , criteria of Schulz  $D = 2.98$ , efficiency of The NashSutcliffe  $E = 0.61$ , and error of balance of masses 1.21%, subsequently applied measures of goodness of fit to the model Lutz Scholz flows and the proposed model (ART2) where was obtained the following values of coefficient calibration  $r = 0.92$ , criterion of Schulz  $D = 4.71$ ,  $E$  Nash-Sutcliffe efficiency = 0.81, 8.59 mass balance error %, it is concluded that the second model (ART2) is the most acceptable and not complex application level of the basin. Therefore, the methodological sequence for the application of model hydrologic Auto regressive (ART2) for application in river basins, sub-basins, watershed and/or attractions is where monthly average flow in necessary information.

**Key Words:** *Precipitation-runoff, Mathematical model, Autoregression, Monthly-flows.*

## I. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Generalidades.

Los proyectos relacionados con los recursos hídricos y de manejo ambiental, requieren de la información meteorología, pluviométrica y caudales, información necesaria para tomar decisiones adecuadas que permitan lograr una verdadera sostenibilidad de las mismas. Dentro de la información por generar se encuentran los caudales de las fuentes principales y sus afluentes, bien sean máximos, mínimos y medios para diferentes intervalos de tiempo como anual, mensual y diaria, en ese sentido el desarrollo de modelos matemáticos en los recursos hídricos para la elaboración de fórmulas y ecuaciones, puede ser considerado una caja negra en la que ingresan los factores o parámetros y en la que salen respuestas o resultados.

Por ello en la presente investigación se plantea, el desarrollo de modelos de precipitación-escorrentía, para la obtención de los caudales medios mensuales, por lo tanto el objetivo es la evaluación de los recursos hídricos en un sistema - cuenca, determinar y generar la información de caudales medios mensuales, para ello se ha empleado el análisis de autoregresiones, que permitirá estimar una ecuación capaz de proporcionar la información necesaria, en presente investigación se tomó como estudio la cuenca de estudio del río Huancané.

En el desarrollo de un modelo matemático para el presente caso de estudio es indispensable corroborar la validez y la sensibilidad de las variables a considerarse en para la presente investigación las variables son las características hidrológicas de la cuenca como área de la cuenca, precipitación, precipitación efectiva y evapotranspiración, del mismo modo evaluar la influencia de cada factor en la variación o incertidumbre de la respuesta para cada modelo planteado, asimismo justipreciar las medidas de bondad de ajuste, la que a través de los resultados proporcionan la validez y permiten permitirán determinar si el modelo elaborado es confiable para la obtención de los resultados deseados como es la obtención de los caudales mensuales en la cuenca del río Huancané.

## 1.2. Identificación del problema.

El presente proyecto de investigación se plantea la problemática a consecuencia de que, en la mayoría de las cuencas las estaciones hidrométricas se encuentran en la parte media y baja de la cuenca, donde se concentra el agua en mayor cantidad, pero la importancia de la previsión de caudales mensuales en pequeñas y medianas cuencas no es posible ya que en estas no existen dichas estaciones hidrométricas.

Según menciona Reyes (2015), la capacidad limitada del estado peruano para instalar estaciones hidrométricas dificulta la gestión adecuada de los recursos hídricos en las subcuencas y microcuencas del Perú, eso implica la estimación aproximada de los caudales mensuales disponibles para los proyectos respectivos a realizarse como irrigaciones, sistemas de agua potable, embalses, caudal ecológico, entre otros, donde el factor limitante para este tipo de proyectos es la ausencia de información hidrométrica.

Alude Silva (1985), no puede hablarse de una hidrología diferente, exclusiva de los pequeños proyectos de desarrollo regional o local; sin embargo, por regla general, esos proyectos pequeños están localizados en zonas donde la cartografía no existe a la escala adecuada. Por esta razón, los proyectos que se desarrollan en cuencas pequeñas están casi siempre asociados con el problema de información escasa.

## 1.3. Antecedentes.

Según Tarazona (2005), Desde un punto de vista hidrológico, se entiende por generación a la estimación del valor numérico de una variable meteorológica a partir de otras mediante un procedimiento preestablecido; así mismo se denomina descarga las aguas que discurren por el cauce de un río y que pueden ser medidos y cuantificados en el tiempo, generalmente en meses. Entre las principales variables meteorológicas se puede mencionar: la temperatura, la velocidad del viento, precipitación, caudal y la humedad atmosférica; los procedimientos son las formas como estas variables se asocian.

Cuando una cuenca no dispone de información de caudales se utiliza diversos métodos y procedimientos que a partir de los elementos o variables meteorológicas (ejemplo: la velocidad del viento, temperatura, etc), y los elementos geográficos (ejemplo: la forma de la cuenca, fisiografía, vegetación, etc), todos ellos permitan generar las descargas a nivel mensual.

Según Aranda (2011) en su investigación: *Transferencia de Información Hidrológica Mediante Regresión Lineal Múltiple, con selección Óptima de Regresores*. Menciona que en general, las estimaciones de las características estadísticas de un registro hidrológico de valores anuales son más confiables y consistentes si éste es más amplio, porque al ser más largo es más probable que incluya períodos de años secos y 86 húmedos y no sólo de uno de ellos.

Las principales variables en la práctica hidrológica son precipitación, escurrimiento y crecientes, donde el volumen escurrido anual tiene relevancia en todas las estimaciones asociadas con la disponibilidad y el diseño hidrológico de embalses para abastecimiento. La técnica básica para ampliar registros hidrológicos anuales es la regresión lineal, la cual permite la transferencia de información de un sitio a otro.

Cuando esta técnica se aplica regionalmente, es decir, se transporta información de varios sitios o registros al de interés, se usa la regresión lineal múltiple y es necesario seleccionar las mejores variables predictivas o registros auxiliares, también llamados regresores. El objetivo de este estudio fue exponer la técnica de transferencia de información hidrológica de variables anuales, mediante regresión lineal múltiple, para ampliar registros cortos de volúmenes escurridos con base en las series largas cercanas, seleccionando la mejor ecuación de regresión de entre todas las posibles.

La formulación matemática se presenta de manera simple al utilizar la solución matricial, se exponen con detalle los criterios de selección y validación, y se desarrolla un ejemplo numérico en el sistema del río Temporal, de la Región Hidrológica No. 26 (Pánuco, México), para ampliar el registro corto de la estación hidrométrica Platón Sánchez utilizando los cuatro registros largos disponibles en tal sistema.

#### **1.4. Justificación de la investigación.**

El desarrollo de modelos matemáticos, para la resolución de problemas de la ingeniería, específicamente en la hidrología es una práctica poco habitual aplicada en el altiplano peruano ya que solo se aplican modelos que fueron desarrollados en condiciones ideales, los extremos presentados de precipitación y caudales en condiciones húmedas y secas, hacen que esta región sea muy variable.

Debido a esto se plantea un modelo matemático de precipitación - escorrentía, a través de la metodología de regresiones (Autoregresivo) donde se tomó como variables las

características básicas que influyen en el comportamiento físico de una cuenca como es la precipitación, precipitación efectiva y la evapotranspiración, la presente investigación toma como estudio la cuenca del río Huancané.

## **1.5. Objetivos.**

### **1.5.1. Objetivo general.**

- Determinar un modelo matemático de precipitación - escorrentía capaz de generar caudales medios mensuales, que se aproxime a los caudales observados y los caudales obtenidos a partir del modelo estocástico Lutz Scholz.

### **1.5.2. Objetivos específicos.**

- Desarrollar el modelo estocástico Lutz Scholz aplicado a la cuenca en estudio, para obtener los caudales medios mensuales del río Huancané.
- Evaluar la relación de los caudales históricos, caudales del modelo Lutz Scholz con las características hidrológicas de la cuenca, a través de la metodología de regresiones.
- Determinar el mejor modelo propuesto para la generación de caudales medios mensuales.
- Desarrollar una metodología a partir del modelo propuesto, para generar caudales en una microcuenca aguas arriba del río Huancané.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. Hidrología.

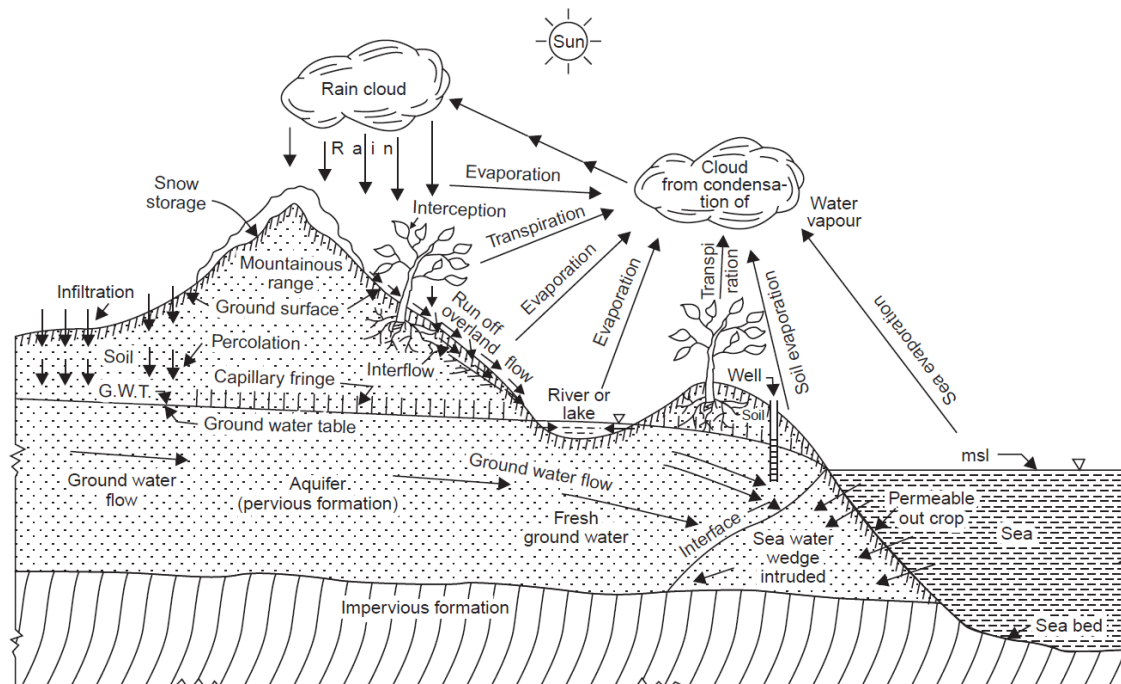
Según Balairón (2009) la hidrología se basa en el estudio del ciclo hidrológico, que, como es sabido se resume en un proceso de evaporación de las aguas, principalmente de los mares para formar las nubes, seguido de otro proceso de precipitación (nieve, lluvia, granizo, etc.) a partir del cual el agua puede correr por la superficie de la tierra hasta alcanzar cauces de torrentes y ríos para llegar al mar, o infiltrarse en el terreno y retornar a la superficie en forma de manantiales, o profundizar y tener recorridos subterráneos, para finalmente llegar al mar, cerrándose el ciclo.

Warren y Lewis (2002) define que la hidrología es una ciencia de la tierra, abarca la ocurrencia, distribución, movimiento, y propiedades del agua en la tierra. Como conocimiento la hidrología es fundamental para el proceso de toma de decisiones donde el agua es el componente del sistema de preocupación. El agua y el medio ambiente están inextricablemente vinculados y es importante comprender como el agua es afectada y como está afecta al ser manipulada al ecosistema.

### 2.2. Ciclo hidrológico.

De acuerdo a Raghunath (2006), el ciclo hidrológico es el ciclo de transferencia de agua, que ocurre en la naturaleza; las tres fases importantes del ciclo hidrológico son: (a) evaporación y evapotranspiración (b) precipitación y (c) escorrentía y se muestra en la figura siguiente. El globo tiene un tercio de tierra y dos tercios de océano, la evaporación de las superficies de estanques, lagos, embalses, superficies oceánicas, etc. y la transpiración de la vegetación de la superficie, es decir, de las hojas de las plantas de los terrenos cultivados y los bosques, etc. son vapores se elevan hacia el cielo y se condensan en altitudes más altas por núcleos de condensación y forman las nubes, lo que resulta en el crecimiento de gotas, las nubes se derriten y algunas veces descargan, produciendo la precipitación de diferentes formas como la lluvia, nieve, granizo, aguanieve, niebla, roció y escarcha, una parte de esta precipitación fluye sobre la tierra llamada escorrentía y parte se infiltra en el suelo que construye el nivel freático del suelo, la escorrentía superficial se une a las corrientes y el agua se almacena en

los depósitos, una parte de la escorrentía superficial y del agua subterránea fluye de regreso al océano, de nuevo la evaporación comienza desde las superficies de los lagos, embalses, y el océano, etc. y el ciclo se repite.



**Figura 1: El ciclo hidrológico.**

Fuente: Raghunath (2006)

**2.2.1. Precipitación.**

Según Chow (1996), la precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y la nieve. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. A medida que el aire sube y se enfría, el agua se condensa de un estado de vapor a un estado líquido. Si la temperatura se encuentra por debajo del punto de congelamiento, se forman cristales de hielo. La condensación requiere de una semilla llamada núcleo de condensación alrededor del cual las moléculas de agua se pueden unir o nuclear. Las pequeñas gotas de agua que crecen mediante la condensación e impacto con las más cercanas a medida que se mueven por la turbulencia del aire, hasta que son lo suficientemente grandes para que la fuerza de gravedad sobrepase la fuerza de fricción y empieza a caer, incrementando su tamaño cuando golpean otras gotas en su descenso.

### **2.2.2. Intercepción.**

Santayana (2007), menciona que es la precipitación retenida en la cobertura vegetal, no tiene mayor importancia en las avenidas grandes; sin embargo, debido a algunos tipos de vegetación puede representar una porción considerable de la lluvia anual. La capacidad de almacenamiento por intercepción es generalmente satisfecha en las primeras horas de tormenta, de manera que un alto porcentaje de lluvia durante las tormentas de corta duración es interceptado. Después que la vegetación está saturada y el almacenamiento por intercepción se completa, la cantidad de agua que alcanza el suelo es igual a la lluvia menos la evaporación a partir de la vegetación.

### **2.2.3. Evaporación.**

Según Tucci (1993), la definen como un proceso físico en el que un líquido o sólido pasa a estado gaseoso. En meteorología el término evaporación se restringe al cambio del estado líquido del agua al gaseoso, debido a la radiación solar y los procesos de difusión molecular y turbulenta. Además de la radiación solar, las variables meteorológicas que intervienen en la evaporación, particularmente en la superficie libre de agua, son la temperatura del aire, viento y presión de vapor.

Chow (1996), define que la evaporación desde la superficie terrestre comprende la evaporación directa desde la superficie del suelo y desde la superficie de vegetación, y la transpiración a través de las hojas de las plantas, mediante el cual el agua es extraída por las raíces de estas, transportada hacia arriba a lo largo de sus tallos y difundida a la atmósfera a través de pequeñas aberturas en las hojas llamadas estomas. Los procesos de evaporación desde la superficie terrestre y de transpiración de la vegetación se conocen con el nombre de evapotranspiración.

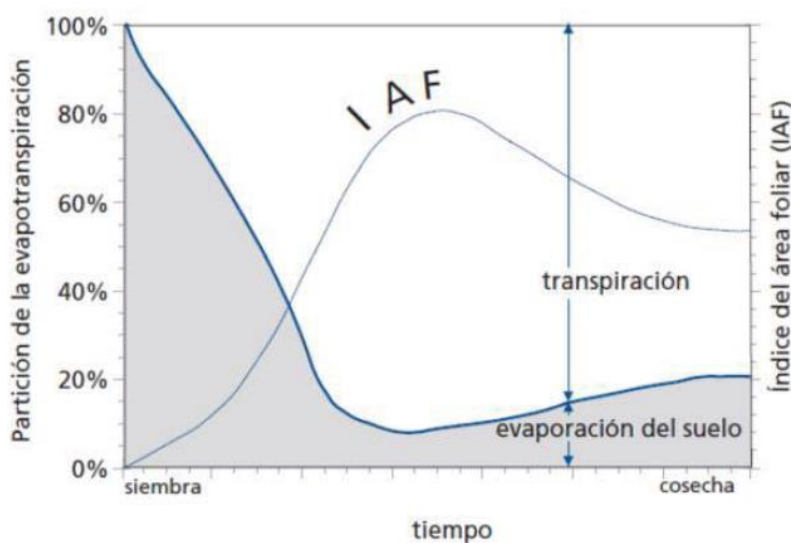
### **2.2.4. Evapotranspiración.**

FAO (2006), La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo.

Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se

pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

En la Figura 2 se presenta la evapotranspiración dividida en sus dos componentes (evaporación y transpiración) en relación con el área foliar por unidad de superficie de suelo debajo de él. En el momento de la siembra, casi el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del de 90% de la ET ocurre como transpiración.



**Figura 2:** Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el crecimiento de un cultivo anual.

Fuente: FAO (2006)

### 2.2.5. Infiltración.

Según menciona Chavarri (2017), se define como la cantidad de agua en movimiento que atraviesa verticalmente la superficie del suelo producto de la acción de las fuerzas capilares, esta cantidad de agua quedara retenida en el suelo o alcanzara el volumen del acuífero, incrementando el volumen de este.

Entre los factores más importantes que afectan la velocidad o tasa de infiltración son:

- Características físicas de la textura del suelo
- Carga hidráulica o lamina sobre la superficie del suelo
- Contenido de materia orgánica y carbonatos en el suelo
- Contenido de humedad del suelo (inicial y a saturación)

- Grado de uniformidad en el perfil del suelo
- Acción microbiana en el suelo
- Temperatura del suelo y del agua
- Cobertura vegetal
- Uso de suelo
- Cantidad de aire atrapado en el suelo
- Lavado de material fino
- Compactación

#### **2.2.6. Almacenamiento.**

El almacenamiento es la principal fuente de humedad del perfil de suelo. Una parte del agua aquí almacenada percola hacia el almacenaje de agua subterránea profunda. Cuando la capa freática está más cerca de la superficie del terreno, puede fluir más tarde en forma de manantiales o llegar a los cauces como gasto base o gasto de agua subterránea.

El almacenaje de depresiones, es definido como el agua que es retenida en pequeñas depresiones del terreno y que no se convierte en escurrimiento superficial, pero puede contribuir a la infiltración y evaporación, dependiendo del tiempo que permanezca.

#### **2.2.7. Escorrentía superficial.**

El escurrimiento superficial es un componente del ciclo hidrológico el cual resulta de la lluvia y/o caudal lateral que no llega a infiltrarse sobre la superficie de la tierra. El escurrimiento superficial en el terreno sigue caminos variables e interconectados debido principalmente a depresiones y vegetación en ella. No es factible definir un procedimiento puramente determinístico para simularlo por lo que se adoptan aproximaciones al fenómeno y se idealiza a éste como una superficie de agua cubriendo uniformemente la superficie del terreno con una lámina delgada.

#### **2.2.8. Balance hídrico de una cuenca.**

Menciona Mejia (2006) que el balance hídrico en una cuenca hidrográfica no es tan simple, por que ocurren diversas pérdidas durante el proceso, el agua precipitada luego de llegar al suelo comienza a ser almacenada, pero la superficie del suelo no es plana ya que existe depresiones en el terreno, el agua allí acumulada eventualmente será evaporada o infiltrada

en el suelo, no obstante alcanza los cursos de agua o se transforman en escorrentía, el agua continua sufriendo el proceso de evaporación que debe ser considerada.

Otro proceso que ocurre desde el momento en que la precipitación toca el suelo es el de la infiltración ya que en ningún caso es impermeable y existen siempre pérdidas por infiltración; cuando el agua penetra en el suelo sigue diversos caminos quedando almacenada temporalmente en el suelo y percola hacia capas profundas conformando el agua subterránea o movimiento lateral como flujo subterráneo la que puede aflorar nuevamente o fluir para otra cuenca.

Considerando todos estos procesos, de forma general, el balance hídrico en una cuenca hidrográfica puede ser representado por las siguientes ecuaciones:

- a) Balance hídrico en la superficie

$$P - R + R_g - E_s - T_s - I = S_s$$

- b) Balance hídrico debajo de la superficie

$$I + G_1 - G_2 - R_g - E_g - T_g = S_g$$

- c) Balance hídrico en la cuenca hidrográfica (a+b)

$$P - R - (E_s + E_g) - (T_s - T_g) - (G_1 - G_2) = (S_s + S_g)$$

En las ecuaciones anteriores, los subíndices “s” y “g” significan el origen del vector sobre y debajo de la superficie del suelo, respectivamente.

Donde:

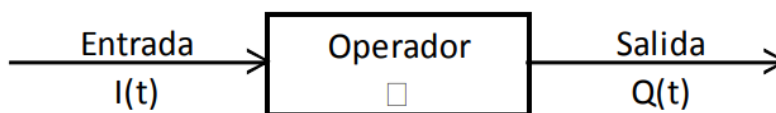
- P = Precipitación
- S = Almacenamiento
- I = Infiltración
- T = Transpiración
- E = Evaporación
- G = Flujo subterráneo
- R = Escorrentía superficial

### 2.3. Sistema hidrológico.

Según Chow (1996), es un sistema es un conjunto de partes conectadas entre sí, que forman un todo. El ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico. Estos componentes pueden agruparse en subsistemas del ciclo total; para analizar el sistema total, estos subsistemas más simples pueden analizarse separadamente y combinarse los resultados de acuerdo con las interacciones entre los subsistemas.

### 2.4. Modelos hidrológicos.

De acuerdo a Chow (1996), un modelo hidrológico es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas. Las entradas y las salidas pueden expresarse como función del tiempo,  $I(t)$  y  $Q(t)$  respectivamente, en donde  $t$  pertenece al rango de tiempo  $T$  en consideración. El sistema realiza una transformación de la entrada en la salida representada por:  $Q(t) = \Omega I(t)$ , la cual se conoce como ecuación de transformación del sistema. El símbolo  $\Omega$  es una función de transferencia entre la entrada y la salida.



*Figura 3: Esquema de un sistema hidrológico.*

Fuente: Chow (1996)

### 2.5. Modelos matemáticos de cuencas.

Ponce (1989), define que un modelo matemático de cuenca consiste en varios componentes, cada uno describe cierta fase o fases del ciclo hidrológico. Un modelo matemático puede ser de tres tipos: (1) teórico, (2) conceptual, o (3) empírico. Los modelos teóricos y empíricos son exactamente opuestos en significado, con modelos conceptuales que se ubican entre ellos. En suma, un modelo matemático puede ser determinístico o probabilístico, lineal o no lineal, invariable en el tiempo o variable en el tiempo, global o distribuido, continuo o discreto, analítico o numérico, evento guiado o proceso continuo.

En la práctica del modelado de cuenca, cuatro tipos generales de modelos matemáticos se reconocen comúnmente: (1) determinísticos, (2) probabilísticos, (3) conceptuales, y (4)



paramétricos. Los modelos determinísticos son formulados siguiendo fórmulas de la física y/o procesos químicos descritos por ecuaciones diferenciales. Un modelo determinístico es formulado en términos de un grupo de variables y parámetros y ecuaciones relacionadas a ellos. Un modelo determinístico implica una relación causa-efecto entre los valores de los parámetros elegidos y los resultados obtenidos de la aplicación de las ecuaciones. Idealmente, un modelo determinístico debería proveer el mejor detalle en la simulación de los procesos físicos o químicos. En la práctica, sin embargo, la aplicación de modelos determinísticos está asociada frecuentemente a la incapacidad del modelo o del modelador de resolver la variabilidad temporal y espacial del fenómeno natural en incrementos suficientemente pequeños.

Los modelos probabilísticos son exactamente lo opuesto en significado a los modelos determinísticos. Un modelo probabilístico se formula siguiendo las leyes del azar o probabilidad. Los modelos probabilísticos son de dos tipos: (1) estadísticos, y (2) estocásticos. Los modelos estadísticos tratan con ejemplos observados, mientras que los modelos estocásticos con la estructura del azar observada en ciertas series hidrológicas temporales - por ejemplo, flujos diarios de corriente en cuencas de tamaño medio. El desarrollo de modelos estadísticos requiere invariablemente el uso de datos; los modelos estocásticos enfatizan sobre las características estocásticas de los procesos hidrológicos.

Los modelos conceptuales son representaciones simplificadas de los procesos físicos, usualmente recaen sobre descripciones matemáticas (ya sean en forma algebraica o por ecuaciones diferenciales ordinarias), que simulan procesos complejos basándose en unas pocas claves de parámetros conceptuales. El uso extensivo de los modelos conceptuales en la ingeniería hidrológica refleja la complejidad inherente del fenómeno y la incapacidad práctica de considerar los componentes determinísticos en todas las instancias. De allí que los modelos conceptuales son sustitutos útiles y prácticos para los modelos determinísticos.

Los modelos paramétricos (esto es: empírico, o caja negra) son los más simples de todas las propuestas de modelado. Como su nombre indica, el énfasis de los modelos paramétricos está en los parámetros empíricos en los que está basada la solución. Usualmente, un modelo paramétrico consiste en una ecuación (o ecuaciones) algebraica que contiene uno o más parámetros a ser determinados por el análisis de datos u otro medio empírico. La aplicabilidad de los modelos paramétricos está restringida al rango de datos utilizados en la determinación de los valores de los parámetros. Los modelos paramétricos son útiles cuando



los modelos conceptuales, determinísticos o probabilísticos no son prácticos o son demasiado caros.

## 2.6. Análisis exploratorio y consistencia de datos.

Según menciona Slavador y Gargallo (2013), el Análisis Exploratorio de Datos (A.E.D.) es un conjunto de técnicas estadísticas cuya finalidad es conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas.

Para ello, el A.E.D. proporciona métodos sistemáticos sencillos para organizar y preparar los datos, detectar fallos en el diseño y recolección de los mismos, tratamiento, evaluación de datos ausentes, identificación de casos atípicos (outliers)

La mayoría de las técnicas de AED son de carácter gráfico con algunas técnicas cuantitativas. La razón de la fuerte dependencia de los gráficos es que, por su propia naturaleza, el papel principal de AED es una exploración de mente abierta, donde los gráficos permiten una mejor visión de los datos, obteniendo nuevos conocimientos y revelando sus secretos estructurales.

En combinación con las capacidades de reconocimiento de patrones del analista, los gráficos constituyen una herramienta poderosa para llevar esto a cabo, algunos métodos del AED son:

- Gráficos: permite examinar la característica de los datos (histogramas, diagramas de barras y diagramas de líneas).
- Análisis de correlación: modelo de regresión lineal, diagramas de dispersión
- Técnicas estadísticas (análisis de correlación, varianza, boxplot, etc)

Por otro lado, el Método del Vector Regional (MVR) según Espinoza (2005) se trata de un método de cálculo orientado a dos tareas definidas: La crítica de datos y la homogenización.

La idea básica del método, es la siguiente: en lugar de comparar pares de estaciones por correlación o doble masa, como se realiza en los métodos clásicos, se elabora una estación ficticia que sea una “especie de promedio” de todas las estaciones de la zona, con la cual se comparan cada una de las estaciones.

En lugar de emplear un promedio simple, utiliza el concepto de la precipitación media extendida, evitando los problemas de peso de las estaciones y la falta de datos.

## 2.7. Modelo Lutz Scholz.

En el estudio *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana* (1980), del Programa Nacional de Pequeñas y medianas Irrigaciones Plan Meris II, sustenta que este modelo hidrológico es combinado por que cuenta con una estructura determinística 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); fue desarrollado por el experto Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana entre 1979 y 1980 en el marco de la Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

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; el procedimiento que siguió el experto Lutz Scholz fue:

- Analizó los datos hidrometeorológicos de 19 cuencas entre Cuzco y Cajamarca y procedió a calcular los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de la esorrentía promedio.
- En un segundo paso, estableció un conjunto de modelos estocásticos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en estas cuencas que carecen de información hidrométrica. Aplicando los datos meteorológicos regionalizados para la cuenca respectiva y los modelos parciales, se puede calcular los caudales mensuales
- El tercer paso permite la generación de caudales para un período extendido en el punto de captación proyectada por un cálculo combinando (la precipitación efectiva con las descargas del mes anterior por un proceso markoviano) y, calibrando el modelo integral por aforos ejecutados.

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.

## 2.8. Análisis de regresiones.

### 2.8.1. Regresión lineal simple.

Sandoval (2002), define que las técnicas de regresión son el medio para estimar los parámetros de un modelo matemático que expresa la relación de una variable dependiente o respuesta  $Y$ , la cual no se puede controlar en un experimento, en función de una o más variables independientes o de regresión  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , las cuales se miden con un error despreciable y en algunos casos se controlan en el experimento.

La relación fija para un conjunto de datos experimentales se caracteriza por una ecuación de predicción que recibe el nombre de ecuación de regresión. Para el caso de una variable dependiente  $Y$ , y una sola variable independiente  $X$ , se puede plantear un modelo de regresión lineal simple poblacional del tipo.

$$\mu_{Y|X} = \alpha + \beta X$$

Donde:

- $\alpha + \beta$  = parámetros que se estiman a partir de los datos muestrales
- $\mu_{Y|X}$  = valor esperado  $Y$  dado que  $X$  ha ocurrido

Si se consideran como estimadores de  $\mu_{Y|X}$ ,  $\alpha$  y  $\beta$  a  $\hat{y}$ ,  $a$  y  $b$ , entonces el modelo de regresión muestral o línea de regresión ajustada se puede plantear como:

$$\hat{y} = a + bx$$

El símbolo  $\hat{y}$  se utiliza para distinguir entre el valor estimado que da la línea de regresión muestral y un valor experimental real observado  $y_i$  para algún valor de  $x_i$

El modelo del tipo de la expresión inicial no es exacto físicamente, pues  $X$  e  $Y$ , son normalmente variables aleatorias y, más aun, su dependencia puede no conocerse en forma exacta. Por ello, es más preciso escribir el modelo como:

$$Y = \mu_{Y|X} + E = \alpha + \beta X + E$$

Donde  $E$  es una variable aleatoria denominada termino de error o perturbación estocástica, la cual se caracteriza por tener un valor esperado nulo, una varianza constante  $S^2$ , es independiente de la variable explicativa  $X$  y son independientes entre sí.

Si existen  $n$  pares de valores  $(X_i, Y_i)$  de las variables aleatorias  $(X, Y)$  y están relacionadas linealmente por la función.

$$y_i = a + bx_i + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Entonces:

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - (a + bx_i)$$

Donde:

- $\varepsilon_i$  se llama residuo y describe el error en el ajuste del modelo en el punto  $i$  de los datos.

Con las propiedades:  $E[\varepsilon_i] = 0$ ,  $E[(\varepsilon_i - \mu_\varepsilon)^2] = E[\varepsilon_i^2] = S_\varepsilon^2$  y  $E[\varepsilon_i \varepsilon_j] = 0$

El método de mínimos cuadrados entrega estimadores  $\hat{a}$  y  $\hat{b}$  de los parámetros de la expresión al minimizar la suma de los cuadrados de los errores  $\varepsilon_i$ .

$$\min SS = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \min \sum_{i=1}^n [Y_i - (a + bx_i)]^2$$

Para encontrar el mínimo se deriva la expresión con respecto a cada uno de los parámetros y se igualan con cero  $\frac{\delta SS}{\delta a} = 0$  y  $\frac{\delta SS}{\delta b} = 0$ , así,

$$-2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0$$

$$-2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)x_i = 0$$

Que al resolver para el conjunto de parámetros se tiene:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = \bar{y} - bx$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$S_x = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$S_y = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}$$

La suma de los cuadrados y productos cruzados aparecen frecuentemente en cálculos de regresión, y se definen como

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \left\{ \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right\}$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \left\{ \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right\}$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \left\{ \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right\}$$

Así,

$$b = S_{xy}/S_{xx}$$

El coeficiente de correlación lineal se define por:

$$r = \frac{\text{Cov}(x, y)}{\sqrt{S_x^2} \sqrt{S_y^2}} = \frac{S_{xy}[n-1]^{-1}}{S_x S_y}$$

$$-1 < r < 1$$

El coeficiente de determinación, que es igual a la proporción de la varianza de y que es explicada por la ecuación de regresión, se expresa como

$$r^2 = b^2 \frac{S_x^2}{S_y^2}$$

$$0 < r^2 < 1$$

De esta última relación desprende que para  $r^2 = 0$  la regresión no explica nada de la varianza de las variables independientes. Cuando  $r^2 = 1$  no existen desviaciones o errores en torno a la línea de mínimos cuadrados, es decir, se tiene un ajuste perfecto.

### 2.8.2. Regresión múltiple.

Según Sandoval (2002), define el modelo lineal simple puede generalizarse a un mayor número de variables. Sin embargo, la complejidad matemática aumenta en proporción con el número de variables independientes incluidas.

Si existen un conjunto de variables  $\{Y, X_1, X_2, \dots, X_k\}$ , el conjunto de  $n$  unidades básicas de datos serán  $\{Y, X_{1,i}, X_{2,i}, \dots, X_{k,i}\}$  para  $i=1, 2, \dots, n$ .

El modelo de regresión múltiple se puede expresar como:

$$y_i = a + b_1x_{1,i} + b_2x_{2,i} + \dots + b_kx_{k,i} + \varepsilon_i$$

O también por:

$$y_i = \alpha + \beta_1(x_{1,i} - \bar{x}_1) + \beta_2(x_{2,i} - \bar{x}_2) + \dots + \beta_k(x_{k,i} - \bar{x}_k) + \varepsilon_i$$

Donde:

$$a = \alpha + \beta_1x_{1,i} + b_2x_{2,i} + \dots + b_kx_{k,i} + \varepsilon_i$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{j,i} \quad j = 1, 2, \dots, k$$

Entonces,

$$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - [\alpha + \beta_1(x_{1,i} - \bar{x}_1) + \beta_2(x_{2,i} - \bar{x}_2) + \dots + \beta_k(x_{k,i} - \bar{x}_k)]$$

Nuevamente se debe minimizar la suma de los errores al cuadrado

$$\min SS = \min \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \min \sum_{i=1}^n \{\alpha + \beta_1(x_{1,i} - \bar{x}_1) + \beta_2(x_{2,i} - \bar{x}_2) + \dots + \beta_k(x_{k,i} - \bar{x}_k)\}^2$$

Para encontrar el mínimo se deriva la expresión con respecto a cada uno de los parámetros y se igualan con cero  $\frac{\delta SS}{\delta \alpha} = 0, \frac{\delta SS}{\delta \beta_1} = 0, \frac{\delta SS}{\delta \beta_2} = 0, \dots, \frac{\delta SS}{\delta \beta_k} = 0$ . De la derivada  $\frac{\delta SS}{\delta \alpha} = 0$  se tiene:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \bar{y}$$

Y el conjunto de parámetros  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$  se pueden obtener al resolver

$$\hat{\beta} = S_{xx}^{-1}S_{xy}$$

Donde:

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix}$$

$$S_{xx} = \begin{bmatrix} S_{x1,x1} & S_{x1,x2} & \dots & S_{x1,xk} \\ S_{x2,x1} & S_{x2,x2} & \dots & S_{x2,xk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{xk,x1} & S_{xk,x2} & \dots & S_{xk,xk} \end{bmatrix}$$

$$S_{xy} = \begin{bmatrix} S_{x1,y} \\ S_{x2,y} \\ \vdots \\ S_{xk,y} \end{bmatrix}$$

$$S_{xj,xp} = \sum_{i=1}^n (x_{j,i} - \bar{x}_j)(x_{p,i} - \bar{x}_p) = \sum_{i=1}^n x_{j,i}x_{p,i} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{j,i} \sum_{i=1}^n x_{p,i} \quad \text{para } \begin{matrix} j = 1, 2, \dots, k \\ p = 1, 2, \dots, k \end{matrix}$$

$$S_{xj,y} = \sum_{i=1}^n (x_{j,i} - \bar{x}_j)(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_{j,i}y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{j,i} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_{j,i} - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2$$

## 2.9. Modelos estocásticos en hidrología

Según Mejía (2017), menciona que los métodos estocásticos fueron utilizados en hidrología para estimar la capacidad de embalses que depende de la secuencia de caudales, especialmente la secuencia de caudales medios. Los métodos estocásticos proveen medios para estimar la probabilidad de secuencia de años secos durante cualquier periodo específico en el futuro. Aunque se necesitan muchas propiedades para describir completamente una serie histórica, el análisis estocástico necesita incluir solamente aquellas que son importantes para el sistema físico que se esté estudiando.

Los métodos de generación de series temporales se basan en el uso de los “registros históricos” como una muestra de la población total. Mientras que los métodos convencionales consideran los registros como la “población total”. De ello, se deduce que el diseño estaría basado en estimaciones de lo que “podría haber pasado”, en vez de “lo que ha pasado”.

### 2.9.1. Modelo autoregresivo de primer orden.

Conocido también como el modelo de Markov de primer orden, viene dado por la siguiente ecuación:

$$X_{i+1} = \mu_X + \rho_{X,1}(X_i - \mu_X) + \varepsilon_{i+1}$$

$X_i$  es el valor del proceso en el tiempo  $i$ ,  $\mu_X$  es la media de  $X$ ,  $\rho_{X,1}$  es el coeficiente de correlación serial de orden 1 y  $\varepsilon_{i+1}$  es una componente aleatoria con media,  $E(\varepsilon)=0$  y variancia  $\sigma^2$ . Se asume que  $\varepsilon_{i+1}$  es independiente de  $X_i$ . La varianza de  $X$  y  $\varepsilon$  se relacionan mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Var(X_{i+1}) &= \sigma_X^2 = [\mu_X + \rho_{X,1}(X_i - \mu_X) + \varepsilon_{i+1}]^2 - E^2(X_{i+1}) = \rho_{X,1}^2 \sigma_X^2 + \sigma_\varepsilon^2 \\ \sigma_\varepsilon^2 &= \sigma_X^2(1 - \rho_{X,1}^2) \quad \sigma_\varepsilon = \sigma_X[1 - \rho_{X,1}^2]^{1/2} \end{aligned}$$

### 2.9.2. Modelo autoregresivo de orden superior.

El modelo autoregresivo de orden superior se puede generalizarse por la siguiente ecuación

$$X_{i+1} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_{i-1} + \dots + \beta_m X_{i-m+1} + \varepsilon_{i+1}$$

Donde  $X_i$  es el valor del dato actual o sus logaritmos. Para el caso del modelo normal:

Donde  $\sigma_X^2$  es la varianza de  $X$ ,  $R^2$  es el coeficiente de determinación múltiple entre  $X_{i+1}$  y  $X_i, X_{i-1}, \dots, X_{i-m+1}$ ;  $\varepsilon_{i+1}$  es una variable aleatoria con  $N(0,1)$  y los valores de  $\beta$  son los coeficientes de regresión múltiple.

El número de observaciones disponibles para la estimación de parámetros cambia de acuerdo al desfase ( $k$ ) en el tiempo. Si se cuenta con un total de  $n$  observaciones, entonces se cuenta con  $n-1$  observaciones para estimar  $\rho_{X,1}$ . Si  $k=2$ , entonces se dispone de  $n-2$  observaciones para la estimación de parámetros y así tenemos  $n-k$  observaciones en el caso más general, para la estimación de los parámetros.

### 2.10. Descripción de los modelos matemáticos en hidrología.

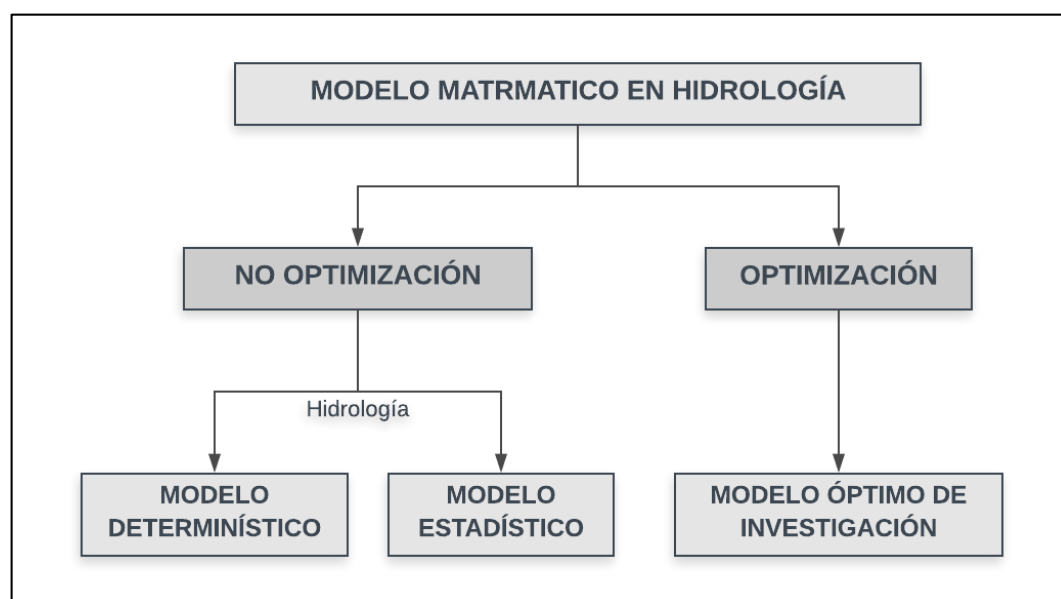
Según menciona Agruirre (2006), un modelo del sistema hidrológico es una aproximación del sistema real, sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables, y su estructura, un conjunto de ecuaciones o funciones de transferencia que transforman las variables de entrada en variables de salida. Modelos Físicos y Modelos Matemáticos. Los primeros representan el sistema sobre una escala reducida, tal como los modelos hidráulicos;



los segundos representan el sistema sobre una forma matemática, mediante una serie de funciones que relacionan las variables de salida con las variables de entrada. La mayoría de los procesos hidrológicos son aleatorios y su magnitud varía con el tiempo y con el espacio, por lo que el desarrollo de un modelo con esas características es una tarea muy difícil y requiere de una simplificación, despreciando algunas fuentes de variación.

### 2.10.1. Clasificación general de modelos matemáticos en hidrología.

A continuación, se presenta los diferentes esquemas generales de clasificación de los modelos matemáticos en hidrología:



*Figura 4: Esquema general de clasificación de modelos en Hidrología.*

Fuente: Mejía (2017)

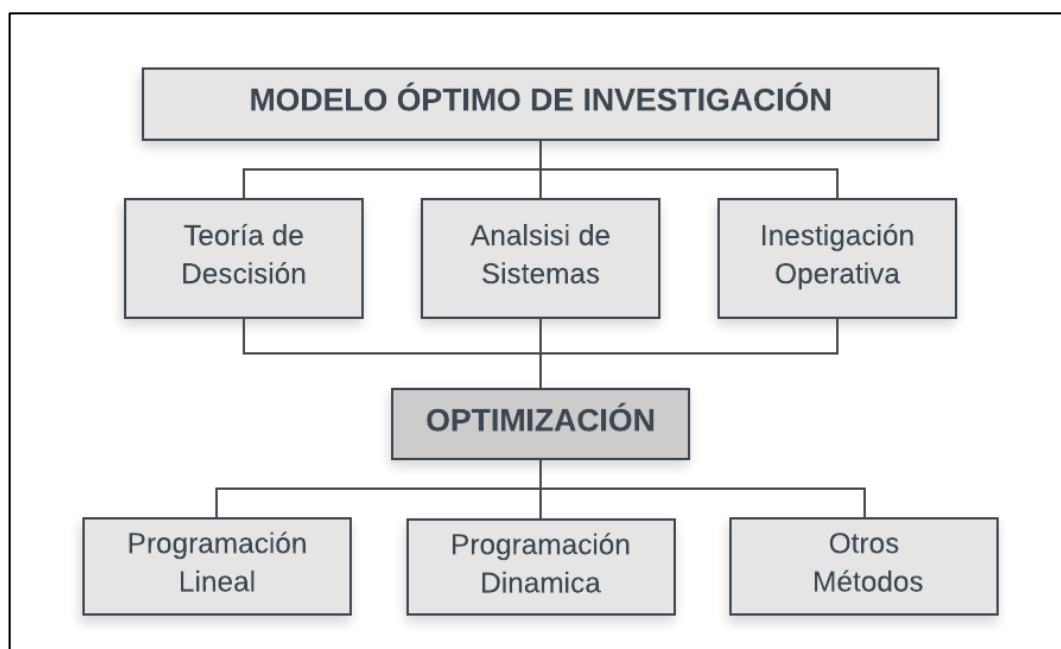


Figura 5: Esquema de calificación de modelos óptimos de Investigación.

Fuente: Mejía (2017)

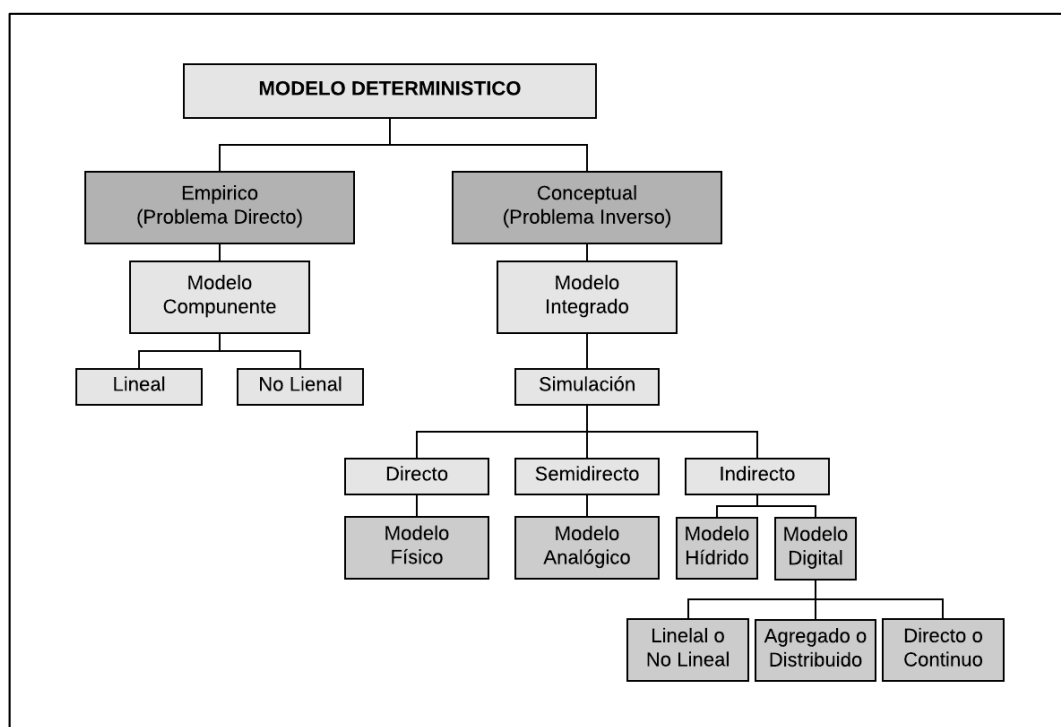
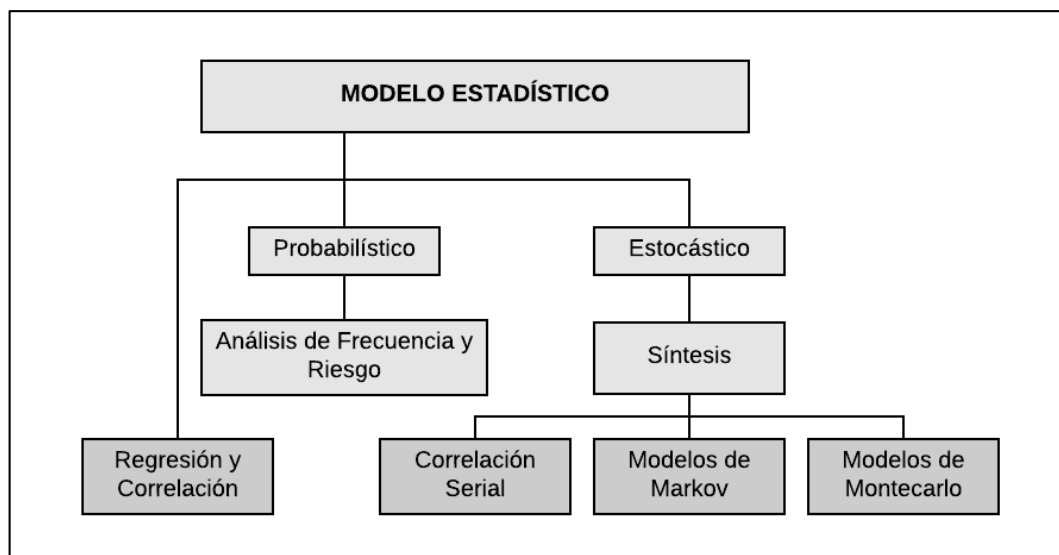


Figura 6: Esquema de clasificación de modelos Determinísticos en Hidrología.

Fuente: Mejía (2017)



*Figura 7: Esquema de clasificación de modelos Estadísticos en Hidrología.*

Fuente: Mejía (2017)

Debido a la gran variedad de problemas hidrológicos, que requieren el uso de diferentes tipos de modelos matemáticos de simulación; estos modelos pueden ser clasificados de acuerdo a diversos criterios como:

- La función
- Estructura
- Nivel de desagregación espacial
- Descripción del proceso hidrológico
- Nivel tecnológico

### **2.11. Análisis de sensibilidad.**

Según San Isidro (1998), los modelos físicos suelen representar un sistema multivariable tanto de entradas como de salidas (se trata de sistemas con multientradas y multisalidas), aunque el sistema sea físicamente sencillo, por lo que es imprescindible llevar a cabo un primer estudio (análisis de sensibilidad) para saber qué variables de entrada influyen sobre el comportamiento de las salidas, con el fin de simplificar el problema, ya que de este modo se podrán reducir los posteriores estudios a aquellas entradas que hacen sensible a la salida seleccionada. Dicho análisis viene a ser un primer estudio que guiará la validación del experimento y el diseño del mismo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Área en estudio y disponibilidad de información.

##### 3.1.1. Descripción del área en estudio.

La cuenca del río Huancané, está ubicada al sur del Perú entre las coordenadas UTM (WGS84) 376030 - 468557 Este y 8301965 - 8397410 Norte, entre las altitudes 3855-5100 m.s.n.m. Esta cuenca hidrográficamente se ubica en el sistema TDPS (Titicaca – Desaguadero – Poopó - Salar de Coipasa), en la vertiente del Titicaca.

Políticamente la cuenca en estudio se encuentra en la región Puno, Provincias de Huancané, San Antonio de Putina, Moho y Azángaro, abarca los distritos de Huancané Vilquechico, Huayrapata, Rosaspata, Cojata, Potoni, Inchupalla, Huatasani, Quilcapunco, Putina, Muñani y Ananea, se muestra el mapa de ubicación correspondiente de la cuenca del río Huancané en el Anexo H.

##### 3.1.2. Información pluviométrica.

La información de la precipitación se obtuvo de la base de datos PISCO (Peruvian Interpolated Data of the Senamhi's Climatological and Hydrological Observations), dicho producto fue elaborado por SENAMHI, a través de la dirección de Hidrología – DHI, esta base de datos espacial contiene la información de la precipitación a escala mensual. Esta base de datos se encuentra en un formato netCDF, este formato almacena los datos de precipitación desde enero de 1981 hasta diciembre de 2016, con una resolución de grilla de 0.05° (~ 5km).

Según Aybar et al. (2017) El producto PISCO fue generado en el marco de la Meta de Desarrollo de Investigación Aplicada para la Gestión de Riesgo de Desastres – PREVAED que ejecuta la Dirección de Hidrología del SENAMHI; y la autoría del mismo corresponde al Grupo de Investigación que lidera el Dr. Waldo Lavado Casimiro.

### **3.1.3. Información hidrométrica.**

La información hidrométrica se ha obtenido a partir de la estación que se encuentra en el puente Huancané, que es administrada por el SENAMHI. El período de registro corresponde a 1963–2016, para la presente investigación se ha utilizado el registro de 1981–2016.

### **3.1.4. Información meteorológica.**

La información meteorología necesaria para la presente investigación, se tomó de los registros de SENAMHI, el período de registro para la presente investigación corresponde a 1981-2016.

### **3.1.5. Información cartográfica.**

Esta información se obtuvo de la base de datos administrada por el ANA, del mismo modo se obtuvo la información DEM, de las imágenes de radar del satélite ALOS PALSAR, estas imágenes raster tienen una resolución de 12.5 metros.

## **3.2. Materiales.**

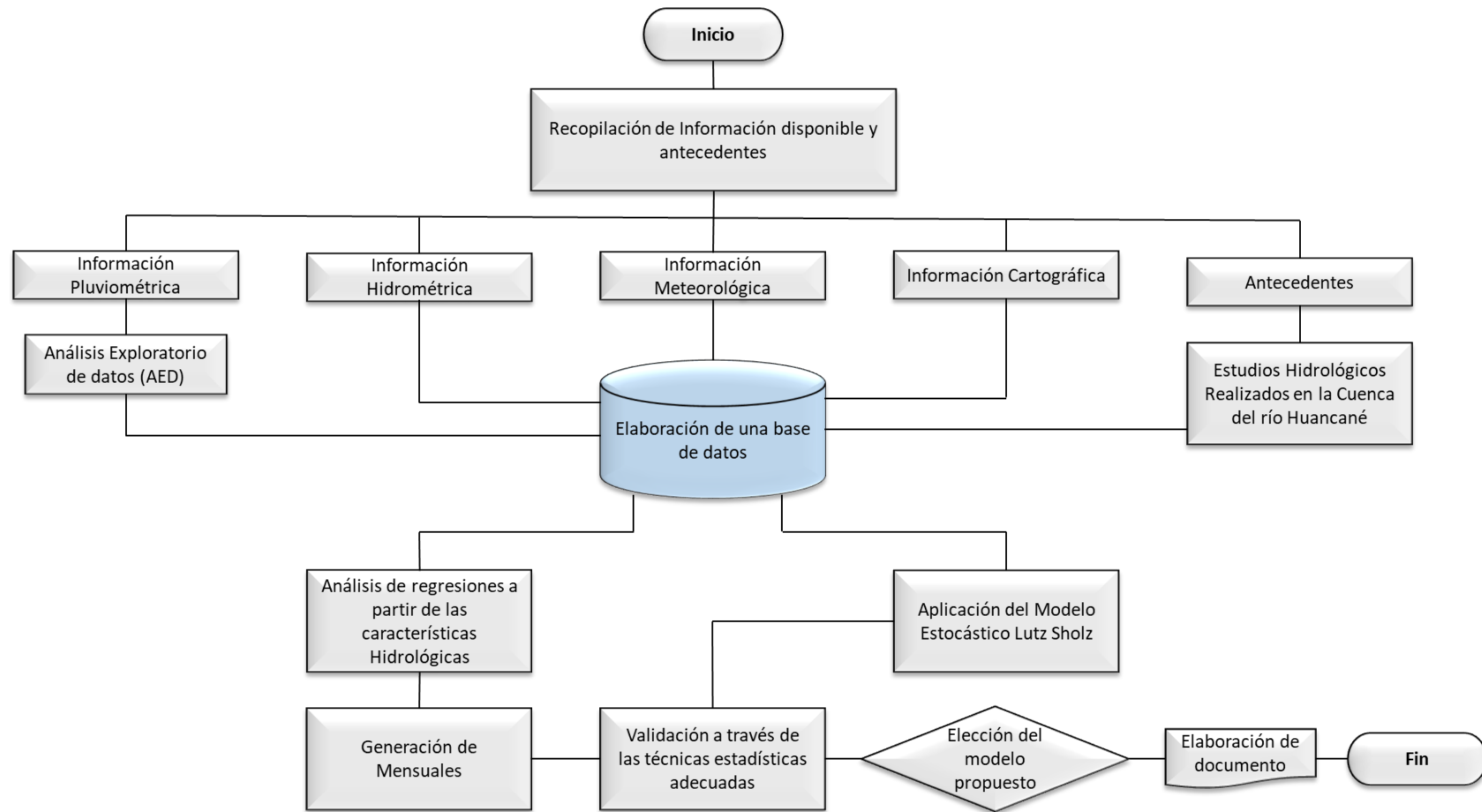
### **3.2.1. Equipos y softwares.**

En la presente investigación y para lograr los objetivos propuestos se ha utilizado los siguientes equipos de gabinete y programas de cómputo:

- a. Equipos de Gabinete:
  - Computadora Core I7 – 7700HQ, RAM de 16 GB
  - Impresora
  - Plotter
  - Material de Escritorio
  - Disco duro externo de capacidad 1TB
- b. Programas de Computo
  - ArcGis 10.5
  - Eviews 9
  - Hydraccess 4.5
  - Matlab 2016
  - Microsoft Office 2016

### 3.3. Metodología de la investigación.

La Figura 8, muestra la secuencia metodológica que se empleó en la presente investigación.



**Figura 8:** Esquema metodológico de la presente investigación.

### 3.4. Metodología para el primer objetivo específico.

#### 3.4.1. Recopilación de la información disponible y antecedentes.

Para la presente investigación se recopiló toda la información existente necesaria para el cumplimiento de los objetivos planteados.

##### 3.4.1.1. Información Pluviométrica.

Se ha obtenido la información, del producto PISCO, se obtuvo la información de la ubicación de las estaciones existentes, y se ha generado estaciones ficticias, con la finalidad de tener una mejor representatividad de la precipitación en la cuenca de estudio.

Para la lectura de los datos del producto PISCO, se ha elaborado un programa en Matlab, que permita dar un reporte de la información solicitada, este código se encuentra en el Anexo A, en la Tabla 1, se aprecia las características de estas estaciones, del mismo modo se presenta el registro de la información pluviométrica generada para la cuenca del río Huancané que encuentra en el Anexo F.

**Tabla 1:** Ubicación de las estaciones pluviométricas (cuenca Huancané).

N°	Nombre	Dpto.	Provinciana	Distrito	Cuenca	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Altitud (m)
1	Ananea	Puno	San Antonio De Putina	Ananea	Azángaro	14°40'42,4"	69°32'03,3"	4660
2	Cojata	Puno	Huancané	Cojata	Suches	15°01'31,5"	69°21'49,3"	4380
3	Huancané	Puno	Huancané	Huancané	Huancané	15°12'05,4"	69°45'12,8"	3890
4	Huaraya Moho	Puno	Moho	Moho	Intercuenca 0171	15°23'17,8"	69°29'03,4"	3890
5	Muñani	Puno	Azangaro	Muñani	Huancané	14°46'01,0"	69°57'06,5"	3948
6	Putina	Puno	San Antonio De Putina	Putina	Huancané	14°54'52,6"	69°52'03,9"	3878
7	A1	Puno	Azangaro	Muñani	Huancané	14° 34' 55"	70° 04' 12"	4546
8	A2	Puno	Azangaro	Muñani	Huancané	14° 37' 41"	69° 52' 52"	4465
9	A3	Puno	San Antonio De Putina	Putina	Huancané	14° 43' 37"	69° 48' 47"	4512
10	A4	Puno	San Antonio De Putina	Quilcapuncu	Huancané	14° 44' 38"	69° 41' 06"	4603
11	A5	Puno	San Antonio De Putina	Quilcapuncu	Huancané	14° 50' 28"	69° 36' 22"	4406
12	A6	Puno	San Antonio De Putina	Putina	Huancané	14° 51' 14"	69° 45' 54"	3920
13	A7	Puno	Huancané	Inchupalla	Huancané	14° 57' 54"	69° 34' 41"	4604
14	A8	Puno	Huancané	Inchupalla	Huancané	14° 58' 41"	69° 42' 18"	3893
15	A9	Puno	San Antonio De Putina	Pedro Vilca Apaza	Huancané	15° 01' 55"	69° 54' 32"	4000
16	A10	Puno	Huancané	Huancané	Huancané	15° 05' 10"	69° 46' 59"	4082
17	A11	Puno	Huancané	Cojata	Huancané	15° 03' 29"	69° 30' 32"	4375
18	A12	Puno	Huancané	Rosaspata	Huancané	15° 09' 18"	69° 23' 20"	4141
19	A13	Puno	Huancané	Rosaspata	Huancané	15° 15' 43"	69° 28' 19"	3919
20	A14	Puno	Huancané	Vilque Chico	Huancané	15° 10' 26"	69° 34' 08"	3923
21	A15	Puno	Huancané	Vilque Chico	Huancané	15° 07' 23"	69° 40' 23"	3865

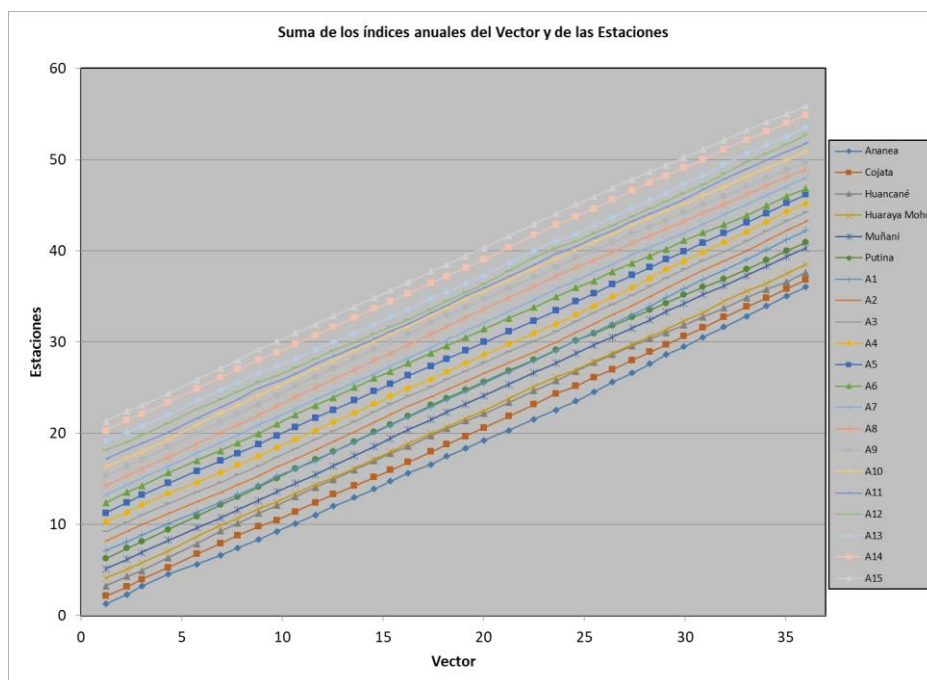
Análisis exploratorio de datos (AED):

Para el AED, se aplicó el análisis de correlación de la información observada y la información proporcionada por PISCO, seguidamente se aplicó la metodología del Vector Regional MVR, primeramente, se muestra los resultados del análisis de correlación para las estaciones observadas y las estaciones ficticias, esto se aprecia en la Tabla 2, y los resultados de este análisis de regresión y el análisis gráfico se puede observar en el Anexo B de la presente investigación.

**Tabla 2:** Resultados del análisis de correlación de la información pluviométrica.

N°	Nombre	Codigo	R2
1	Ananea	826	0.7471
2	Cojata	157421	0.8236
3	Huancané	786	0.8548
4	Huaraya Moho	787	0.8279
5	Muñani	785	0.7734
6	Putina	157414	0.9183

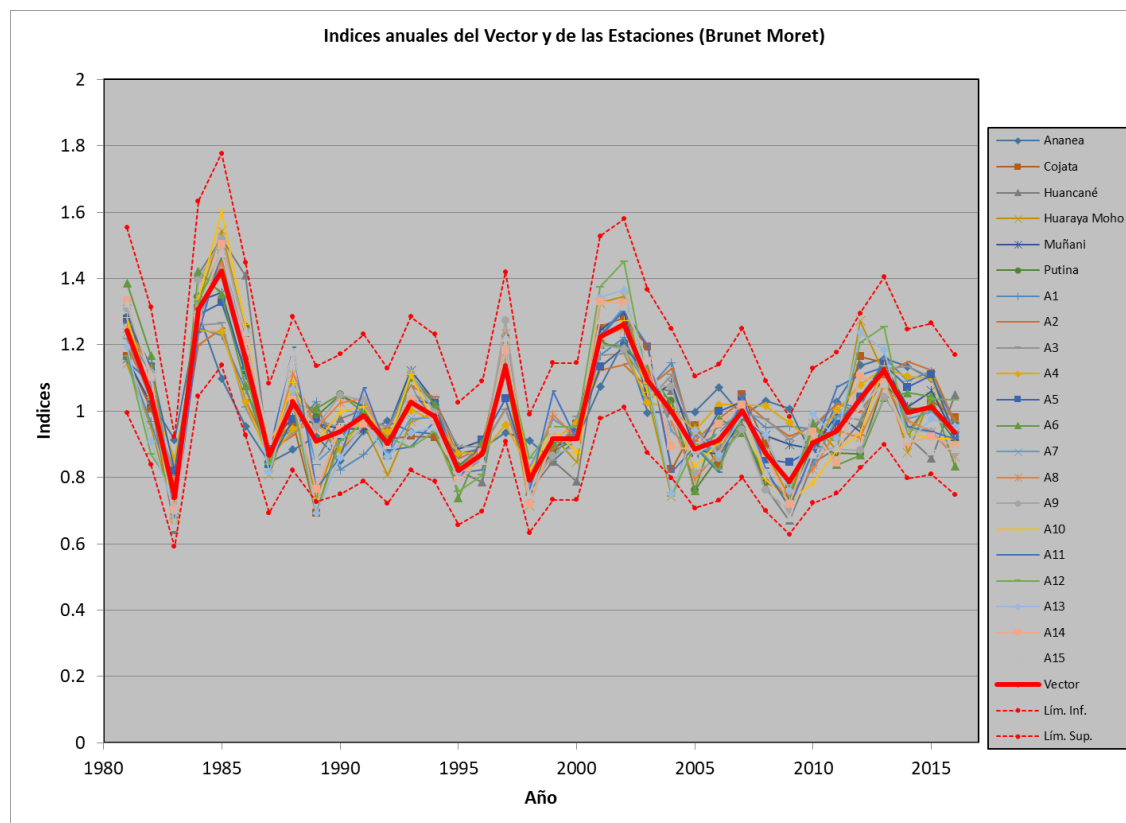
Aplicando la metodología del vector regional para la crítica de la información del producto PISCO, primeramente, se muestra el gráfico de acumuladas de las estaciones y el vector, se aprecia que esta información es consistente y no presenta quiebres en el período de análisis 1981-2016.



**Figura 9:** Gráfico de acumuladas de las estaciones de estudio con respecto al Vector.



Posteriormente se muestra el resultado del vector regional en la Figura 10, se aprecia que toda la información de las estaciones en estudio está entre los límites del vector por lo que se concluye que la información pluviométrica proporcionada por el producto PISCO, es consistente, del mismo modo se concluye que la cuenca del río Huancané pertenece a una misma región de precipitación, a una misma zona climatológica.



**Figura 10:** Vector regional de la cuenca del río Huancané.

### 3.4.1.2. Información Hidrométrica

Se obtuvo la información de la estación hidrométrica del Puente Huancané, en la Tabla 3, se muestra a detalle la ubicación de la estación, del mismo modo el registro histórico de caudales del periodo 1981-2016 se aprecia en la Figura 11, el registro histórico de esta información se encuentra en el Anexo E del presente documento.

**Tabla 3:** Ubicación de la estación hidrométrica de cuenca del río Huancané.

N°	Nombre	Código	Dpto.	Provincia	Distrito	Cuenca	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Altitud (m)
1	Huancané	210201	Puno	Huancané	Huancané	Huancané	15°12'59.3"	69°47'33.3"	3860

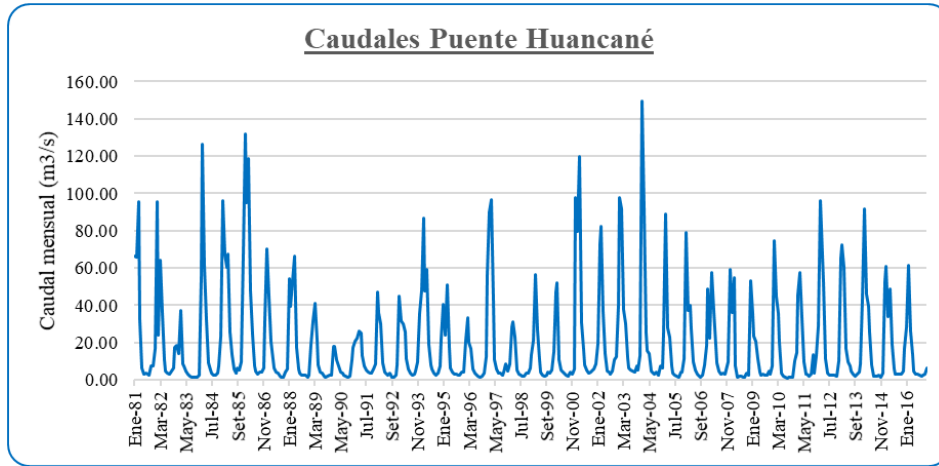


Figura 11: Caudales mensuales observados de la estación hidrométrica del puente Huancané.

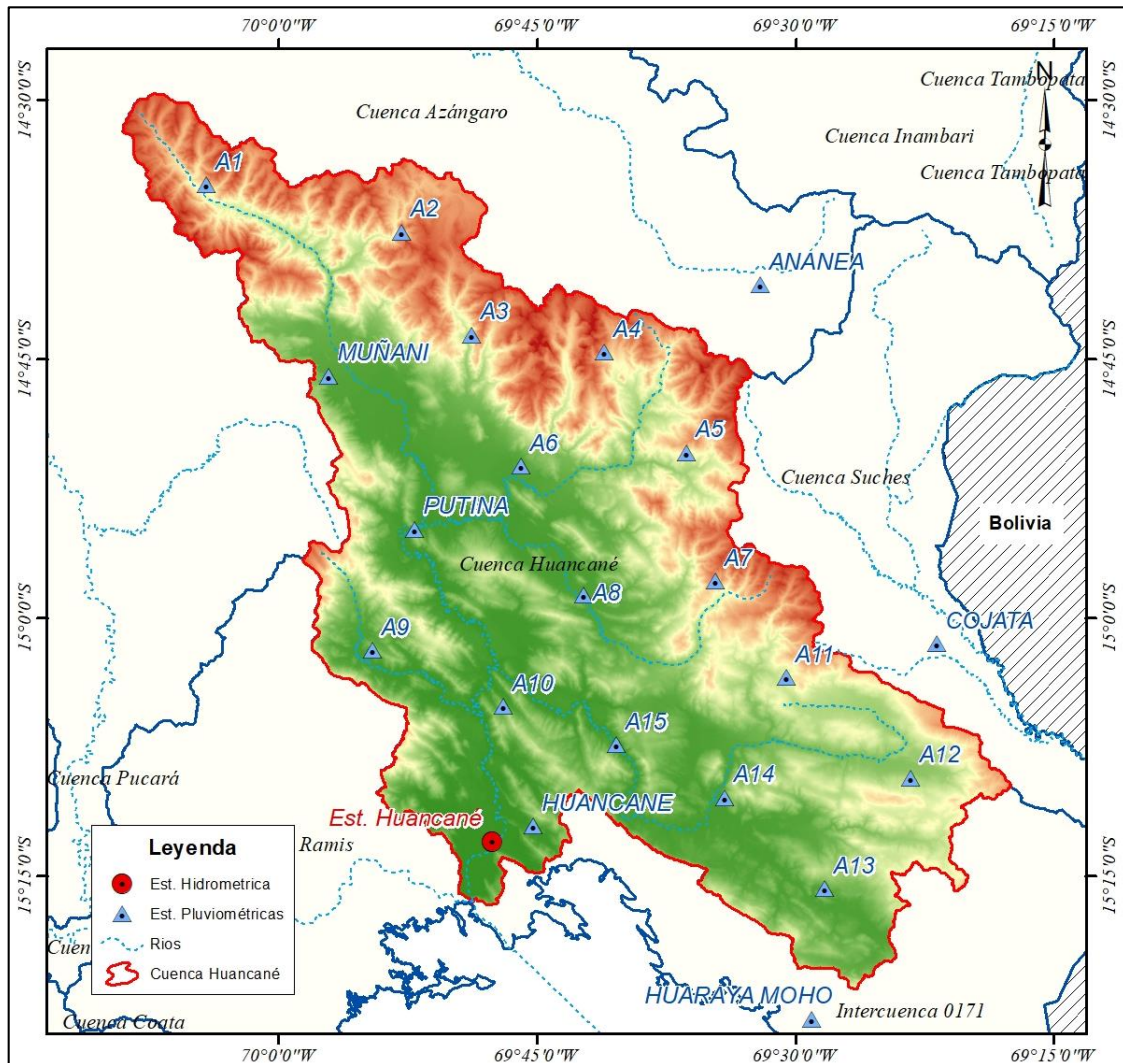


Figura 12: Ubicación de las estaciones pluviométricas e hidrométrica para la cuenca Huancané.

3.4.1.3. Información Meteorológica

Se ha recopilado la información meteorológica (registro de temperaturas necesario para la obtención de la evapotranspiración de la cuenca) de las siguientes estaciones, mostradas en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Estaciones meteorológicas (cuenca Huancané).

N°	Nombre	Código	Dpto.	Provincias	Distrito	Cuenca	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Altitud (m)
1	Ananea	826	Puno	San Antonio De Putina	Ananea	Azángaro	14° 40' 43"	69° 32' 04"	4660
2	Cojata	157421	Puno	Huancané	Cojata	Suches	15° 01' 32"	69° 21' 49"	4380
3	Crucero	7415	Puno	Carabaya	Crucero	Azángaro	14° 21' 51"	70° 01' 33"	4183
4	Huancané	786	Puno	Huancané	Huancané	Huancané	15° 12' 05"	69° 45' 13"	3890
5	Huaraya Mol	787	Puno	Moho	Moho	Intercuenca 0171	15° 23' 18"	69° 29' 03"	3890
6	Muñani	785	Puno	Azangaro	Muñani	Huancané	14° 46' 01"	69° 57' 07"	3948
7	Putina	157414	Puno	San Antonio De Putina	Putina	Huancané	14° 54' 54"	69° 52' 05"	3878

3.4.1.4. Información cartográfica

Se ha recopilado la información cartográfica para entender las características de la cuenca en estudio, esta información se recopiló del presente: *Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches*, esta información de la cuenca se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Huancané.

Características	Datos	Unidad
Área de la cuenca	3631.19	km <sup>2</sup>
Perímetro de la cuenca	421.97	km
Longitud del río principal	142.05	km
Cota máxima de la cuenca	5100	msnm
Cota mínima de la cuenca	3806	msnm
Pendiente media de la cuenca	0.00670	m/m
Pendiente media del río principal	0.007	m/m

Fuente: Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches

El estudio menciona que: El curso principal de la cuenca del río Huancané, nace desde el río Toco, Toco-río, Ticani-río, Puncune-río, Pongongoni-río, Putina-río y finalmente del río Huancané, hasta la desembocadura al lago Titicaca, cuya longitud del cauce principal es de 142.05 km y tiene una pendiente media de 0.70%.

La cuenca del río Huancané está conformado por nueve subcuencas de nivel cinco: Alto Huancané (río Puncune), Pistune (río Pistune), Muñani (río Muñani), Tuyto (río Tuyto), Llache (río Llache), Medio Alto Huancané (río Pongongoni), Medio Huancané (río Putina), Medio Bajo Huancané (tramo río Huancané) y Bajo Huancané (tramo río Huancané).

Las cinco primeras subcuencas tienen un aporte efectivo de caudal, las cuatro últimas están definidas como intercuencas al recibir el aporte de agua de las subcuencas anteriores.

#### 3.4.1.5. Antecedentes.

Los principales estudios de ingeniería recopilados para la presente investigación son:

- Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches
- Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Huancané y Suches

Dichos estudios fueron elaborados por el ANA (Autoridad Nacional del Agua)

#### 3.4.2. Elaboración de una base de datos.

Se ha elaborado una base de con la información recopilada, esta serie de datos se encuentra organizada y guarda relación entre sí, la ventaja de utilizar una base de datos es que primeramente que los datos son controlados y la redundancia de los mismos se reduce en la medida de riesgo que existan inconsistencias, así mismo la base de datos mejora la accesibilidad a la información necesaria para una mejor gestión de la información y procesos de cálculo más eficientes.

#### 3.4.3. Aplicación del modelo estocástico de Lutz Scholz.

La aplicación y los cálculos correspondientes para el estudio del modelo precipitación - escorrentía propuesto por el experto Lutz Scholz, se encuentran en el estudio: *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana del Programa Nacional de Pequeñas y medianas Irrigaciones Plan Meris II* (1980).

##### 3.4.3.1. Balance hídrico.

Se analiza el balance hídrico con el fin de establecer modelos parciales, sean estos determinísticos o estocásticos, para regionalizar los parámetros que describen el caudal mensual.

La ecuación fundamental del balance hídrico mensual expresada en mm/mes se puede describir en la forma siguiente propuesta por Fischer

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

Donde:

- $CM_i$  = Caudal mensual (mm/mes)
- $P_i$  = Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)
- $D_i$  = Déficit de escurrimiento (mm/mes)
- $G_i$  = Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)
- $A_i$  = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Para periodos largos, el gasto y el abastecimiento son iguales, la retención de la cuenca no cambia a largo plazo, y para un año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmosfera por evaporación. Entonces se sustituye  $(P-D)$  por  $(C*P)$ , y tomando en cuenta que la descarga se mide en  $(m^3/s)$  la ecuación (1) se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR$$

Donde:

- $Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )
- $c'$  = Coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)
- $C$  = Coeficiente de escurrimiento
- $P$  = Precipitación total mensual (mm/mes)
- $AR$  = Área de la cuenca ( $m^2$ )

#### 3.4.3.2. Coeficiente de escurrimiento

La fórmula desarrollada por L. Turc sobre la base de observaciones hechas en 254 cuencas situadas en todos los climas alrededor del globo, pero con gran parte ubicada en Francia y África tiene la expresión:

$$C = \frac{P - D}{P}$$

Donde:

- $C$  = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)
- $P$  = Precipitación Total anual (mm/año)
- $D$  = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para determinar el déficit de escurrimiento (D) se utiliza la siguiente expresión:

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{1/2}}$$

Donde:

- D = Déficit de escurrimiento (mm/año)
- P = Precipitación Total anual (mm/año)
- L = Coeficiente de la temperatura

Para determinar el coeficiente de la temperatura (L), se utiliza la siguiente expresión:

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

Donde:

- T = Temperatura media anual (°C)

Según Lutz (1980) en la sierra sur del Perú, el método de Turc falla por el clima muy especial, clima montañoso con temperaturas bajas alrededor 7°C ubicado en la zona tropical. Por esta razón se ha buscado un método más apropiado para la región del Proyecto.

Para le región del proyecto se utiliza las ecuaciones siguientes desarrolladas sobre la base de observaciones en la región de Cusco y Huancavelica (Método de la misión alemana).

$$\hat{C} = 3.16E12 * P^{-0.571} * EP^{-3.686}, r = 0.96$$

$$\hat{D} = -1380 + 0.872 * P + 1.032 * EP$$

Donde:

- $\hat{C}$  = Coeficiente de escurrimiento
- $\hat{D}$  = Déficit de escurrimiento (mm/año)
- P = Precipitación total anual (mm/año)
- EP = Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año)
- R = Coeficiente de correlación, nivel significativo; n=8 ;  $r_{0.05} = 0.707$



### 3.4.3.3. Evapotranspiración.

La evapotranspiración se determina por la fórmula de radiación desarrollada por Hargreaves para el cálculo de la evapotranspiración potencial, la formula aplicada es:

$$EP = 0.0075 * RSM * TF * FA$$

$$RSM = 0.075 * RA * \left(\frac{n}{N}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$FA = 1 + 0.06 * AL$$

Donde:

- EP = Evapotranspiración potencial anual (mm/año)
- RSM = Radiación solar media
- TF = Componente de la temperatura
- FA = Coeficiente de corrección por elevación
- TF = Temperatura media anual
- RA = Radiación extraterrestre
- n/N = Relación entre insolación actual y posible (%)
- n/N = 50% (estimación sobre base de registros)
- AL = Elevación media de la cuenca en kilómetros (Km)

La temperatura media anual de la cuenca se calcula en base a datos registrados en las estaciones de referencia teniendo en cuenta una gradiente de temperatura de  $-5.3 \text{ }^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$ , que se determinó para la sierra.

### 3.4.3.4. Precipitación Efectiva.

Los caudales medios observados pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención de la cuenca respectiva. Para este cálculo se adoptó el método del United States Bureau of Reclamation (USBR) para la determinación de la porción de lluvias que es aprovechable para cultivos. El Bureau of Reclamation llama a esta cantidad la precipitación efectiva de los cultivos que en realidad es la antítesis de la precipitación de escorrentía anteriormente mencionada.

$$PE = a_0 + a_1 * P + a_2 * P^2 + a_3 * P^3 + a_4 * P^4 + a_5 * P^5$$

Donde:

- PE = Precipitación efectiva (mm/mes)
- P = Precipitación total mensual (mm/mes)
- $a_i$  = Coeficiente del polinomio

En la Tabla 6 se presentan los juegos de coeficientes  $a_i$  que permiten alcanzar cada valor C predeterminado entre 0.15 y 0.45 por interpolación.

De este modo es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y total de manera que el volumen anual de la precipitación efectiva es igual al caudal de la cuenca representativa.

**Tabla 6:** Coeficientes "a;" para la aplicación del polinomio.

Coef.	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	-1.20E-05	4.35E-05	5.53E-05
a4	1.44E-07	-8.90E-08	1.24E-07
a5	-2.85E-10	-8.79E-11	1.42E-09

Fuente: Plan Meris II

De este modo se llega a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Donde:

- C = Coeficiente de escurrimiento
- Q = Caudal anual
- P = Precipitación Total anual
- $\sum_{i=1}^{12} PE_i$  = Suma de la precipitación efectiva mensual



#### 3.4.3.5. Retención en la cuenca.

Suponiendo que para un año promedio exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y admitiendo que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual.

$$R_i = CM_i - PE_i$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

- $CM_i$  = Caudal mensual (mm/mes)
- $PE$  = 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 de cero (mm/mes)
- $R_i = A_i$  para valores menores de cero (mm/mes)

Sumando los valores de  $G$  o  $A$  respectivamente, se halla la retención total  $R$  de la cuenca para el año promedio, que para en caso de las cuencas de la sierra varia de 43 a 188 (mm/año).

#### 3.4.3.6. Relación entre descargas y retención.

Durante la estación seca el gasto de la retención alimenta los ríos y mantiene la descarga básica. La reserva de la cuenca se agota al final de la estación seca y durante este tipo se puede identificar la descarga del mes anterior y el coeficiente de agotamiento según la fórmula:

$$Q_t = Q_o * e^{-a*t}$$

Donde:

- $Q_t$  = Descarga en el tiempo  $t$
- $Q_o$  = Descarga inicial
- $a$  = Coeficiente de agotamiento
- $t$  = tiempo

Al principio de la estación lluviosa el proceso de agotamiento de la reserva termina y parte de las lluvias más abundantes entre en los almacenes hídricos. El proceso de abastecimiento

se muestra 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.

#### 3.4.3.7. Coeficiente de agotamiento.

El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca

$$a = f(\ln AR)$$

$$a = 3.1449E67(AR)^{-0.1144}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429}$$

$$r = 0.86$$

El análisis de las observaciones disponibles se muestra, además cierta influencia del clima, la geología y la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

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 “a” para cuatro clases de cuencas:

- Agotamiento muy rápido: por temperatura elevada mayor de 10°C y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana (80 mm/año)

$$a = 0.0025 * \ln(AR) + 0.034$$

- Agotamiento rápido: por la retención entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna)

$$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.030$$

- Agotamiento mediano: por retención mediana (alrededor de 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados)

$$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.026$$

- Agotamiento reducido: por alta retención (arriba de 100 mm/año) y vegetación mezclada

$$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.23$$

Donde:

- $a$  = Coeficiente de agotamiento por día
- $AR$  = Área de la cuenca ( $\text{km}^2$ )
- $EP$  = Evapotranspiración potencial anual ( $\text{mm/año}$ )
- $T$  = Duración de la temporada seca (días)
- $R$  = Retención total de la cuenca ( $\text{mm/año}$ )

#### 3.4.3.8. Almacenamiento hídrico.

Entre los almacenes naturales que producen el efecto de la retención en la cuenca, se puede distinguir tres tipos con mayor importancia:

- Acuíferos
- Lagunas y Pantanos
- Nevados

La determinación de la lámina “L” que almacena cada tipo de estos almacenes está dado por:

Acuíferos:

$$L_A = -750 * I + 315$$

Donde:

- $L_A$  = Lamina específica de acuíferos
- $I$  = Pendiente de desagüe:  $I \leq 15\%$

Lagunas y pantanos

- $L_L = 500$  ( $\text{mm/año}$ )
- $L_L$  = Lamina específica de lagunas y pantanos

Nevados

- $L_N = 500$  ( $\text{mm/año}$ )
- $L_N$  = Lamina específica de nevados

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías, los almacenamientos de corto plazo no son considerados para este caso, estando los mismos incluidos en las ecuaciones de la precipitación efectiva.

### 3.4.3.9. Gasto de la Retención.

La contribución mensual de la retención durante la estación seca se puede determinar experimentalmente en base a datos históricos de la cuenca en estudio por la siguiente expresión:

$$G_i = \left[ \frac{b_i}{\sum_{i=1}^m b_i} \right] R$$

Donde:

- $b_i$  = Relación entre el caudal del mes actual y anterior (coeficiente del gasto de la retención).
- $\sum_{i=1}^m b_i$  = Sumatoria de la relación entre el caudal del mes  $i$  y el caudal inicial (Coeficiente del gasto de la retención)
- $G_i$  = Gasto mensual de la retención (mm/mes)
- $R$  = Retención de la cuenca (mm/mes)

### 3.4.3.10. Abastecimiento de la retención.

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 la Tabla 7.

**Tabla 7:** Almacenamiento hídrico durante la época de lluvias.

Region	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Cusco	0	5	35	40	20	0	100
Huancavelica	10	0	35	30	20	5	100
Junin	10	0	25	30	30	5	100
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100

Fuente: Plan Meris II

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  $PE_i$ . Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i * \frac{R}{100}$$

Donde:

- $A_i$  = Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)
- $a_i$  = Coeficiente de abastecimiento (%)
- $R$  = Retención de la cuenca (mm/año)

#### 3.4.3.11. Determinación del caudal mensual para el año promedio.

Está basado en la ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual a partir de los componentes descritos anteriormente:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

- $CM_i$  = Caudal del mes i (mm/mes)
- $PE_i$  = Precipitación efectiva del mes i (mm/mes)
- $G_i$  = Gasto de la retención del mes i (mm/mes)
- $A_i$  = Abastecimiento del mes i (mm/mes)

#### 3.4.3.12. Generación de caudales mensuales para períodos extendidos.

Al fin de generar una serie sintética de caudales para periodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un proceso Markoviano de primer orden, según la ecuación con un variable impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la ecuación:

$$Q_t = f(Q_{t-1})$$

$$Q = g(PE_t)$$

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

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

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

$$Q_t = B1 + B2(Q_{t-1}) + B3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2}$$

Donde:

- $Q_t$  = Caudal del mes t
- $Q_{t-1}$  = Caudal del mes anterior
- $PE_t$  = Precipitación efectiva del mes t
- B1 = Factor constante = caudal básico

Se calcula los parámetros B1, B2, B3, r, y S sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión con  $Q_t$  como valor dependiente y  $Q_{t-1}$  y  $PE_t$ , como valores independientes. Para el cálculo se recomienda el uso del software comercial.

El proceso de generación requiere un valor inicial, el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

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

#### 3.4.3.13. Test Estadísticos.

Para determinar la calidad de la coincidencia de los caudales generados con los observados, se desarrolla la comparación de los promedios y desviaciones tipo de los valores históricos y los generados.

Para probar si los promedios salen de la misma población, se utiliza el Test de Student (Prueba “t”). Esta prueba debe ser desarrollada para cada mes.

$$\hat{t} = \frac{(x_1 - x_2)}{\sqrt{\frac{(s_1^2 + s_2^2)}{n}}}$$

Donde:

- $\hat{t}$  = Valor de prueba
- $\bar{x}_1$  = Promedio del grupo 1, caudales registrados
- $\bar{x}_2$  = Promedio del grupo 2, caudales generados
- $s_1$  = Desviación tipo del grupo 1
- $s_2$  = Desviación tipo del grupo 2
- n = grado de libertad – número de valores disminuido por 1

Se compara el valor de  $\hat{t}$  con el valor límite  $t_{p;n}$ , que indica el límite superior, que con una probabilidad de error del P%, permite decir que ambos promedios pertenecen a la misma población.

Para comparar las desviaciones tipo se calcula el valor  $\hat{F}$  del test de Fisher.

$$\hat{F} = \frac{s_1^2}{s_2^2} \text{ ó } \frac{s_2^2}{s_1^2} > 1$$

Y se le compara con el valor límite  $F_{\frac{p}{2}(\%),(n_1,n_2)}$

#### 3.4.3.14. Restricción del modelo.

No se debería descuidar varios factores en el régimen de escorrentía, por ejemplo, el proceso de la intercepción, la variación anual del coeficiente de escurrimiento y del coeficiente de agotamiento, la reacción específica de los almacenes hídricos durante la estación lluviosa y la sequía para llegar a un método simple y práctico. Esta simplificación implica algunas restricciones en el uso del modelo a presentarse, por lo tanto, se establece las restricciones:

- Primero: El uso de los modelos parciales, únicamente dentro del rango de calibración establecido.
- Segundo: Su uso es únicamente para el cálculo de caudales mensuales.
- Tercero: La aplicación del modelo se restringe a las cuencas en las que se ha calibrado sus parámetros (sierra peruana: Cusco, Huancavelica, Junín, Cajamarca).

### 3.5. Metodología para el segundo objetivo específico.

#### 3.5.1. Análisis de regresiones a partir de las características hidrológicas.

##### 3.5.1.1. Cálculo de la evapotranspiración mensual.

Primeramente, se desarrolló el método de Hargreaves por Temperatura, para la obtención de la evapotranspiración mensual para el período de 1981-2016, la fórmula empírica para la estimación de la evapotranspiración potencial del tanque clase A en latitudes medias del hemisferio norte.

La ecuación propuesta es función de la temperatura, la humedad relativa y el coeficiente mensual de luz solar.

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

Donde:

- ETP = Evapotranspiración potencial (mm/mes)
- MF = Factor mensual de latitud Tabla 8
- TMF = Temperatura media mensual (°F)
- CH = Factor de corrección por la humedad relativa

$$CH = 0.166(100 - HR)^{0.5} \text{ para } HR > 64\%$$

$$CH = 1, \text{ para } HR < 64\%$$

Donde:

- HR = Humedad relativa media mensual (%)
- CE = Factor de corrección por altitud de la zona

$$CE = 1 + \frac{0.04 * E}{2000}$$

Donde:

- E = Altitud o elevación de la zona en estudio (m.s.n.m.)



**Tabla 8:** Factor de evapotranspiración potencial (MF) (mm/mes).

Latitud	Meses MF											
	Sur	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
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	1.937	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	1.598	1.391	1.504	1.780	2.088	2.508	2.651	2.830

Fuente: Absalon Vasquez, “Manejo de Cuencas Altoandinas”

### 3.5.1.2. Determinación de los modelos propuestos.

A partir del modelo hidrológico de Lutz Scholz, el cual permite estimar los caudales mensuales, por lo tanto se procede a determinar los valores que influyen directamente en la estimación de caudales mensuales, se evalúa las características hidrológicas básicas como precipitación mensual, precipitación efectiva, evapotranspiración, área de la cuenca, para ello se efectúan los cálculos de regresiones para los modelos Auto Regresivos propuestos, para ello se emplea el software computacional EViews. Se plantean cuatro modelos matemáticos de precipitación – escorrentía denominados Modelos Hidrológicos Auto Regresivos Traverso (ART):

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} ET_o^{\beta_3} A^{\beta_4} \quad (ART1)$$

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} ET_o^{\beta_3} \quad (ART2)$$

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} \quad (ART3)$$

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} ET_o^{\beta_2} \quad (ART4)$$

Donde:

- Qm = Caudal medio mensual (m3/s)
- P = Precipitación media de la cuenca (mm/mes)
- PE = Precipitación efectiva (mm/mes)
- ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración de la cuenca (mm/mes)
- A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  = Coeficientes de calibración

Del mismo modo se plantea el desarrollo del análisis de sensibilidad de las variables planteadas en este caso son las características hidrológicas, para cada modelo de donde por descarte y resultados estadísticos, se obtiene las características o variables con mayor influencia y relación directa para determinar la influencia en los caudales mensuales.

### 3.6. Metodología para el tercer objetivo específico.

#### 3.6.1. Medidas de bondad de ajuste.

Según menciona Cabrera (2017), la calibración de modelos usualmente se enfoca en un “criterio de exactitud”, el cual se apoya en la cuantificación de la bondad de ajuste del modelo. Para este fin, se hace uso de diferentes “medidas de bondad de ajuste”, entre las cuales podemos mencionar:

##### 3.6.1.1. Coeficiente de calibración ( $r$ ).

Expresa la dependencia lineal entre dos variables que, en nuestro caso, son los caudales observados y los caudales simulados. Se formula como:

$$r = \frac{S_{obs,sim}}{\sqrt{S_{obs}S_{sim}}}$$

Donde:

- $S_{obs,sim}$  = covarianza sin sesgo entre los caudales observados y simulados

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

- $S_{obs}$  y  $S_{sim}$  son las varianzas sin sesgo de los caudales observados y simulados respectivamente:

$$S_{obs} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2$$

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

Donde los valores con barras representan valores medios y  $n$  es número de datos simulados. El coeficiente de correlación puede tomar valores entre  $0 < r < 1$ : a mayor valor de  $r$ , mejor ajuste. El uso de esta medida de bondad de ajuste se recomienda cuando se espera una relación lineal entre las variables observadas y simuladas.

3.6.1.2. *Criterio de Schultz (D).*

El criterio de Schultz representa la desviación de los caudales simulados respecto de los observados, se calcula como:

$$D = 200 \frac{\sum_{i=1}^n |Q_{sim,i} - Q_i| Q_i}{n(Q_{max})^2}$$

Donde:

- $Q_{max}$  = descarga máxima observada en el período en estudio.

El uso de este criterio es recomendado para análisis de eventos de alta resolución temporal.

**Tabla 9:** *Valores referenciales del criterio de Schultz.*

<b>D</b>	<b>Ajuste</b>
0 - 3	Muy bueno
3 - 10	Bueno
10 - 18	Suficiente
>18	Insuficiente

Fuente: Molnar, 2011

3.6.1.3. *Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E).*

El criterio de Nash-Sutcliffe es uno de los más usados en Hidrología, se define como:

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

Y mide cuanto de la variabilidad de las observaciones es explicada por la simulación. Si la simulación es perfecta, E=1; si se intentase ajustar las observaciones con el valor promedio, entonces E=0. Algunos valores sugeridos para la toma de decisiones son resumidos en la Tabla 10.

**Tabla 10:** *Valores referenciales del Criterio de Nash-Stucliffe.*

<b>E</b>	<b>Ajuste</b>
<0.2	Insuficiente
0.2 - 0.4	Satisfactorio
0.4 - 0.6	Bueno
0.6 - 0.8	Muy bueno
>0.8	Excelente

Fuente: Molnar, 2011

Este indicador puede ser utilizado para cualquier escala de tiempo (anual, mensual, diario).

Cuando los valores de la variable simulada son demasiado grandes, se suele utilizar la “Eficiencia logarítmica de Nash-Sutcliffe”

$$E_{log} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\log(Q_{sim}) - \log(Q_i))^2}{\sum_{i=1}^n (\log(Q_{sim}) - \overline{\log(Q_i)})^2}$$

#### 3.6.1.4. Error de balance de masas (m).

Expresa cuantitativamente la relación entre el volumen del hidrograma observado y el simulado, se expresa como:

$$m = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sm} - Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

Donde:

- m = es un porcentaje

Si el ajuste es perfecto, m=0. en el proceso de calibración, se debe buscar alcanzar el valor más bajo de m. esta media de bondad de ajuste es adecuada para análisis mensuales y anuales; y para casos donde se requiere reproducir el balance de aguas.

#### 3.6.2. Elección del modelo propuesto.

A partir de los resultados obtenidos por EViews 9, donde se ha analizado cada modelo autoregresivo planteado de precipitación-escorrentía en la presente investigación, los resultados nos dan un previo análisis de sensibilidad de los modelos propuestos seguidamente se procede a evaluar los modelos autoregresivos a partir de las medidas de bondad de ajuste más utilizadas en la hidrología (coeficiente de calibración (r), criterio de Schultz (D), Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E) y Error de balance de masas (m)), se procede con la elección del mejor modelo planteado para la generación de descargas mensuales en la cuenca del río Huancané.

### 3.7. Metodología para el cuarto objetivo específico.

Desarrollo de una metodología para la aplicación del modelo propuesto para generar caudales mensuales, en puntos de interés, microcuencas y quebradas, a partir del Modelo Hidrológico Auto Regresivo (ART). Se muestran los Modelos Hidrológicos planteados.

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} ET_0^{\beta_3} A^{\beta_4} \quad (ART1)$$

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} ET_0^{\beta_3} \quad (ART2)$$

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} \quad (ART3)$$

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} ET_0^{\beta_2} \quad (ART4)$$

Donde:

- $Qm$  = Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s)
- $P$  = Precipitación media de la cuenca (mm/mes)
- $PE$  = Precipitación efectiva (mm/mes)
- $ET_0$  = Evapotranspiración de la cuenca (mm/mes)
- $A$  = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  = Coeficientes de calibración

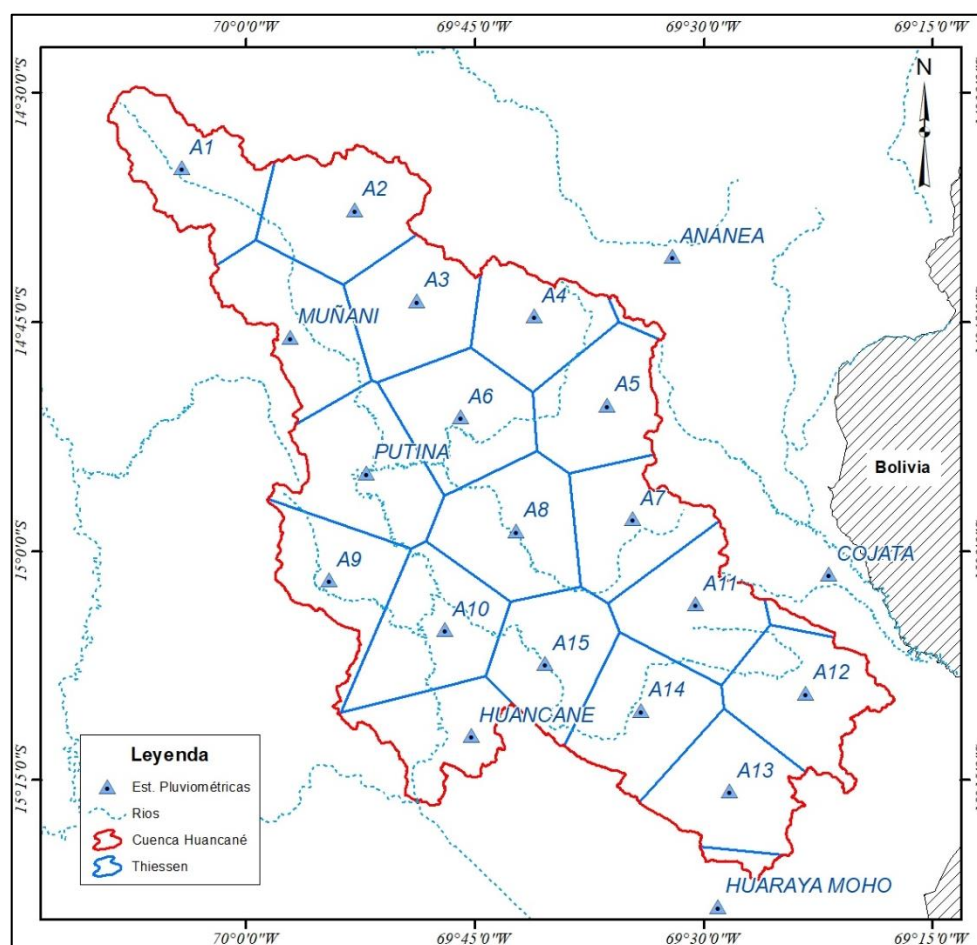
A partir del modelo que determine con mayor certidumbre los caudales medios mensuales evaluados en la cuenca en estudio, se establece la sistemática de aplicación del modelo autoregresivo (ART).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. De la generación de caudales medios mensuales modelo Lutz Scholz.

Los resultados obtenidos para lograr el primer objetivo específico, siguiendo la metodología de la generación de caudales mensuales propuesto por el experto Lutz Scholz, para esto primeramente se determinó la precipitación media mensual en la cuenca del río Huancané a partir de las estaciones generadas con el producto PISCO.

La estimación de la precipitación media mensual se determinó mediante el método de Thiessen, como se muestra en la Figura 13 para la cuenca del río Huancané, y se ve el área de influencia de las estaciones en la cuenca.



**Figura 13:** Polígono de Thiessen de la cuenca Huancané.

En la Tabla 11, se indica el área de influencia de las estaciones, a partir de la información proporcionada, las precipitaciones totales de las estaciones varían desde 366.48 mm a 870.91 mm del mismo modo se ha obtenido una precipitación media anual de 627.73 mm/año, se presenta la serie mensual de la precipitación media de la cuenca Huancané en el Anexo C.

**Tabla 11:** Precipitación media anual método Thiessen.

N°	Estación	Área de influencia (km <sup>2</sup> )(Pi)	Precipitación total (mm)(Ai)	Pi*Ai
1	ANANEA	9.26	538.92	4989.43
2	COJATA	13.21	666.36	8805.52
3	HUANCANE	156.27	667.78	104353.63
4	HUARAYA MOHO	15.90	808.25	12849.19
5	MUÑANI	205.57	463.37	95254.69
6	PUTINA	233.71	688.12	160823.77
7	A1	210.58	575.29	121145.9
8	A2	225.79	623.43	140762.05
9	A3	188.56	653.07	123143.01
10	A4	168.67	668.06	112683.11
11	A5	193.59	675.30	130731.82
12	A6	205.77	870.91	179210.27
13	A7	179.77	695.63	125051.85
14	A8	222.06	718.34	159511.95
15	A9	165.66	752.67	124684.21
16	A10	221.51	530.31	117470.47
17	A11	196.06	707.93	138797.35
18	A12	220.24	366.48	80711.89
19	A13	203.14	572.78	116352.69
20	A14	207.68	572.00	118791.93
21	A15	188.20	548.89	103300.7
<b>Sumatoria</b>		3631.19	13363.89	2279425.4
<b>Precipitación media anual (mm/año)</b>				627.73

#### 4.1.1. Evapotranspiración Hargreaves.

Se ha determinado la temperatura mensual en la cuenca de las estaciones Ananea, Cojata, Crucero, Huancané, Huaraya Moho, Muñani y Putina, se ha determinado la evapotranspiración potencial aplicando el método de Hargreaves por Radiación, la evapotranspiración potencial anual para la cuenca del río Huancané es 1164.48 mm/año. Se muestran los cálculos de la evapotranspiración potencial en la Tabla 12.

*Tabla 12: Resultados de la evapotranspiración potencial método de Hargreaves.*

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Temperatura media mensual	9.54	9.51	9.20	8.44	6.42	4.98	4.66	5.80	7.77	9.04	9.64	9.87
Temperatura Maxima mensual	14.70	14.82	14.84	15.09	15.03	14.38	14.34	14.94	15.80	16.17	16.42	15.76
Temperatura minima mensual	4.39	4.21	3.57	1.79	-2.18	-4.42	-5.02	-3.33	-0.26	1.91	2.86	3.97
Temperatura maxima menos temperatura minima	10.31	10.61	11.28	13.30	17.22	18.80	19.36	18.27	16.06	14.26	13.56	11.79
Radiacion extraterrestre equivalente de evaporacion	16.80	16.40	15.25	13.60	11.90	11.00	11.40	12.75	14.40	15.80	16.60	16.70
Evaporacion potencial (mm/dia)	3.39	3.36	3.18	2.99	2.75	2.50	2.59	2.96	3.39	3.68	3.86	3.65
Numero de dias del mes	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Evaporacion potencial (mm/mes)	105.09	94.08	98.58	89.70	85.25	75.00	80.29	91.76	101.70	114.08	115.80	113.15
Esvapotranspiracion Potencial (mm/año)	1164.48											



#### 4.1.2. Coeficiente de escurrimiento

Se ha determinado el coeficiente de escurrimiento aplicando la metodología de L. Turc, y la metodología propuesta por la Misión Alemana.

**Tabla 13:** Coeficiente de escurrimiento método L. Turc.

Parametro	Valor
Temperatura media anual (°C)	7.907
Coeficiente de temperatura	522.391
Deficit de escurrimiento	410.013
<b>Coeficiente de escorrentía</b>	<b>0.347</b>

**Tabla 14:** Coeficiente de escurrimiento método de la misión Alemana.

Parametro	Valor
Precipitación Total anual promedio (mm/año)	627.730
Evapotranspiracion Hargreaves (mm/año)	1164.480
Deficit de escurrimiento (mm/año)	369.124
<b>Coeficiente de escorrentía</b>	<b>0.454</b>

#### 4.1.3. Precipitación efectiva

Se ha estimado la precipitación efectiva por el método USBR, para la presente investigación se ha determinado la Curva II y la Curva III.

**Tabla 15:** Precipitación efectiva para el año promedio.

Mes	Nº días del mes	PP Total (mm/mes)	P. Efectiva		
			PE II (mm/mes)	PE III (mm/mes)	PE
Ene	31	130.24	45.896	70.992	68.502
Feb	28	90.01	18.954	31.643	30.384
Mar	31	102.13	25.569	41.987	40.359
Abr	30	45.12	5.042	9.386	8.955
May	31	12.47	1.398	2.881	2.733
Jun	30	5.94	0.714	1.476	1.400
Jul	31	3.50	0.428	0.889	0.843
Ago	31	11.06	1.258	2.595	2.462
Sep	30	29.56	3.040	6.026	5.729
Oct	31	46.68	5.297	9.800	9.353
Nov	30	54.84	6.845	12.291	11.751
Dic	31	96.18	22.155	36.685	35.244
<b>Total</b>		<b>627.73</b>	<b>136.60</b>	<b>226.65</b>	<b>217.72</b>
<b>Coefficientes</b>		<b>0.35</b>	<b>0.099</b>	<b>0.901</b>	<b>1.000</b>

#### 4.1.4. Gasto y abastecimiento de la retención

El gasto de la retención la contribución mensual en la estación seca estimados con las formulas correspondientes planteadas en la metodología, del mismo modo se determinó el abastecimiento durante la estación lluviosa, estos resultados se presentan estos resultados en la Tabla 16.

*Tabla 16: Gasto y abastecimiento de la retención.*

PRECIPITACIÓN MENSUAL			CONTRIBUCIÓN D ELA RETENCIÓN						
Mes	N° días del mes	PP Total (mm/mes)	P. Efectiva			Gasto		Abastecimiento	
			PE II (mm/mes)	PE III (mm/mes)	PE	bi	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes
Ene	31	130.24	45.896	70.992	68.502			0.4	10.740
Feb	28	90.01	18.954	31.643	30.384			0.2	5.370
Mar	31	102.13	25.569	41.987	40.359			0	
Abr	30	45.12	5.042	9.386	8.955	0.650	9.875		
May	31	12.47	1.398	2.881	2.733	0.423	6.422		
Jun	30	5.94	0.714	1.476	1.400	0.275	4.176		
Jul	31	3.50	0.428	0.889	0.843	0.179	2.716		
Ago	31	11.06	1.258	2.595	2.462	0.116	1.766		
Sep	30	29.56	3.040	6.026	5.729	0.076	1.149		
Oct	31	46.68	5.297	9.800	9.353	0.049	0.747		
Nov	30	54.84	6.845	12.291	11.751			0.05	1.343
Dic	31	96.18	22.155	36.685	35.244			0.35	9.398
<b>Total</b>		<b>627.73</b>	<b>136.60</b>	<b>226.65</b>	<b>217.72</b>	<b>1.77</b>	<b>26.85</b>	<b>1.00</b>	<b>26.85</b>
Coefficientes		0.35	0.099	0.901	1.000				

#### 4.1.5. Generación de caudales para el año promedio

Se ha generado los caudales para el año promedio, con los valores de retención de 25.85mm/año, un coeficiente de escorrentía 0.35mm/año y estos se han comparado con los caudales mensuales, evidentemente no existe una relación entre estos caudales. Se observa una variación de los caudales en el mes de febrero donde el caudal generado es 33.67m3/s, y en los demás meses se observa una que estos caudales son sobrestimados con respecto a los caudales aforados, como se muestra en la Tabla 17 y la Figura 14, siguiendo el proceso de generación de caudales mensuales, este modelo tiene que ser necesariamente calibrado para el año promedio.

Tabla 17: Caudales observados y caudales generados modelo sin calibrar.

PRECIPITACIÓN MENSUAL			CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN						CAUDALES				
Mes	Días del mes	PP Total (mm/mes)	P Efectiva			Gasto		Abastecimiento		Generados		Observados	
			PE II (mm/mes)	PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)	bi	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes	mm/mes	m3/s	m3/s	m3/s
Ene	31	130.24	45.90	70.99	68.502			0.4	10.740	57.762	78.310	51.640	
Feb	28	90.01	18.95	31.64	30.384			0.2	5.370	25.014	37.546	55.250	
Mar	31	102.13	25.57	41.99	40.359			0		40.359	54.716	49.140	
Abr	30	45.12	5.04	9.39	8.955	0.650	9.875			18.830	26.379	28.750	
May	31	12.47	1.40	2.88	2.733	0.423	6.422			9.155	12.412	10.870	
Jun	30	5.94	0.71	1.48	1.400	0.275	4.176			5.577	7.813	5.130	
Jul	31	3.50	0.43	0.89	0.843	0.179	2.716			3.559	4.825	3.520	
Ago	31	11.06	1.26	2.59	2.462	0.116	1.766			4.228	5.733	2.720	
Sep	30	29.56	3.04	6.03	5.729	0.076	1.149			6.878	9.636	2.780	
Oct	31	46.68	5.30	9.80	9.353	0.049	0.747			10.100	13.693	4.060	
Nov	30	54.84	6.85	12.29	11.751			0.05	1.343	10.408	14.581	5.500	
Dic	31	96.18	22.16	36.69	35.244			0.35	9.398	25.846	35.041	15.030	
Total		627.730	136.595	226.649	217.717	1.768308	26.850683	1	26.850683	217.71669	300.68312	234.39	
Coefficientes		0.347	0.099	0.901	1.000								

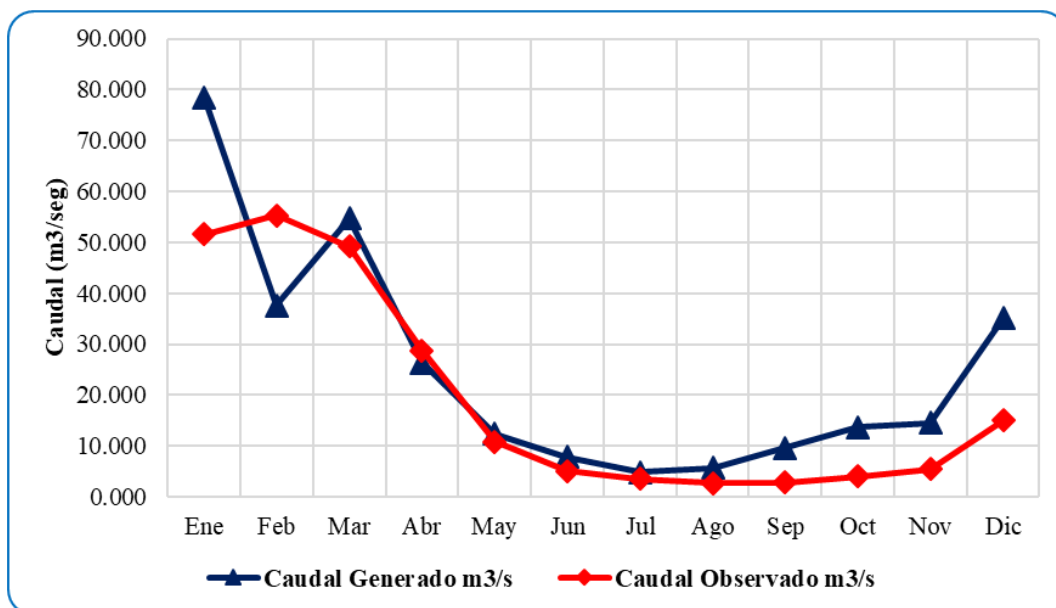


Figura 14: Caudales generados y aforados anuales sin calibrar.

Después de haber calibrado el modelo, se ha ajustado los valores de retención a 31mm/año y un coeficiente de escorrentía de 0.27mm/año como se muestra en la Figura 15, estos caudales calibrados tienen muy buena correlación con los caudales observados, como se ve en la Tabla 18, con esto se concluye la generación de caudales para el año promedio, siguiendo la metodología planteada, estos caudales se van a extender para así obtener los caudales mensuales deseados para el periodo de estudio 1981-2016.

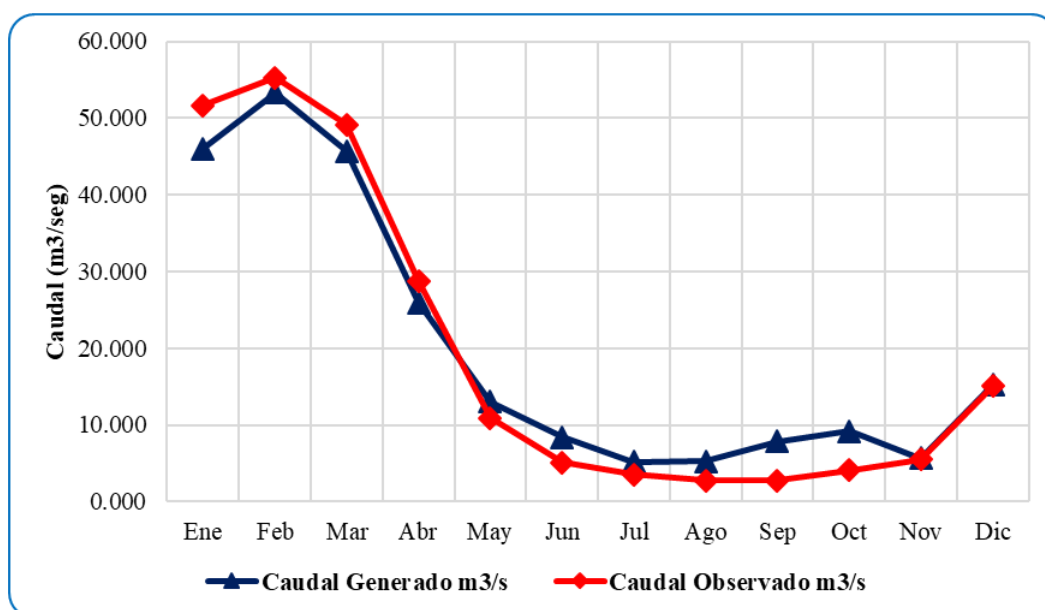


Figura 15: Caudales generados y aforados anuales del modelo calibrado.

*Tabla 18: Generación de caudales mensuales para el año promedio modelo calibrado.*

PRECIPITACIÓN MENSUAL			CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN						CAUDALES				
Mes	Días del mes	PP Total (mm/mes)	P Efectiva			Gasto		Abastecimiento		Generados		Observados	
			PE II (mm/mes)	PE III (mm/mes)	PE (mm/mes)	bi	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes	mm/mes	m3/s	m3/s	m3/s
Ene	31	130.24	45.90	70.99	55.937			0.71	22.010	33.927	45.996	51.640	
Feb	28	90.01	18.95	31.64	24.031			-0.37	-11.470	35.501	53.287	55.250	
Mar	31	102.13	25.57	41.99	32.138			-0.05	-1.550	33.688	45.672	49.140	
Abr	30	45.12	5.04	9.39	6.780	0.650	11.727			18.507	25.927	28.750	
May	31	12.47	1.40	2.88	1.991	0.423	7.626			9.617	13.038	10.870	
Jun	30	5.94	0.71	1.48	1.019	0.275	4.960			5.978	8.375	5.130	
Jul	31	3.50	0.43	0.89	0.612	0.179	3.225			3.838	5.203	3.520	
Ago	31	11.06	1.26	2.59	1.793	0.116	2.098			3.890	5.274	2.720	
Sep	30	29.56	3.04	6.03	4.235	0.076	1.364			5.599	7.844	2.780	
Oct	31	46.68	5.30	9.80	7.098			0.01	0.310	6.788	9.203	4.060	
Nov	30	54.84	6.85	12.29	9.024			0.16	4.960	4.064	5.693	5.500	
Dic	31	96.18	22.16	36.69	27.969			0.54	16.740	11.229	15.223	15.030	
Total		627.73	136.60	226.65	172.63	1.72	31.00	1.00	31.00	172.63	240.73	234.39	
Coefficientes		0.2750	0.600	0.400	1.000								

#### 4.1.6. Generación de Caudales para períodos extendidos

Para ello se determinaron los parámetros de B1, B2, B3, R<sup>2</sup> y S, a partir del modelo calibrado para el año promedio, mediante el cálculo de regresión lineal múltiple, se ha tomado QT como variable dependiente, QT-1 y PE, como variables independientes, en el modelo de Lutz Scholz se habla del proceso Markoviano.

*Tabla 19: Variable dependiente e independientes.*

Mes	QT	QT-1	PE
Ene	33.927	11.229	55.937
Feb	35.501	33.927	24.031
Mar	33.688	35.501	32.138
Abr	18.507	33.688	6.780
May	9.617	18.507	1.991
Jun	5.978	9.617	1.019
Jul	3.838	5.978	0.612
Ago	3.890	3.838	1.793
Sep	5.599	3.890	4.235
Oct	6.788	5.599	7.098
Nov	4.064	6.788	9.024
Dic	11.229	4.064	27.969

Se aplicó la regresión lineal múltiple, obteniendo los siguientes resultados:

- B1 = -0.8979
- B2 = 0.5761
- B3 = 0.4864
- S = 2.9541
- R<sup>2</sup> = 0.9777

Según los resultados de la regresión aplicada, el coeficiente B1, es negativo lo que no tiene sentido porque el caudal básico negativo no existe, por eso se establece un caudal básico de 1.36 mm/mes, y se ajustan los valores de los caudales mensuales obtenidos según el procedimiento propuesto por el experto Lutz Scholz obteniendo los nuevos valores para la regresión.

**Tabla 20:** Variable dependiente e independientes corregido.

Mes	QT	QT-1	PE
Ene	36.358	18.593	55.937
Feb	28.284	36.358	24.031
Mar	28.844	28.284	32.138
Abr	16.745	28.844	6.780
May	9.346	16.745	1.991
Jun	5.773	9.346	1.019
Jul	4.078	5.773	0.612
Ago	3.941	4.078	1.793
Sep	5.071	3.941	4.235
Oct	6.937	5.071	7.098
Nov	8.657	6.937	9.024
Dic	18.593	8.657	27.969

Se aplicó la regresión lineal múltiple obteniendo los siguientes valores de los coeficientes:

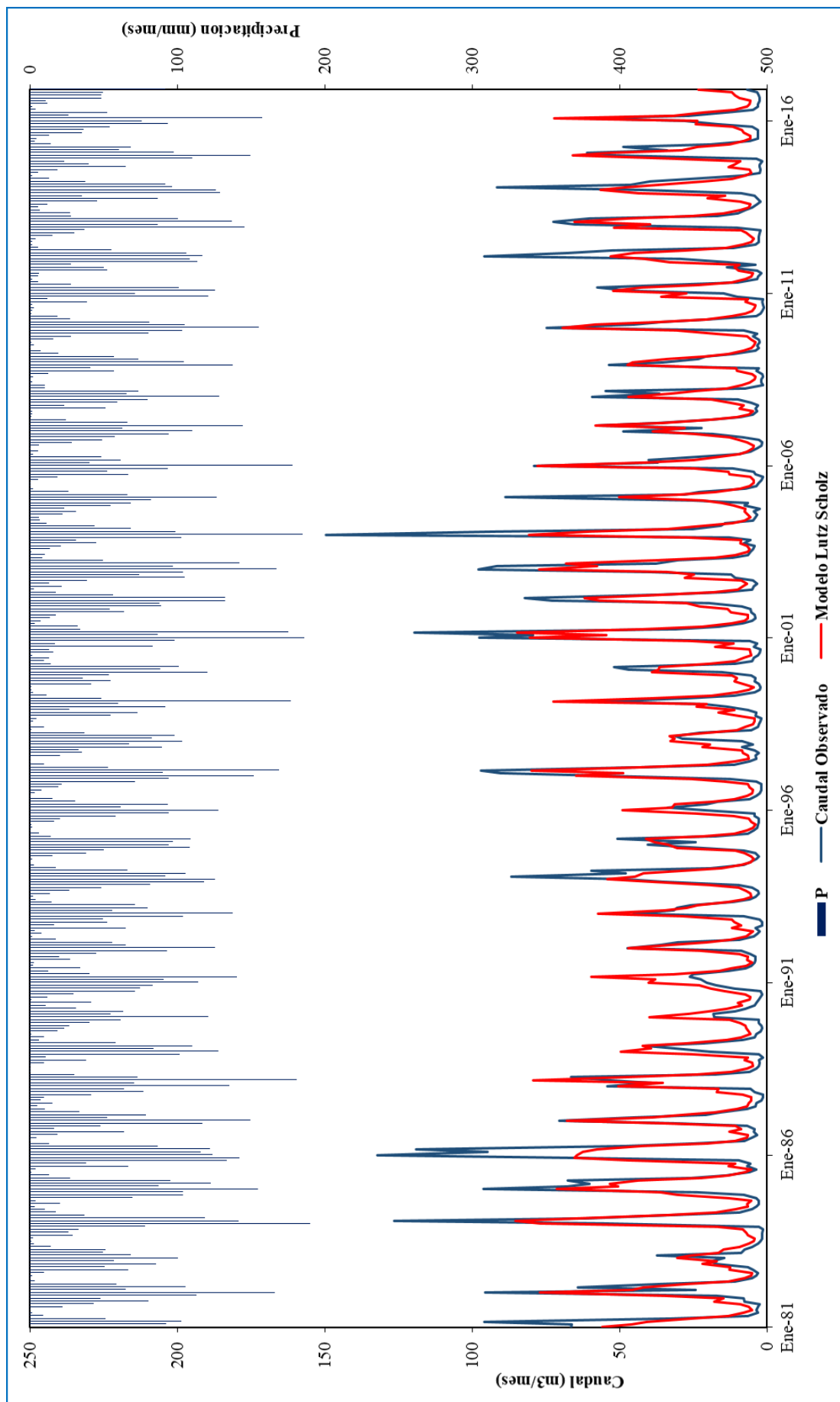
- $B1 = 1.3605$
- $B2 = 0.4190$
- $B3 = 0.4864$
- $S = 0.0006$
- $R^2 = 1.0000$

Estos resultados son aceptables ya que el caudal básico es positivo, se desarrolla la ecuación que nos permita estimar los caudales para períodos extendidos.

$$Q_t = B1 + B2(Q_{t-1}) + B3(PE_t) + z(S)\sqrt{1 - r^2}$$

La determinación de caudales para periodos extendidos, se ha calculado la precipitación efectiva a partir de la precipitación media calculada por el método de Thiessen, el cálculo de la precipitación efectiva se realizó por el método de, posteriormente se generó números aleatorios normalmente distribuidos, con media igual a cero y desviación estándar igual a 1, estos resultados se muestran en el Anexo C. Se aplicó la ecuación planteada en la metodología y se generó la serie mensual de caudales mensuales del periodo 1981-2016.

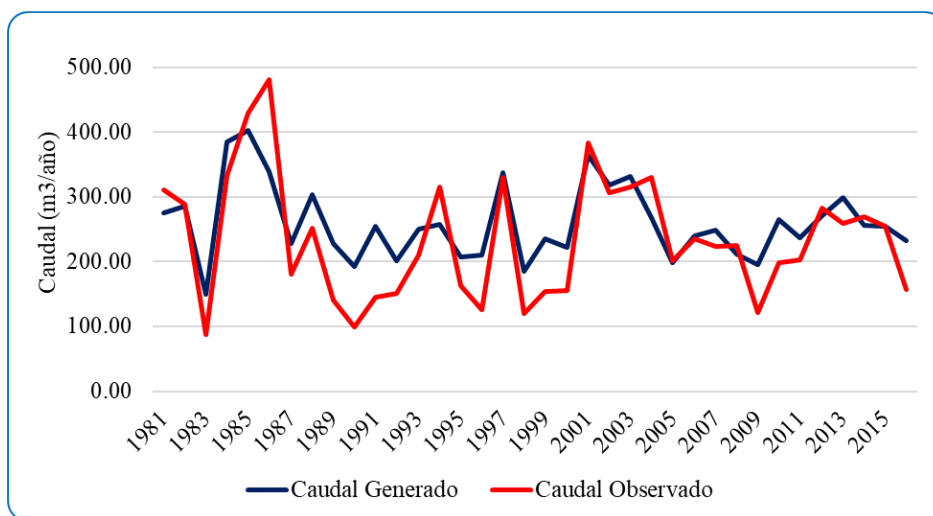
Se presenta la siguiente Figura 16, donde se aprecia los caudales generados y los caudales aforados en la etapa de estudio 1981 – 2016.



**Figura 16:** Análisis gráfico Caudales observados y modelo Lutz Scholz.



Se realizó el análisis gráfico de los caudales totales anuales del periodo (1981-2016) del modelo Lutz Scholz, y los caudales observados, como se ve en la Figura 17.



**Figura 17:** Análisis gráfico de los caudales totales anuales.

#### 4.1.7. Test estadístico

Se aplicó la prueba estadística propuesta, en la Tabla 21, se aprecian los resultados de las pruebas estadísticas planteadas por el experto Lutz Scholz, son la prueba T-Student y Fisher, del mismo modo se compara la media, desviación estándar y la varianza de los caudales aforados y los caudales generados, por lo tanto, se concluye que el modelo se ajusta a los resultados deseables.

**Tabla 21:** Resultados del test estadístico del modelo Lutz Scholz.

<b>Parametro</b>	<b>Q aforado</b>	<b>Q generado</b>
Media	19.53	21.62
Des. Estand:	25.90	18.90
Varianca	669.24	356.41
N° datos	432	432
T calculado	1.355	
T tabular	1.65	
F calculado	1.878	
F tabular	2.98	

## 4.2. Del análisis de regresiones de los caudales y las características hidrológicas de la cuenca del río Huancané

### 4.2.1. Elaboración del primer Modelo Hidrológico ART1

Para la elaboración del primer modelo se ha considerado como variables la precipitación media de la cuenca (Método Thiessen), la precipitación efectiva (Método USBR), la evapotranspiración mensual (Método Hargreaves por temperatura), los resultados se muestran en el Anexo D y el área de la cuenca. Se ha evaluado las variables y se ha descartado el área de la cuenca ya que es un valor constante, para el análisis de regresiones se descarta este valor.

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} ETo^{\beta_3} A^{\beta_4}$$

Donde:

- $Qm$  = Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s)
- $P$  = Precipitación media de la cuenca (mm/mes)
- $PE$  = Precipitación efectiva (mm/mes)
- $ETo$  = Evapotranspiración de la cuenca (mm/mes)
- $A$  = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  = Coeficientes de calibración

### 4.2.2. Elaboración del segundo Modelo Hidrológico ART2

En la elaboración del segundo modelo, se consideraron como variables la precipitación, la precipitación efectiva y la evapotranspiración a nivel mensual, se realizó el análisis estadístico en EViews obtenido los siguientes resultados como se ve en la Tabla 22.

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} ETo^{\beta_3}$$

Donde:

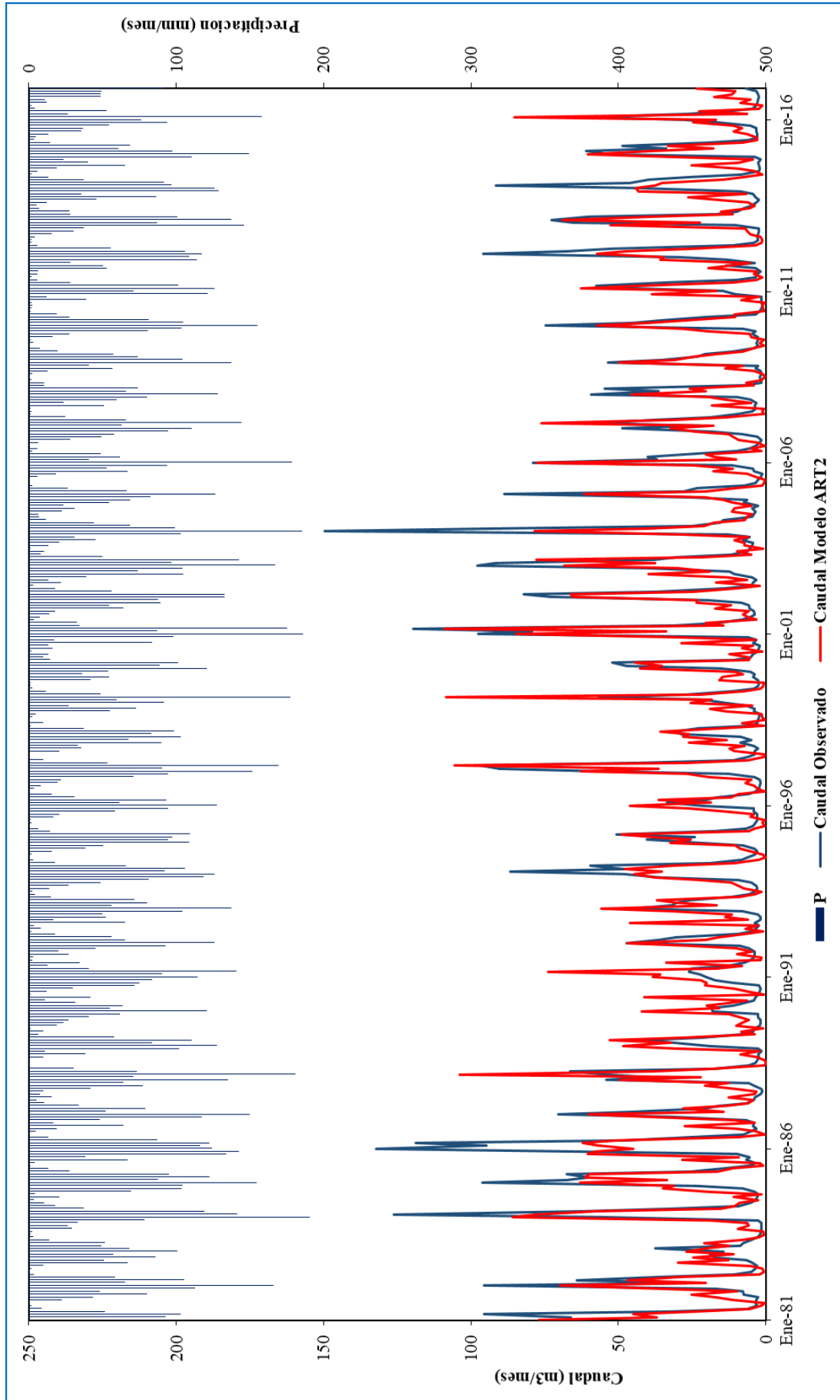
- $Qm$  = Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s)
- $P$  = Precipitación media de la cuenca (mm/mes)
- $PE$  = Precipitación efectiva (mm/mes)
- $ETo$  = Evapotranspiración de la cuenca (mm/mes)
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  = Coeficientes de calibración

**Tabla 22:** Resultados del análisis estadístico para el modelo ART2.

Dependent Variable: Q Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps) Date: 04/02/18 Time: 08:10 Sample: 1 432 Included observations: 432 Convergence achieved after 97 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients Q=C(1)*(P)^C(2)*(PE)^C(3)*(E)^C(4)				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	15629.03	19691.18	0.793707	0.4278
C(2)	0.563267	0.312145	1.804504	0.0719
C(3)	0.522792	0.171750	3.043914	0.0025
C(4)	-2.138567	0.248845	-8.593979	0.0000
R-squared	0.613403	Mean dependent var	19.53236	
Adjusted R-squared	0.610693	S.D. dependent var	25.89958	
S.E. of regression	16.15991	Akaike info criterion	8.412160	
Sum squared resid	111769.0	Schwarz criterion	8.449830	
Log likelihood	-1813.026	Hannan-Quinn criter.	8.427032	
Durbin-Watson stat	1.616978			

El segundo modelo Hidrológico Auto Regresivo (ART2) para la cuenca Huancané, se presenta con la siguiente ecuación:

$$Qm = 15629.03 \frac{P^{0.563267} PE^{0.522792}}{ET^{2.138567}}$$



**Figura 18:** Análisis gráfico del caudal observado y caudal del modelo ART2

### 4.2.3. Elaboración del tercer Modelo Hidrológico ART3

En la elaboración del tercer modelo, se consideraron como variables la precipitación y la precipitación efectiva a nivel mensual, se realizó el análisis estadístico en EViews obtenido los siguientes resultados como se ve en la Tabla 23.

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2}$$

Donde:

- Qm = Caudal medio mensual (m3/s)
- P = Precipitación media de la cuenca (mm/mes)
- PE = Precipitación efectiva (mm/mes)
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  = Coeficientes de calibración

**Tabla 23:** Resultados del análisis estadístico para el modelo ART3.

Dependent Variable: Q				
Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)				
Date: 04/02/18 Time: 08:14				
Sample: 1 432				
Included observations: 432				
Convergence achieved after 23 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Q=C(1)*(P)^C(2)*(PE)^C(3)				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	5.953650	5.542692	1.074144	0.2834
C(2)	-0.224805	0.343401	-0.654643	0.5130
C(3)	0.828729	0.194486	4.261128	0.0000
R-squared	0.541652	Mean dependent var	19.53236	
Adjusted R-squared	0.539515	S.D. dependent var	25.89958	
S.E. of regression	17.57521	Akaike info criterion	8.577776	
Sum squared resid	132512.9	Schwarz criterion	8.606029	
Log likelihood	-1849.800	Hannan-Quinn criter.	8.588930	
Durbin-Watson stat	1.319212			

El tercer modelo Hidrológico Auto Regresivo (ART3), se presenta con la siguiente ecuación:

$$Qm = 5.953650 \frac{PE^{0.828729}}{P^{0.224805}}$$

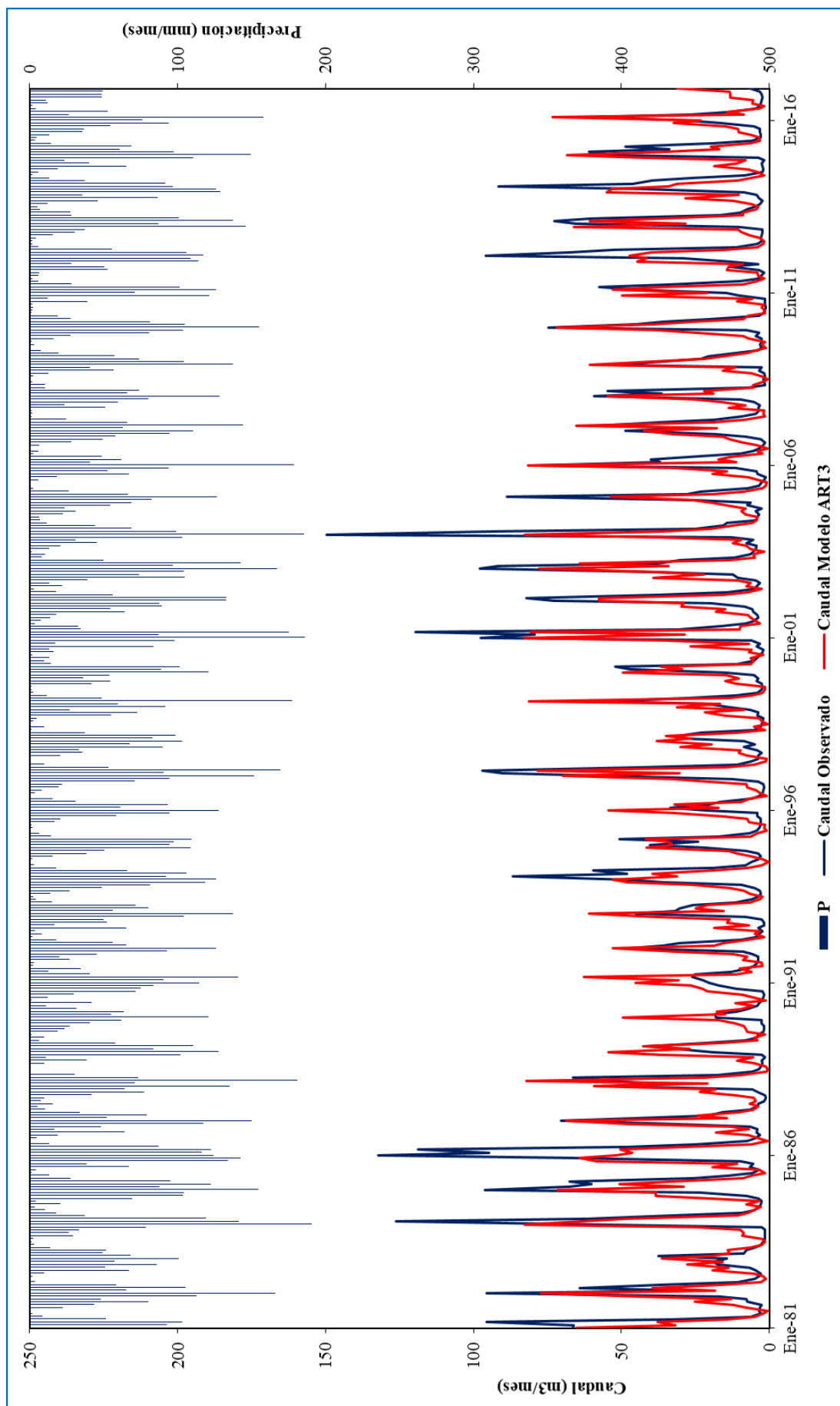


Figura 19: Análisis gráfico del caudal observado y caudal del modelo ART3

#### 4.2.4. Elaboración del cuarto Modelo Hidrológico ART4

En la elaboración del cuarto modelo, se consideraron como variables la precipitación, la y la evapotranspiración a nivel mensual, se realizó el análisis estadístico en EViews obtenido los siguientes resultados como se ve en la Tabla 24.

$$Q_m = \beta_0 P^{\beta_1} E T_o^{\beta_2}$$

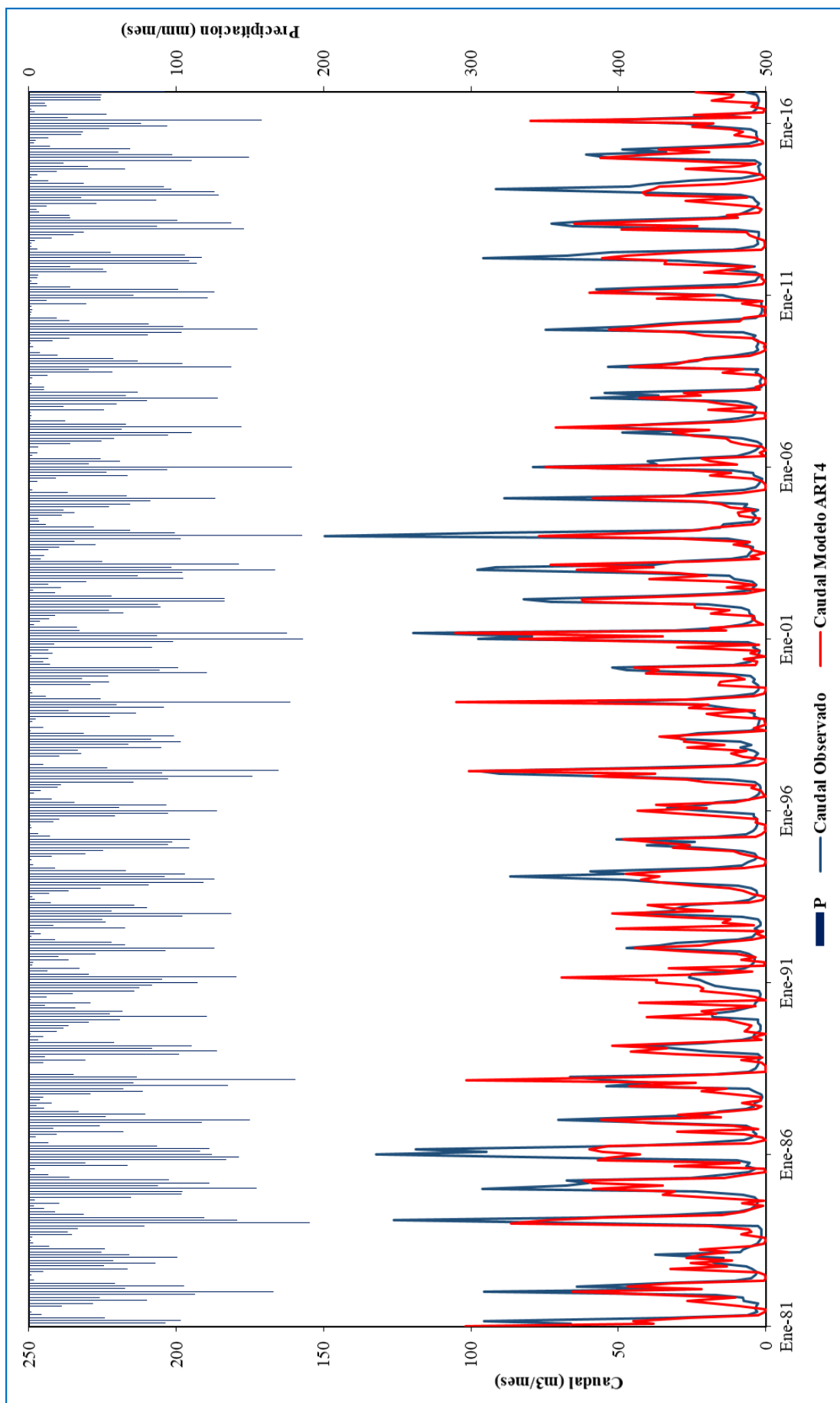
- $Q_m$  = Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s)
- $P$  = Precipitación media de la cuenca (mm/mes)
- $E T_o$  = Evapotranspiración de la cuenca (mm/mes)
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  = Coeficientes de calibración

**Tabla 24:** Resultados del análisis estadístico para modelo ART4.

Dependent Variable: Q				
Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)				
Date: 04/02/18 Time: 08:16				
Sample: 1 432				
Included observations: 432				
Convergence achieved after 39 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Q=C(1)*(P) <sup>C(2)</sup> *(E) <sup>C(3)</sup>				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	1466.370	1540.775	0.951710	0.3418
C(2)	1.528913	0.078201	19.55118	0.0000
C(3)	-2.194696	0.248567	-8.829400	0.0000
R-squared	0.606502	Mean dependent var	19.53236	
Adjusted R-squared	0.604667	S.D. dependent var	25.89958	
S.E. of regression	16.28448	Akaike info criterion	8.425223	
Sum squared resid	113764.1	Schwarz criterion	8.453476	
Log likelihood	-1816.848	Hannan-Quinn criter.	8.436377	
Durbin-Watson stat	1.589851			

El cuarto modelo Hidrológico Auto Regresivo (ART4), se presenta con la siguiente ecuación:

$$Q_m = 1466.37 \frac{P^{1.528913}}{E t_o^{2.194696}}$$



*Figura 20: Análisis gráfico del caudal observado y caudal del modelo ART4*



#### 4.2.5. De las medidas de bondad de ajuste

Se ha desarrollado los métodos de bondad de ajuste para los cuatro Modelos Hidrológicos Auto Regresivos planteados en la presente investigación con respecto a los caudales Observados en la cuenca en estudio, estos métodos de bondad de ajuste son el coeficiente de calibración (r), criterio de Schultz (D), Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E) y Error de balance de masas (m), como se ha planteado en la metodología, se presenta los cálculos correspondientes en la Tabla 25.

*Tabla 25: Resultados de las medidas de bondad de ajuste de los modelos propuestos con respecto a los caudales observados.*

Metodo de ajuste	Lutz Scholz	Modelo ART2	Modelo ART3	Modelo ART4
Coeficiente de calibración (r)	0.88	0.78	0.74	0.78
Criterio de Schultz (D)	2.98	2.98	4	3.64
Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E)	0.74	0.61	0.54	0.61
Error de balace de masas (m)	10.71%	1.21%	-1.65%	2.66%

#### 4.4. Determinación del modelo propuesto

De la observación de los resultados obtenidos por las mediadas de bondad de ajuste, planteamos que el Modelo ART2, presenta valores aceptables con respecto a los modelos restantes, el modelo hidrológico ART2 como se aprecia en los resultados de la Tabla 25, es un modelo confiable capaz de proporcionar la información de caudales mensuales deseada, del mismo modo el análisis gráfico de este modelo, concuerda más con los caudales observados en la cuenca del río Huancané, se presenta la ecuación correspondiente al Modelo Hidrológico ART2 y las variables que rigen este modelo.

$$Qm = \beta_0 P^{\beta_1} PE^{\beta_2} ET_0^{\beta_3}$$

$$Qm = 15629.03 \frac{P^{0.563267} PE^{0.522792}}{ET_0^{2.138567}}$$

Donde:

- $Qm$  = Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s)
- $P$  = Precipitación media de la cuenca (mm/mes)
- $PE$  = Precipitación efectiva (mm/mes)
- $ET_0$  = Evapotranspiración de la cuenca (mm/mes)

Se realizó el análisis de los caudales obtenidos por el modelo Lutz Scholz y el segundo modelo propuesto ART2, estos resultados de la prueba de bondad de ajuste se muestran en la Tabla 26 y el análisis gráfico correspondiente se aprecia en la Figura 17.

**Tabla 26:** Resultados de las medidas de bondad de ajuste modelo Lutz Scholz y modelo propuesto ART2.

<b>Metodo de ajuste</b>	<b>Valores</b>
Coeficiente de calibración (r)	0.92
Criterio de Schultz (D)	4.71
Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E)	0.81
Error de balace de masas (m)	8.59%

Como se aprecia los resultados de las medidas de bondad de ajuste (Tabla 26), el modelo propuesto (ART2) es muy aceptable para la estimación de caudales mensuales en la cuenca del río Huancané, siendo este modelo una alternativa al modelo Lutz Scholz aplicable para su estudio.

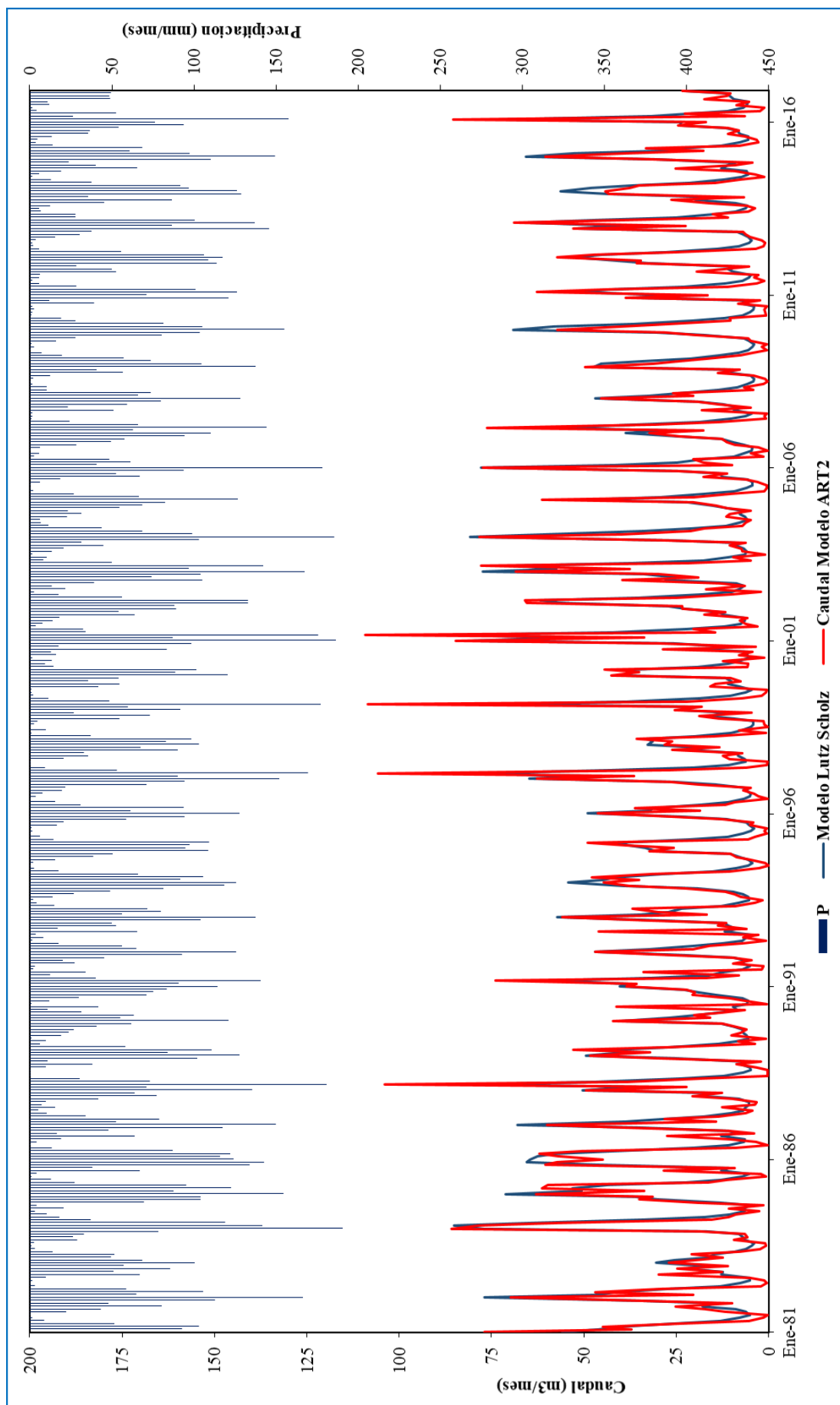
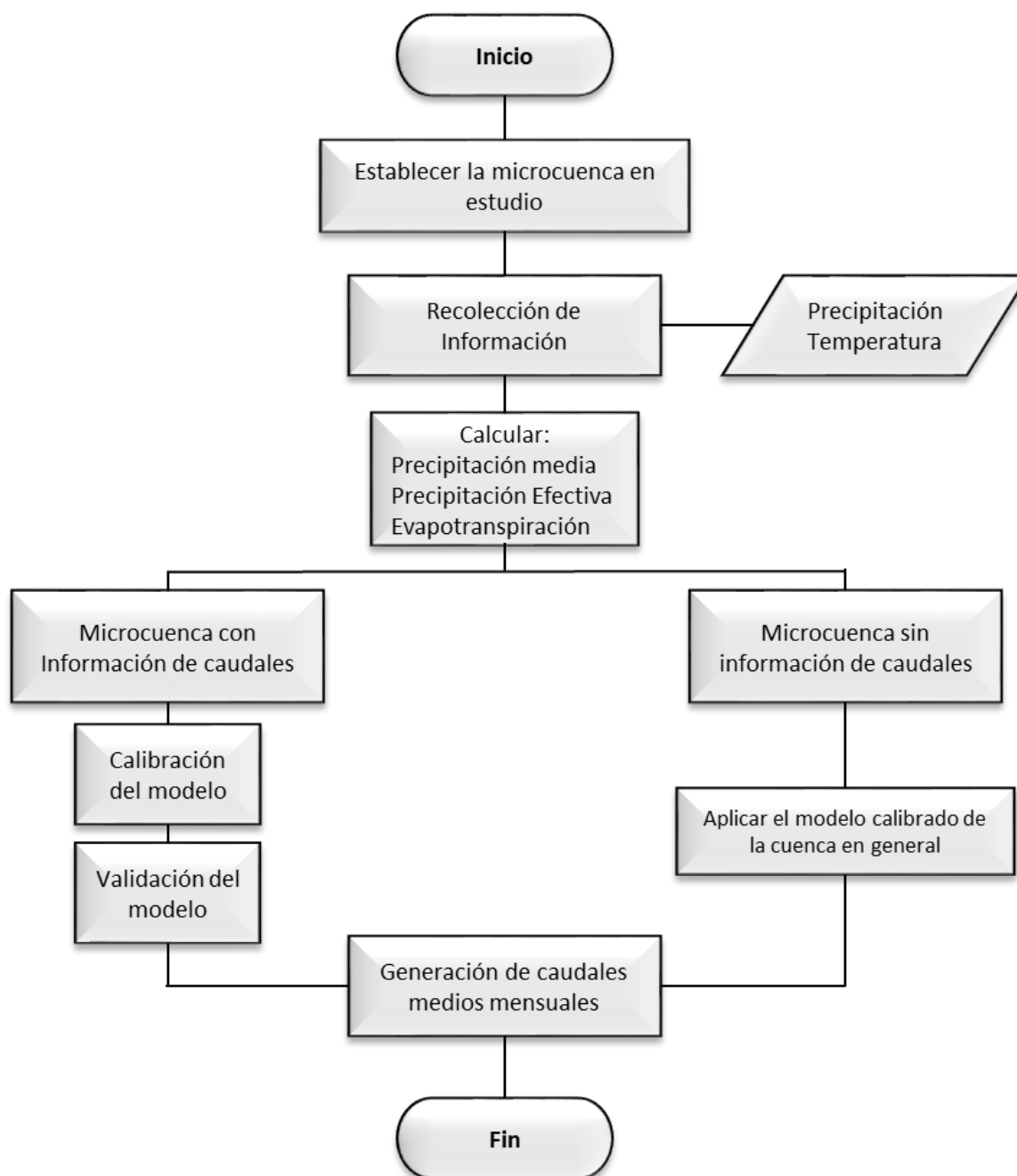


Figura 21: Análisis grafico del modelo Lutz Scholz y Modelo ART2 (Modelo Optimo)

#### 4.5. Metodología para la generación de caudales en microcuencas y puntos de interés

Se establece la metodología para la obtención de caudales mensuales en subcuencas y/o microcuencas (puntos de interés) donde es necesario obtener un registro de caudales mensuales, para ello se presenta el siguiente esquema:



**Figura 22:** Proceso metodológico para generar caudales mensuales en cuencas y/o puntos de interés (subcuencas, microcuencas y quebradas)

Establecemos las siguientes consideraciones para la aplicación del Modelo Hidrológico Auto Regresivo (ART2):

#### **4.5.1. Recolección de información.**

En esta parte se debe tener información de las precipitaciones mensuales, ya sea de una estación cercana o se puede utilizar información proporcionada como del producto PISCO, del mismo modo se debe tener información del registro de temperaturas, indirectamente se considera la información de área de la cuenca (subcuenca, microcuenca o quebrada) de interés y la altitud media en la que se encuentra.

#### **4.5.2. Cálculos necesarios.**

Se recomienda determinar la Precipitación media, que puede ser obtenida por el método Thiessen, como se presenta en esta investigación o un método similar, se procede calcular la Precipitación Efectiva y la evapotranspiración, para la evapotranspiración se recomienda usar el método de Hagraeves por Temperatura, ya que en sus variables considera el factor de latitud, y un factor de corrección por altitud de la zona.

#### **4.5.3. Microcuenca con Información de Caudales.**

Si la zona a generar caudales ya cuenta con un registro histórico de caudales mensuales, se plantea que se debe establecer un periodo de calibración, y un periodo de validación, para obtener resultados confiables.

#### **4.5.4 Microcuenca sin Información de Caudales.**

Si la cuenca (subcuenca, microcuenca o quebrada) de interés, no contiene información de caudales, se plantea aplicar el modelo calibrado para la cuenca en general, para el caso de esta investigación se utilizaría el modelo con las mismas variables de calibración.

#### **4.5.5 Generación de Caudales medios mensuales**

A partir de las medidas de bondad de ajuste, se determina la calidad de la información generada, en la presente investigación se atribuye a las medidas de bondad de ajuste más utilizadas en la Hidrología.

## V. CONCLUSIONES

- El modelo Lutz Scholz aplicado a la cuenca del río Huancané, es un modelo que se ajusta las condiciones del altiplano peruano no obstante este modelo de precipitaciones correntía es un modelo robusto y que necesita varios parámetros a considerarse para la estimación de caudales mensuales, lo que en parte hace compleja su aplicación.
- En el análisis de regresiones a partir de las características hidrológicas, se elaboró correctamente la propuesta de los Modelos Hidrológicos Auto Regresivos Traverso (ART), donde el primer modelo planteado (ART1) no es capaz de estimar los caudales deseados, ya que en su ecuación se considera una variable constante (área de la cuenca), los tres modelos restantes si son capaces de estimar los caudales mensuales para la cuenca en estudio.
- De las medidas de bondad de ajuste se determinó que el segundo modelo propuesto Modelo Hidrológico Auto Regresivo (AR2T) presenta un ajuste aceptable con relación a los caudales observados, obteniendo los siguientes resultados a partir de las medidas de bondad de ajuste como son Coeficiente de calibración  $r=0.78$ , criterio de Schulz  $D=2.98$ , eficiencia de Nash-Sutcliffe  $E=0.61$ , y error de balance de masas  $1.21\%$ , este modelo toma como variables la precipitación, precipitación efectiva y la evapotranspiración a niveles mensuales.
- La comparación del modelo Lutz Scholz y el segundo modelo propuesto (ART2), nos brinda un resultado muy aceptable según mas medidas de bondad de ajuste, el Coeficiente de calibración  $r= 0.92$ , Criterio de Schulz  $D=4.71$ , eficiencia de NashSutcliffe  $E=0.81$ , error de balance de masas  $8.59\%$ , siendo este modelo una alternativa muy aceptable y de aplicación no compleja con respecto al modelo Lutz Scholz, para la generación de caudales medios mensuales.

- Del análisis de sensibilidad de las variables que se consideraron para los modelos propuestos en la presente investigación, se concluye que la precipitación, y la evapotranspiración, son las variables que tienen mayor incidencia en la generación de caudales, siendo estas indispensables para aplicarlas en el modelo.
- Se establece la secuencia metodológica, para la aplicación del Modelo Hidrológico Auto Regresivo en este caso el modelo mejor establecido (ART2), para su aplicación en subcuencas, microcuencas y/o puntos de interés donde la información de los caudales medios mensuales es nula.
- La variabilidad de los caudales observados en la cuenca del río Huancané, presenta picos y valores atípicos que fueron registrados por error, se ha tomado como antecedentes e investigaciones que la información de los caudales en el río Huancané es información consistente, por lo que en la presente investigación los caudales no han sido tratados, la información pluviométrica ha identificado estos casos, ya que en el registro mensual se presentan picos de caudales y no de precipitación, lo que corrobora que existe variabilidad en los caudales.

## VI. RECOMENDACIONES

- El uso de información pluviométrica proporcionada por el producto PISCO, es información que se encuentra en forma gratuita proporcionada por SENAMHI, se recomienda que dicha información sea utilizada para futuras investigaciones y validada con los valores observados en otras cuencas pertenecientes al altiplano peruano.
- Entender los parámetros y/o variables que se ingresan a los modelos de Lutz Scholz y los Modelos Hidrológicos Auto Regresivos propuestos, ya que se pueden obtener resultados aceptables pero la comprensión de estas variables, es de suma importancia para la elaboración de modelos matemáticos como se plantea en la presente investigación.
- Evaluar la posibilidad de incorporar los parámetros y/o variables que se puedan añadir al modelo planteado en este caso el segundo modelo propuesto (ART2), como una variable importante podría ser el aporte de las aguas subterráneas, tanto en épocas de estiaje y de avenidas, debidamente se podría evaluar cómo afecta al modelo precipitación-escorrentía planteado, esperando un mejor ajuste y validez del mismo.
- Evaluar y generar caudales mensuales en las subcuentas o microcuencas del río Huancané, a partir del Modelo Hidrológico Auto Regresivo (ART2), siguiendo la metodología establecida para su aplicación, esperando obtener resultados satisfactorios con la generación de caudales medios mensuales.
- Incentivar en la formación académica del Ingeniero Agrícola, la aplicación de los modelos matemáticos en los Recursos Hídricos, para fortalecer sus capacidades en el desarrollo de futuras investigaciones en la rama de los Modelos matemáticos en Recursos Hídricos.



## VII. REFERENCIAS

- Aguirre Nuñez, M. (2006). *Modelos Matemáticos en Hidrología, Programa de Doctorado en Recursos Hidricos*. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: Limusa.
- Aranda, D. (2011). *Transferencia de Información Hidrológica Mediante Regresión Lineal Múltiple, con Selección Óptima de Regresiones*. Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Ataurima Arellano, M. (2013). *Matlab & Simulink para Ingeniería nivel I*. Lima: Universidad de Ciencias y Humanidades.
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches*. Lima-Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Inventario de Fuentes de Agua Superficiales de las Cuencas Huancané y Suches*. Lima-Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (s.f.). *Modelo Matemático Precipitación Escorrentía Lutz Scholz*. Lima-Perú.
- Aybar, C., Lavado-Casimiro, W., Huerta, A., Fernández, C., Vega, F., & Sabino, E. &.-O. (2017). *Uso del Producto Grillado "PISCO" de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico. Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017*, Lima-Perú.
- Balairón Pérez, L. (2009). *Gestión de Recursos Hidricos*. Barcelona: Edicions UPC.
- Cabrera, J. (2017). *Calibración de Modelos Hidrológicos*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Civil.
- Campos Aranda, D. (1998). *Procesos del Ciclo Hidrológico*. San Luis Potosí-México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Campos Aranda, D. (2011). *Transferencia de Información Hidrológica Mediante Regresión Lineal Múltiple, con Selección Óptima de Regresores*. *Agrociencia* 45, 863-880.

- Chávarri Velarde, E. (2017). *Copias del curso Métodos de Analisis en Recursos Hídricos*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Del Río, J. (2010). *Introduccion al Tratamiento de Datos Espaciales en la Hidrología*. Bubok.
- Espinoza, J. (2005). *Manual escrito con motivo del curso taller: Utilización del método del Vector Regional con HYDRACCESS. SENAMHI-Perú. Colaboración de Philippe Vauchel (IRD-Perú) y Josyane Ronchail (UP7-LOCEAN, Paris)*. Lima.
- Estrela, T. (1992). *Modelos matemáticos para la evaluacion de recursos hídricos*. Madrid-España: Centro de Estudios y experimentacion de Obras Públicas, Gabinete de formacion y Documentación.
- FAO, O. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la Determinación de los Requerimientos de Agua de los Cultivos*.
- González Casimiro, M. P. (2014). *Analisis de Series Temporales: Modelos ARIMA*. Universidad del País Vasco (UPV-EHU).
- Guevara Bellido, J., Vega Gonzales, C., & Guevara Pérez, E. (2010). Análisis Estocastico de una Serie Cronologica de caudales mensuales. Caso del estudio Río Caroní. Venezuela. *Revista de Ingeniería UC*. Vol. 17, 46-54.
- GWP, G. (2005). *Simulacion de los Recursos Hídricos en Centroamérica: Hacia una Gestión Integrada*. San Jose de Costa Rica: GWP.
- Hargreaves, G., & Samani, A. (1982). *Estimating Pontential Evapotranspiration*. Tech note. J. Irrig. And dr. Engrg., ASCE.
- Horqqe Ferro, E. (2011). *Aplicacion de los Modelos Estocásticos en el Dimensionamiento de las Presas*. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Llamas, J. (1993). *Hidrología General. Principios y Aplicaciones*. Quebec-Canadá: Universidad del País Vasco.
- Mejía Marcacuzco, A. (2006). *Hidrologia Aplicada*. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mejía Marcacuzco, J. A. (2017). *Probabilidad y estadistica en Hidrología*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Monsalve Sáenz, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Colombia: Impreandes Presencia S.A.
- Moore, H. (2007). *MATLAB para ingenieros*. México: PEARSON EDUCATION.
- Naghetini, M., & Andrade Pinto, É. (2007). *Hidrología Estadística*. Serviço Geológico do Brasil-CRPM.
- Olaya, V. (2004). *Hidrología Computacional y Modelos Digitales del Terreno Teoría, práctica y filosofía de una nueva forma de análisis hidrológico*.
- Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Guía de Prácticas Hidrológicas Volumen I Hidrología - Le la Medicion a la Indormación Hidrológica*.
- Ponce, V. (1989). *Engineering Hydrology*. Prentice Hall.
- Raghunath, H. (2006). *Hydrology Principles Analysis Desingn*. New Delhi: New Age International.
- Reyes Rodriguez, T. (2015). *Generación de caudales mensuales en microcuencas no aforadas con el modelo de la National Rural Electric Cooperative Association: Caso microcuenca Chiriác*. Huaraz: UNSAM.
- San Isidro, J. (1998). *Poceso de Validación de Modelos de Simulación*. Madrid-España: CIEMAT.
- Sandoval, E. (2002). *Técnicas Estadísticas en Hidrología*. México: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Santayana Vela, S. (2007). *Separatas de Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Agrícola*. Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Scholz, L. (1980). *Generacion de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana, Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones - Plan Meris II*.
- Silva Medina, G. (1985). *Hidrología en Cuencas Pequeñas con Información Escasa*. Sydney: UNSW Ingeniería Civil.
- Slavador, F., & Gargallo, P. (2013). *Análisis exploratorio de datos (en línea)*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Consultado el 15 de agosto del 2013, Disponible en: <http://www.5campus.com/leccion/aed>.

- Tarazona Santos, N. (2005). *Generacion de Descargas Mensuales En Subcuencas de la Cuenca del Río Santa Utilizando el Método de Lutz Scholz*. Lima-Perú: Tesis Ingenieria Agrícola UNALM.
- Te Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1996). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill.
- Thompson, S. (1999). *Hydrology for Water Management*. Pennsylvania USA: A.A. Balekma.
- Tucci. (1993). *Escoamento superficial. In Hidrología: ciencia y aplicación*. Sao Paulo: Universidade de Sao Paulo.
- Vásquez Villanueva, A. (2000). *Manejo de Cuencas Altoandinas*. Lima - Peru.
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrologia*. Catargo-Costa Rica: Instituto Tecnologico de Costa Rica.
- Villón Bejar, M. (2006). *Hidrologia Estadística*. Catargo-Costa Rica: Instituto Tecnologico de Costa Rica.
- Warren Viessman, J., & Lewis, G. (2002). *Introduction to Hydrology*. Prentice Hall .

## ANEXOS

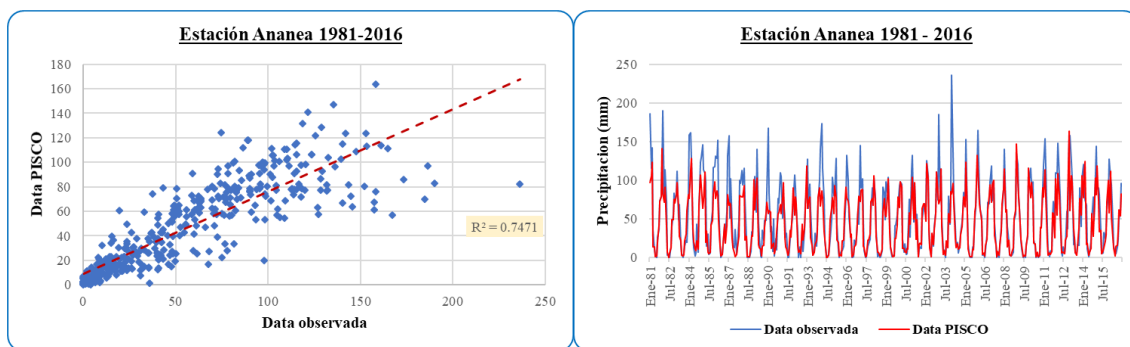
## Anexo A: Código para leer la información de la base de datos PISCO en Matlab.

```

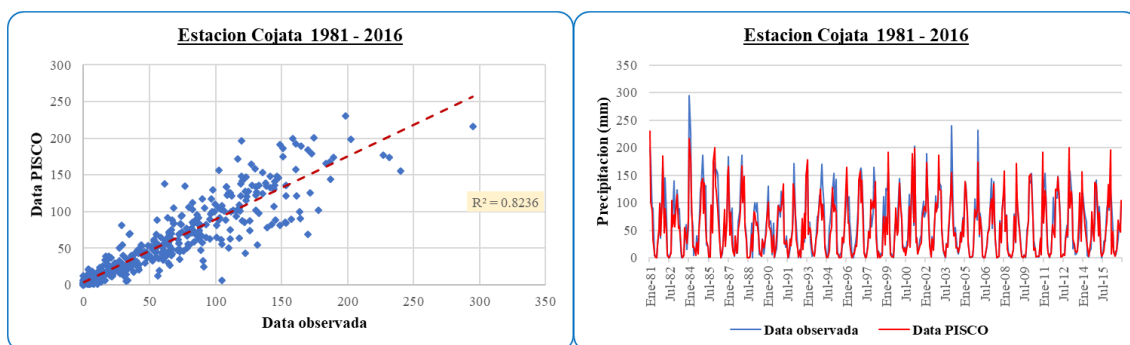
%=====
%-----CÓDIGO EN MATLAB PARA LA LECTURA DE DATOS PISCO-----
%=====
%codigo Matlab para lecturar los datos mensuales de la precipitacion de
%PISCOpm.nc (archivo netcdf)
%Elaborado por: KEVIN ARNOLD TRAVERSO
ncdisp('PISCOpm.nc')
pp=ncread('PISCOpm.nc','variable');
pp=squeeze(pp);
ygrid=ncread('PISCOpm.nc','latitude');
xgrid=ncread('PISCOpm.nc','longitude');
fecha=zeros;
for y = 1981:2016;
    if y == 1981;
        m1 = 1;
        m2 = 12;
    else if y==2016
        m1=1;
        m2=12;
    else
        m1=1;
        m2=12;
    end
    end
    for m = m1:m2;
        fecha((y-1981)*12+m,1)=datenum(y,m,15);
    end
end
pp_m=zeros;
% bucle para reacomodar los datos
for t=1:length(fecha);
    for yy=1:length(ygrid);
        for xx=1:length(xgrid);
            pp_m(t,yy,xx)=pp(xx,yy,t);
        end
    end
end
clear 'pp'
% ploteamos un dato
figure(1)
cc1=find(year(fecha)==1981 & month(fecha)==1);
contourf(xgrid,ygrid,squeeze(pp_m(cc1,:,:)),30,'linestyle','none');
colorbar
grid on
% Extraer serie temporal histórica de una coordenada específica
resid1=abs(ygrid-(-(15+10/60+10.5/3600))); %15° 12' 5.4"
resid2=abs(xgrid-(-(69+58/60+11.6/3600))); %69° 45' 12.8"
c1=find(resid1==min(resid1));
c2=find(resid2==min(resid2));
serie_pp=pp_m(:,c1,c2);
figure(2)
plot(serie_pp,'-*')
title('PRECIPITACION')
grid on

```

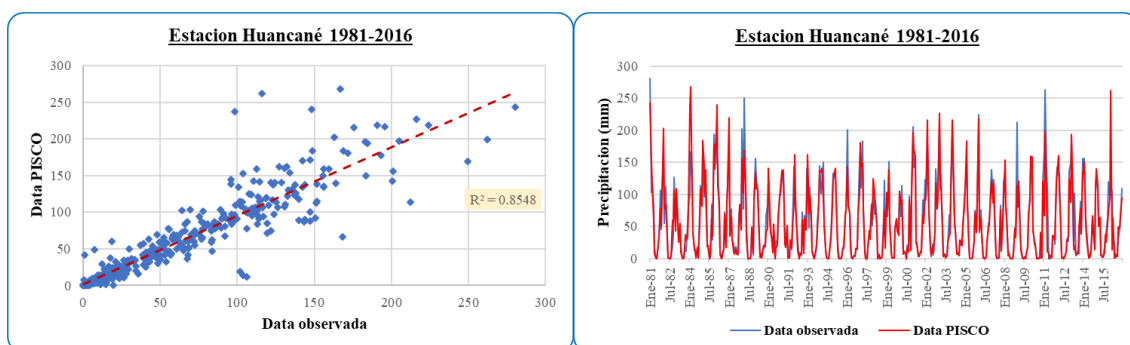
**Anexo B: Análisis de información pluviométrica**



*Figura 23: Análisis de datos de la estación Ananea*



*Figura 24: Análisis de datos de la estación Cojata*



*Figura 25: Análisis de datos de la estación Huancané*

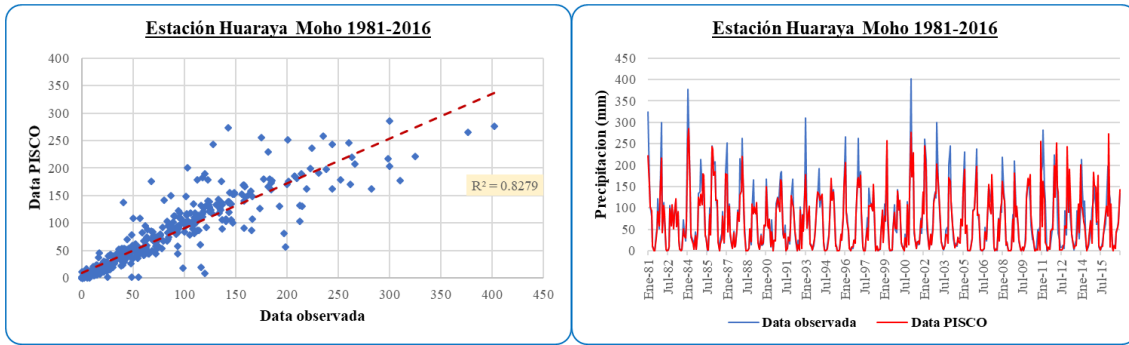


Figura 26: Análisis de datos de la estación Huaraya Moho

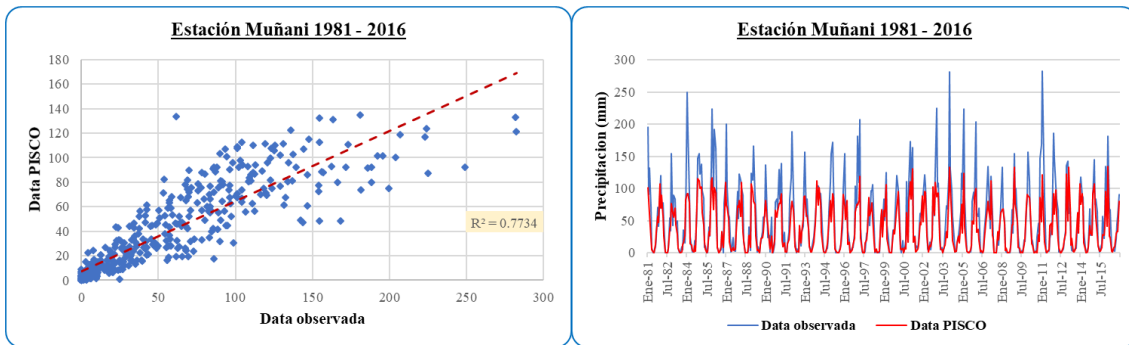


Figura 27: Análisis de datos de la estación Muñani

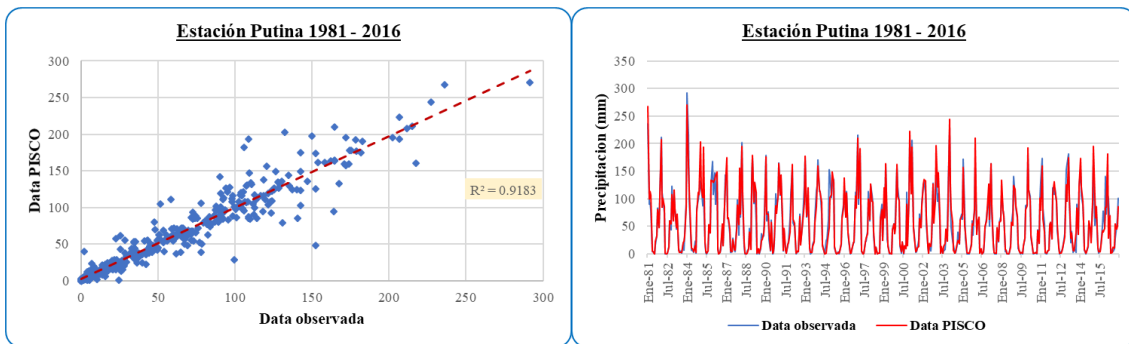


Figura 28: Análisis de datos de la estación Putina



**Anexo C: Resultados del modelo Lutz Scholz**

**Anexo C.1. Precipitación media mensual método Thiessen**

**PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL - THIESSSEN**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	221.82	92.79	102.88	51.54	8.84	1.74	0.46	22.29	43.47	80.40	47.90	112.85	786.98
1982	166.23	65.10	105.50	58.60	3.18	0.71	1.69	9.57	66.78	51.10	85.63	57.12	671.22
1983	100.51	68.30	49.48	51.60	13.99	2.87	1.13	2.42	29.08	26.34	32.99	78.39	457.10
1984	190.52	141.46	118.99	37.09	17.96	10.36	3.27	20.78	4.19	69.51	103.83	103.91	821.87
1985	154.65	87.59	122.62	95.26	27.51	12.94	1.07	4.18	66.72	38.08	133.84	142.52	886.98
1986	124.08	116.03	122.21	87.08	13.19	0.46	4.31	18.81	64.00	16.38	48.08	117.38	731.99
1987	149.90	52.30	79.02	33.82	10.40	5.00	15.28	7.40	9.60	41.75	77.20	64.09	545.76
1988	135.24	71.04	181.05	73.36	30.54	0.51	0.30	0.77	9.74	38.07	10.94	101.84	653.40
1989	127.81	83.79	110.56	57.99	6.22	9.78	1.09	19.12	23.48	27.00	40.74	61.84	569.43
1990	121.00	54.91	63.51	31.45	10.72	41.69	0.87	12.07	29.76	71.28	75.04	83.59	595.88
1991	114.22	90.72	140.56	40.36	12.61	34.26	2.29	2.84	27.17	20.04	45.12	92.96	623.15
1992	125.74	65.13	56.07	17.72	1.56	8.16	3.61	65.28	16.81	52.31	49.80	103.99	566.18
1993	137.62	56.06	80.01	71.37	14.89	3.96	2.28	13.87	26.97	48.77	81.49	118.41	655.70
1994	125.66	91.89	105.66	66.00	17.65	2.80	0.25	1.90	15.32	38.40	50.33	108.53	624.37
1995	94.53	97.33	109.11	14.26	6.02	0.58	1.62	1.05	16.56	20.45	58.52	94.33	514.36
1996	127.81	61.52	93.57	30.67	15.56	0.50	3.51	7.93	19.69	21.70	71.21	94.53	548.19
1997	151.78	90.26	169.28	53.27	9.46	0.75	0.61	20.65	35.55	33.23	89.97	67.67	722.48
1998	103.14	82.91	98.22	37.06	1.19	9.66	0.37	2.52	4.48	54.76	72.90	26.98	494.19
1999	91.74	59.77	177.18	48.45	11.51	2.10	1.14	1.07	41.92	54.61	35.80	53.96	579.25
2000	120.60	88.76	101.26	14.37	9.47	13.40	1.71	16.00	12.89	83.38	17.27	98.13	577.24
2001	186.26	87.06	175.41	34.13	32.69	3.66	7.67	13.78	17.85	64.05	54.21	89.05	765.82
2002	87.86	132.77	132.65	56.32	17.56	2.74	21.87	13.35	39.05	104.98	74.00	103.92	787.07
2003	167.40	96.89	142.38	49.85	8.28	10.26	1.41	13.45	20.87	45.01	31.19	102.92	689.90
2004	185.35	99.11	68.69	43.81	11.50	6.83	6.23	22.46	31.17	23.22	54.65	68.49	621.50
2005	82.26	126.57	66.39	26.53	2.31	0.75	0.68	5.94	18.58	66.87	52.69	93.91	543.48
2006	178.44	40.47	61.55	48.63	2.50	5.91	0.45	6.30	28.32	49.37	57.72	94.29	573.94
2007	110.19	63.09	144.32	66.10	24.39	1.00	1.80	1.43	51.13	23.32	59.48	79.98	626.22
2008	128.28	65.86	73.61	10.25	10.44	1.76	0.43	2.10	12.36	56.91	40.84	137.45	540.29
2009	104.35	73.77	57.06	19.34	7.30	0.71	2.81	1.27	16.19	27.72	80.48	103.47	494.47
2010	155.20	104.88	81.34	27.59	18.90	1.08	1.54	2.57	1.52	39.11	11.92	121.07	566.72
2011	71.23	125.97	101.20	28.22	5.56	1.44	5.47	6.09	52.44	50.18	28.25	113.74	589.78
2012	108.75	117.25	106.01	55.58	5.85	1.85	1.59	3.75	15.68	30.39	37.37	145.85	629.91
2013	86.74	137.12	100.47	27.91	27.69	6.68	5.42	12.26	45.53	86.58	35.48	129.00	700.88
2014	126.09	96.69	91.76	37.48	13.12	1.63	5.56	18.84	65.37	39.96	23.67	110.40	630.57
2015	149.63	97.52	60.72	68.43	14.06	3.68	4.59	13.39	35.40	36.64	54.15	93.91	632.13
2016	76.09	157.75	26.43	52.66	4.21	1.49	11.78	10.82	48.73	48.67	49.49	91.94	580.07
<b>MAXIMA</b>	221.82	157.75	181.05	95.26	32.69	41.69	21.87	65.28	66.78	104.98	133.84	145.85	886.98
<b>MINIMA</b>	71.23	40.47	26.43	10.25	1.19	0.46	0.25	0.77	1.52	16.38	10.94	26.98	457.10
<b>MEDIA</b>	130.24	90.01	102.13	45.12	12.47	5.94	3.50	11.06	29.56	46.68	54.84	96.18	627.73
<b>D.E.</b>	35.69	28.07	38.24	20.45	8.19	8.79	4.52	11.68	18.64	21.19	26.02	25.60	97.98

Fuente: Elaboración propia



**Anexo C.2. Precipitación efectiva método USBR**

**PRECIPITACION EFECTIVA MÉTODO DEL UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION (USBR)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	77.79	25.76	32.69	8.19	1.47	0.30	0.06	3.28	6.46	18.70	7.36	40.50	222.56
1982	88.28	12.18	34.66	10.08	0.56	0.11	0.29	1.58	12.78	8.08	21.48	9.65	199.72
1983	30.97	13.35	7.71	8.20	2.20	0.50	0.19	0.42	4.17	3.80	4.72	17.71	93.94
1984	99.64	66.53	45.73	5.34	2.72	1.69	0.57	3.09	0.73	13.82	33.39	33.45	306.72
1985	78.74	22.60	48.95	27.36	3.96	2.06	0.18	0.73	12.76	5.51	59.32	67.54	329.68
1986	50.27	43.18	48.58	22.30	2.09	0.06	0.75	2.83	11.79	2.52	7.40	44.34	236.11
1987	74.44	8.37	18.01	4.84	1.70	0.87	2.37	1.25	1.58	6.14	17.14	11.83	148.54
1988	60.64	14.43	97.12	15.41	4.37	0.07	0.03	0.12	1.60	5.50	1.78	31.93	233.02
1989	53.68	20.47	38.63	9.90	1.06	1.61	0.18	2.87	3.43	3.89	5.96	11.08	152.76
1990	47.50	9.04	11.63	4.50	1.74	6.13	0.14	1.94	4.26	14.53	16.15	20.36	137.92
1991	41.65	24.46	65.68	5.89	2.01	4.91	0.40	0.50	3.91	2.99	6.78	25.86	185.05
1992	51.78	12.19	9.36	2.69	0.27	1.37	0.63	12.24	2.57	8.38	7.78	33.51	142.77
1993	62.89	9.35	18.50	14.57	2.32	0.69	0.40	2.18	3.89	7.55	19.25	45.23	186.83
1994	51.70	25.19	34.77	12.50	2.68	0.49	0.02	0.33	2.38	5.56	7.90	37.01	180.53
1995	26.88	28.74	37.47	2.24	1.03	0.09	0.28	0.17	2.54	3.04	10.05	26.74	139.28
1996	53.68	10.98	26.25	4.39	2.41	0.07	0.61	1.33	2.95	3.20	14.50	26.87	147.25
1997	76.15	24.18	90.48	8.62	1.56	0.12	0.09	3.07	5.10	4.75	24.01	13.11	251.24
1998	32.88	20.00	29.36	5.34	0.20	1.59	0.05	0.44	0.78	9.00	15.21	3.89	118.73
1999	25.10	10.43	95.31	7.48	1.86	0.37	0.19	0.18	6.17	8.96	5.14	8.79	169.97
2000	47.15	23.29	31.50	2.25	1.56	2.12	0.30	2.47	2.05	20.25	2.63	29.30	164.86
2001	98.88	22.29	94.35	4.89	4.68	0.64	1.29	2.17	2.71	11.81	8.86	23.45	276.02
2002	22.75	58.31	58.20	9.43	2.67	0.48	3.23	2.11	5.67	34.26	15.69	33.46	246.24
2003	89.14	28.45	67.41	7.79	1.38	1.68	0.24	2.13	3.10	6.76	4.46	32.72	245.25
2004	98.64	29.98	13.50	6.52	1.85	1.16	1.06	3.30	4.46	3.40	8.97	13.42	186.27
2005	19.65	52.54	12.64	3.83	0.40	0.12	0.11	1.02	2.80	12.81	8.47	26.48	140.87
2006	95.94	5.91	10.98	7.52	0.44	1.01	0.06	1.08	4.07	7.68	9.82	26.72	171.24
2007	38.33	11.49	69.24	12.53	3.55	0.17	0.31	0.24	8.09	3.41	10.34	18.49	176.19
2008	54.11	12.45	15.52	1.68	1.70	0.31	0.06	0.37	1.98	9.59	5.98	62.73	166.45
2009	33.78	15.59	9.63	2.90	1.23	0.11	0.49	0.21	2.49	3.99	18.74	33.13	122.30
2010	79.22	34.19	19.18	3.97	2.85	0.18	0.26	0.45	0.26	5.68	1.91	47.57	195.71
2011	14.51	51.98	31.46	4.05	0.96	0.25	0.94	1.04	8.41	7.87	4.06	41.24	166.78
2012	37.18	44.22	35.04	9.22	1.00	0.32	0.27	0.66	2.43	4.35	5.39	70.68	210.76
2013	22.11	62.42	30.94	4.01	3.98	1.14	0.93	1.96	6.86	22.02	5.09	54.78	216.24
2014	52.10	28.31	25.11	5.41	2.08	0.28	0.96	2.84	12.27	5.82	3.46	38.50	177.13
2015	74.19	28.88	10.72	13.40	2.21	0.64	0.80	2.12	5.08	5.27	8.84	26.48	178.63
2016	16.62	81.44	3.82	8.46	0.73	0.26	1.90	1.76	7.54	7.53	7.71	25.22	162.98
<b>MAXIMA</b>	99.64	81.44	97.12	27.36	4.68	6.13	3.23	12.24	12.78	34.26	59.32	70.68	329.68
<b>MINIMA</b>	14.51	5.91	3.82	1.68	0.20	0.06	0.02	0.12	0.26	2.52	1.78	3.89	93.94
<b>MEDIA</b>	54.97	27.59	36.95	7.99	1.93	0.94	0.57	1.79	4.73	8.57	11.55	30.94	188.51
<b>D.E.</b>	25.84	18.63	26.89	5.50	1.15	1.29	0.69	2.07	3.42	6.59	10.72	16.20	51.90

Anexo C.3. Números aleatorios

**NUMEROS ALEATORIOS**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1981	1.02	0.34	-0.61	0.33	0.68	0.21	1.25	0.23	-1.42	0.88	0.27	-1.06
1982	-0.78	-1.81	-1.31	-0.67	0.22	-0.84	0.08	-1.03	1.39	0.07	-0.77	-0.53
1983	-1.55	-0.02	0.40	-0.50	0.55	0.72	-2.09	-0.23	-0.53	0.14	1.07	-1.55
1984	0.31	-1.57	-0.12	2.20	0.86	0.99	0.22	-0.45	1.37	-1.35	-0.79	1.04
1985	0.33	0.54	-1.17	-0.22	1.24	-0.48	1.03	-0.87	-1.44	-0.51	0.28	0.54
1986	-0.32	0.37	-0.30	0.88	-1.12	0.07	1.03	0.69	0.48	1.18	-0.73	-0.64
1987	-1.11	1.40	0.67	-0.15	0.43	-0.57	0.46	-0.68	-0.76	-0.85	-2.03	0.90
1988	-0.11	-0.26	0.44	0.67	1.31	-0.14	0.54	0.81	0.40	-0.54	0.08	0.50
1989	0.61	0.59	1.24	-0.70	-1.68	-0.32	1.26	-0.37	0.09	1.92	-0.97	-1.73
1990	0.93	-0.35	-0.57	0.67	-0.96	-0.64	0.45	0.45	-0.08	0.23	-0.94	0.27
1991	-0.40	-1.11	-1.48	0.31	0.09	-0.83	0.62	-1.73	-0.88	-0.14	-1.16	-0.60
1992	0.91	-0.40	-0.65	-0.65	0.30	2.75	-0.48	-1.49	-0.11	0.78	-0.42	1.79
1993	0.93	0.34	0.43	2.74	-0.14	-0.05	1.68	2.08	1.00	0.11	-0.12	-0.26
1994	-0.45	0.79	1.80	1.02	-1.51	0.40	1.92	1.38	-1.36	-0.05	0.85	-0.97
1995	-0.87	0.36	1.25	0.06	2.04	-1.39	0.45	0.74	-0.14	0.37	-0.48	-0.32
1996	1.91	0.23	-1.08	-0.85	-1.47	-0.98	-1.77	-0.07	0.28	-1.12	0.21	1.17
1997	-0.18	-0.33	-0.25	-0.50	0.93	0.47	2.23	0.13	0.46	-1.25	0.59	-1.29
1998	-1.67	-1.48	-1.02	-0.12	-1.07	-1.32	-1.10	0.74	0.49	-1.94	0.66	0.92
1999	-0.24	0.43	-0.16	-0.40	-0.38	1.55	0.40	-0.47	-0.89	-1.25	0.48	0.04
2000	0.52	-0.55	-0.77	-1.26	0.66	1.48	-0.25	-0.81	-2.08	-0.97	1.39	-0.65
2001	0.95	0.98	-0.44	-1.00	1.18	0.37	0.37	-2.45	1.11	-1.29	-3.81	1.16
2002	0.08	-0.76	-0.64	0.46	1.43	0.88	1.04	0.59	-2.59	-0.28	0.50	1.10
2003	-0.94	-1.49	0.42	0.84	0.74	0.29	0.92	-1.33	-0.01	1.66	0.72	0.85
2004	0.14	0.40	-1.05	-2.02	0.24	0.88	1.02	-0.94	0.51	0.41	0.18	-0.34
2005	-1.15	-0.95	1.47	-0.31	-0.69	-0.17	-0.67	0.52	-2.30	-0.64	0.19	-0.49
2006	1.96	-0.47	-0.95	2.49	-0.05	0.09	0.56	-0.29	-0.53	1.18	0.50	-0.02
2007	-0.25	0.23	-1.23	-0.64	-0.08	0.70	1.25	0.09	-0.22	-1.13	-0.13	0.60
2008	0.08	1.57	0.34	1.92	0.65	0.55	1.58	1.78	0.44	2.04	2.24	1.01
2009	2.24	1.35	1.95	-1.65	-0.28	-0.02	-0.22	-0.23	0.13	-0.37	-2.06	1.72
2010	-0.53	0.68	1.02	-1.34	1.75	-0.81	-0.91	-0.09	-0.30	-0.52	1.63	-1.68
2011	-1.10	-1.18	2.08	-0.81	1.26	-0.40	-0.25	-1.66	0.34	-0.47	0.82	0.25
2012	0.23	-3.56	-0.49	-1.50	0.46	1.73	-1.62	0.91	-0.11	0.61	0.87	-0.41
2013	-0.88	-0.40	0.43	1.33	0.69	0.57	1.05	1.56	0.44	-1.40	0.35	-0.67
2014	-0.46	-1.99	1.94	0.94	-0.65	-0.44	-0.24	-0.79	-0.27	0.06	0.68	-0.58
2015	0.02	1.36	-0.34	-0.90	0.85	0.70	0.64	-1.58	0.16	0.21	1.76	0.49
2016	-0.06	-0.03	-0.03	-1.60	3.17	0.09	-0.49	1.19	-1.16	-0.70	-1.31	1.66
<b>MEDIA</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>D.E</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Anexo C.4. Serie generada de caudales medios mensuales

SERIE GENERADA (m3/seg)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	55.90	45.94	40.79	25.15	13.01	7.74	5.03	6.11	8.95	17.81	14.63	34.49	275.55
1982	76.99	45.50	41.92	26.92	13.13	7.67	5.15	5.04	12.80	12.36	21.90	17.09	286.46
1983	30.40	25.44	16.56	14.67	9.24	6.25	4.50	4.01	6.48	6.98	8.14	16.82	149.51
1984	77.08	85.22	64.26	33.37	17.17	10.50	6.48	6.59	5.26	13.09	30.33	36.20	385.55
1985	71.23	50.52	53.24	43.60	22.14	12.89	7.19	5.34	12.91	10.71	46.96	65.42	402.16
1986	64.49	62.52	57.54	42.02	20.26	10.72	6.69	6.51	12.76	8.68	10.71	35.42	338.32
1987	67.97	38.67	28.36	17.49	10.05	6.85	6.19	5.26	5.26	8.03	17.06	16.56	227.74
1988	50.40	35.21	79.21	46.70	23.67	12.20	6.82	4.78	5.07	7.53	6.38	25.48	303.44
1989	49.52	39.22	42.16	26.91	13.46	8.83	5.54	6.06	6.87	7.20	9.08	12.83	227.68
1990	39.83	26.53	19.55	13.44	8.44	9.74	5.89	5.59	7.23	14.36	19.13	23.03	192.74
1991	40.26	37.97	59.53	31.70	16.02	12.19	7.05	5.13	6.79	6.57	9.37	22.70	255.28
1992	47.02	32.05	20.14	12.46	7.08	5.90	4.65	11.87	8.80	10.94	11.94	28.79	201.63
1993	57.22	34.56	27.13	23.58	12.94	7.98	5.34	5.52	6.95	9.64	19.20	39.45	249.51
1994	54.22	44.77	41.72	28.49	15.17	8.81	5.43	4.34	5.40	7.70	10.63	30.55	257.23
1995	33.45	38.05	40.95	21.16	11.11	6.77	4.78	3.96	5.35	6.02	11.36	24.09	207.05
1996	48.91	32.01	31.27	18.44	10.91	6.68	4.96	4.80	5.99	6.39	14.55	25.47	210.38
1997	64.82	48.80	79.97	42.41	20.07	10.68	6.24	6.48	8.19	8.30	21.86	19.35	337.17
1998	32.69	31.32	33.06	19.86	10.03	7.33	4.85	4.17	4.24	9.50	16.38	11.05	184.48
1999	23.79	20.34	72.39	38.35	18.62	10.22	6.11	4.52	8.07	11.03	10.18	11.77	235.39
2000	39.13	36.61	36.47	19.23	10.67	7.97	5.27	5.68	5.76	17.53	11.29	25.74	221.38
2001	80.43	54.43	84.66	41.89	21.92	11.83	7.49	6.42	6.53	12.28	13.26	22.69	363.82
2002	27.23	56.84	61.73	35.06	17.82	9.95	8.01	6.59	8.62	27.93	24.69	33.92	318.40
2003	77.33	57.53	68.07	36.69	17.64	10.69	6.34	5.90	6.57	8.97	8.83	27.00	331.54
2004	80.81	60.21	33.53	20.87	11.53	7.69	5.66	6.40	7.71	7.21	11.14	15.21	267.98
2005	21.88	50.23	29.19	17.15	9.07	5.91	4.31	4.32	5.69	12.60	13.13	24.63	198.12
2006	77.95	41.35	24.74	17.74	9.33	6.64	4.58	4.47	6.61	9.59	12.75	24.64	240.38
2007	38.69	27.80	58.02	35.57	18.61	10.08	6.14	4.58	9.40	7.91	12.38	19.05	248.22
2008	47.03	32.24	24.28	13.56	8.47	5.78	4.23	3.86	4.92	10.16	10.38	47.42	212.32
2009	45.46	33.83	21.00	12.98	7.92	5.41	4.36	3.81	5.26	6.60	17.54	30.80	194.97
2010	69.22	58.08	36.47	20.40	11.99	7.22	4.95	4.21	3.91	7.17	6.32	35.77	265.72
2011	27.28	52.24	42.36	23.01	11.81	7.19	5.38	4.79	9.71	10.97	9.42	32.86	237.02
2012	41.47	52.95	44.99	27.67	13.73	8.07	5.30	4.50	5.51	6.94	8.59	51.93	271.63
2013	39.45	65.32	46.97	24.98	14.60	9.00	6.11	5.70	9.05	20.03	14.05	43.67	298.94
2014	56.31	47.99	36.56	21.42	11.90	7.25	5.42	5.99	12.86	10.90	8.98	30.88	256.46
2015	65.82	52.68	28.85	23.53	12.84	7.91	5.58	5.58	7.78	8.48	11.60	24.01	254.66
2016	23.63	72.10	31.65	21.38	11.00	6.84	5.87	5.46	9.41	10.62	11.76	23.24	232.97
MAXIMA	80.81	85.22	84.66	46.70	23.67	12.89	8.01	11.87	12.91	27.93	46.96	65.42	402.16
MINIMA	21.88	20.34	16.56	12.46	7.08	5.41	4.23	3.81	3.91	6.02	6.32	11.05	149.51
MEDIA	51.26	45.20	43.31	26.11	13.70	8.48	5.66	5.40	7.46	10.52	14.33	28.06	259.49
D.E.	18.21	14.16	18.46	9.79	4.44	2.04	0.94	1.41	2.46	4.48	7.67	11.57	58.44

**Anexo D: Evapotranspiración mensual Hargreaves por temperatura**

**Evapotranspiración mensual Hargreaves**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	145.23	124.04	123.40	98.87	81.91	66.33	72.52	87.46	103.46	132.02	142.56	149.52	1327.32
1982	145.34	124.59	123.31	97.96	77.64	67.33	74.16	87.38	106.13	132.31	140.32	152.10	1328.58
1983	153.73	129.80	130.53	105.03	85.37	70.33	75.80	93.10	110.81	132.90	141.85	149.20	1378.45
1984	140.77	123.13	124.32	100.31	82.91	69.15	71.51	88.63	104.29	134.27	139.61	147.27	1326.17
1985	145.34	123.77	123.31	101.23	83.64	69.51	69.87	87.53	108.22	128.78	133.11	143.29	1317.60
1986	144.17	121.85	122.22	101.68	78.51	67.62	70.25	86.21	106.63	128.39	136.77	145.98	1310.28
1987	145.44	126.51	123.77	101.15	82.77	68.86	71.32	88.19	107.30	131.13	140.53	153.28	1340.26
1988	147.36	127.61	126.24	101.53	83.91	66.92	71.07	87.75	109.64	132.90	139.92	146.52	1341.34
1989	142.47	122.22	121.30	99.86	81.04	69.68	71.01	87.68	110.06	133.68	137.28	150.38	1326.65
1990	145.34	124.23	123.04	100.39	82.84	67.15	70.44	86.65	106.38	132.21	139.41	144.80	1322.87
1991	144.70	123.68	125.87	100.69	80.57	66.21	69.74	85.70	105.71	129.47	136.87	146.09	1315.31
1992	142.68	124.50	125.23	101.84	83.44	70.04	72.27	85.11	105.38	129.08	136.06	145.44	1321.05
1993	141.30	122.86	121.21	100.92	82.84	66.27	73.97	86.50	108.47	132.90	140.63	150.38	1328.25
1994	145.87	126.14	122.49	102.22	82.97	66.68	72.90	87.38	108.80	132.80	143.06	150.71	1342.03
1995	149.69	126.33	124.41	100.54	81.17	66.92	73.59	94.86	113.23	139.37	143.47	147.05	1360.64
1996	145.55	124.96	126.05	102.90	83.31	67.15	71.01	89.66	106.97	132.60	136.57	147.05	1333.77
1997	143.74	122.22	120.94	95.75	80.71	66.68	72.71	89.29	108.64	135.45	142.45	156.29	1334.87
1998	153.73	133.09	132.08	101.99	82.37	71.09	75.74	92.74	109.55	133.29	140.22	149.63	1375.53
1999	146.29	123.40	122.49	98.64	80.77	65.92	71.57	86.28	105.30	129.17	135.96	149.74	1315.54
2000	144.27	122.58	122.31	99.25	82.91	67.74	71.19	90.32	108.30	128.00	139.51	143.83	1320.21
2001	140.56	123.04	121.49	98.79	82.17	68.33	71.89	85.18	109.97	132.60	142.05	148.56	1324.63
2002	147.36	127.42	126.88	102.60	85.57	72.03	73.40	91.86	111.06	132.90	141.64	150.71	1363.42
2003	147.25	127.61	124.04	101.30	83.84	66.80	73.40	88.04	106.88	132.31	140.83	151.56	1343.88
2004	145.55	126.78	127.61	103.43	81.37	67.15	73.03	89.29	109.14	137.11	144.99	152.42	1357.88
2005	148.31	126.42	126.60	102.60	82.57	67.39	74.22	86.80	108.80	135.45	142.25	151.46	1352.87
2006	143.85	128.70	127.88	102.14	80.84	70.74	72.33	94.13	110.81	136.23	142.76	153.50	1363.91
2007	152.56	129.71	126.60	104.04	86.77	71.74	75.87	93.18	111.31	135.15	139.92	149.09	1375.94
2008	147.14	125.41	121.85	100.39	79.84	69.92	72.77	90.24	109.47	136.23	145.30	148.88	1347.45
2009	148.42	126.33	124.87	100.62	84.37	67.39	75.36	90.02	113.40	138.29	147.74	154.36	1371.15
2010	152.35	132.72	129.07	103.59	85.64	72.62	73.59	89.44	110.47	136.82	143.17	151.24	1380.71
2011	146.51	124.77	123.86	101.61	82.97	68.27	74.22	91.71	109.55	133.68	142.86	149.42	1349.44
2012	145.87	122.86	123.59	101.46	82.04	69.92	73.85	87.60	109.64	137.50	145.70	151.46	1351.48
2013	148.21	127.61	129.43	100.62	86.84	70.86	75.99	90.24	109.14	137.31	144.18	151.35	1371.77
2014	147.04	127.33	125.87	103.66	84.31	72.68	76.62	91.49	113.15	133.49	143.27	153.07	1371.97
2015	144.81	126.69	126.33	102.52	85.57	72.09	75.61	91.49	113.90	133.78	145.91	151.89	1370.59
2016	152.67	127.88	127.15	102.29	84.04	70.15	74.92	91.20	110.14	134.76	142.25	152.42	1369.87
MAXIMA	153.73	133.09	132.08	105.03	86.84	72.68	76.62	94.86	113.90	139.37	147.74	156.29	1380.71
MINIMA	140.56	121.85	120.94	95.75	77.64	65.92	69.74	85.11	103.46	128.00	133.11	143.29	1310.28
MEDIA	146.43	125.80	124.93	101.23	82.79	68.77	73.05	89.18	108.89	133.45	141.14	149.72	1345.38
D.E.	3.39	2.79	2.75	1.85	2.09	2.05	1.91	2.60	2.54	2.87	3.22	3.04	21.74

Anexo E: Registro histórico caudales mensuales Huancaané



Ministerio del Ambiente

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: CAUDALES MEDIOS MENSUALES



Nombre: Huancaané  
Cuenca: Huancaané

Región: Puno  
Provincia: Huancaané  
Distrito: Huancaané

Latitud Sur: 15°12'59.3"  
Longitud Oeste: 69°47'33.3"  
Altitud: 3860

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	66.51	66.12	95.74	32.35	6.31	3.00	3.54	3.03	2.57	7.53	7.72	17.05	311.45
1982	95.48	24.14	64.03	36.20	10.72	4.98	3.53	2.98	4.59	6.47	17.43	18.81	289.35
1983	14.37	37.39	8.74	7.64	5.02	2.97	2.06	1.50	1.53	1.56	1.34	2.61	86.71
1984	55.25	126.32	61.32	32.03	9.18	5.12	3.52	2.84	2.67	3.66	7.72	23.60	333.23
1985	96.18	67.47	60.21	67.65	25.63	13.77	5.72	3.52	6.63	5.50	9.63	67.69	429.59
1986	132.10	94.84	118.89	47.72	24.61	7.54	4.89	3.15	4.29	4.09	6.67	31.65	480.43
1987	70.52	44.80	20.59	15.71	6.70	3.97	3.70	1.87	1.27	1.35	4.03	5.67	180.17
1988	54.22	39.19	53.21	66.32	17.37	5.74	3.56	2.78	2.39	2.74	1.43	2.67	251.62
1989	19.32	31.55	41.22	21.31	8.08	4.19	3.66	2.13	1.61	1.85	2.58	2.60	140.11
1990	17.93	18.21	10.84	7.36	4.08	3.51	2.61	2.03	1.60	2.25	11.09	17.29	98.81
1991	20.48	22.45	26.11	25.07	13.01	7.31	5.24	4.07	3.85	3.80	5.67	8.76	145.82
1992	47.23	35.99	30.28	9.37	4.50	3.40	2.42	3.72	1.63	1.68	2.47	7.98	150.66
1993	45.17	31.67	30.31	25.85	11.35	5.87	3.81	2.82	3.06	5.01	9.49	35.68	210.08
1994	48.06	86.62	47.96	59.53	19.01	7.92	5.94	3.71	2.85	3.76	7.75	21.92	315.03
1995	40.43	24.02	50.78	17.22	6.53	4.31	3.40	2.92	2.77	2.79	4.04	4.11	163.31
1996	21.56	33.55	20.40	16.72	5.75	3.46	2.40	1.91	1.72	1.94	3.68	12.57	125.66
1997	56.61	90.31	96.95	42.70	10.97	5.94	3.62	3.77	2.63	4.13	8.50	4.76	330.88
1998	8.53	28.68	30.97	22.81	5.21	2.99	2.64	2.19	1.97	3.91	3.61	6.53	120.06
1999	13.48	21.33	56.65	27.05	11.08	4.02	2.53	2.17	2.62	4.22	3.83	5.25	154.23
2000	15.27	47.10	51.99	10.86	5.11	4.30	3.02	2.36	2.13	4.30	3.23	5.95	155.60
2001	97.58	79.36	119.58	30.66	16.15	8.14	5.14	3.80	4.05	5.40	5.64	8.43	383.93
2002	19.64	73.12	82.10	36.85	14.12	4.87	4.35	3.17	4.64	10.72	12.22	40.05	305.84
2003	98.00	91.64	37.67	30.16	11.68	6.39	5.55	4.63	4.23	7.77	5.49	12.79	316.00
2004	149.64	92.19	24.94	15.59	14.25	4.69	3.89	3.35	4.49	2.56	7.43	6.42	329.44
2005	25.38	88.71	27.77	23.09	7.27	3.55	2.73	1.76	1.27	3.99	4.43	11.52	201.47
2006	78.88	37.05	40.22	27.14	9.70	5.46	3.36	1.98	1.60	2.83	8.06	18.44	234.71
2007	48.65	22.21	57.57	37.13	18.64	9.11	4.68	3.36	3.76	3.13	5.29	9.81	223.32
2008	59.23	36.33	54.68	7.30	1.36	1.82	1.97	1.39	1.60	3.58	2.67	53.45	225.37
2009	35.35	23.28	20.61	11.21	3.96	2.60	3.19	2.56	2.66	4.58	3.36	7.72	121.08
2010	74.69	44.95	35.43	20.10	3.46	2.13	1.44	1.11	1.32	1.57	1.39	10.23	197.83
2011	14.73	45.77	57.64	33.53	9.80	3.35	2.93	1.76	3.39	13.45	3.78	13.23	203.34
2012	29.26	95.95	67.21	52.53	11.28	3.90	2.59	2.81	2.63	2.39	2.19	10.22	282.95
2013	65.42	72.57	60.09	16.62	9.73	7.36	4.93	3.24	2.28	3.36	4.24	8.65	258.49
2014	43.12	91.60	46.10	39.54	25.87	8.28	2.29	2.15	2.29	2.50	1.65	3.67	269.06
2015	52.58	60.95	33.81	48.65	19.05	5.82	2.93	2.92	3.07	3.11	5.05	16.72	254.66
2016	28.21	61.52	26.46	13.52	4.71	3.05	2.86	2.48	2.30	2.69	3.26	6.61	157.67
MAXIMA	149.64	126.32	119.58	67.65	25.87	13.77	5.94	4.63	6.63	13.45	17.43	67.69	480.43
MINIMA	8.53	18.21	8.74	7.30	1.36	1.82	1.44	1.11	1.27	1.35	1.34	2.60	86.71
MEDIA	51.64	55.25	49.14	28.75	10.87	5.13	3.52	2.72	2.78	4.06	5.50	15.03	234.39
D.E.	34.29	28.84	27.23	16.34	6.44	2.40	1.13	0.82	1.21	2.53	3.48	14.50	94.65

**Anexo F: Precipitación mensual PISCO**



Ministerio del Ambiente

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**

INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: Ananea  
Cuenca: Azángaro  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: San Antonio de Putina  
Distrito: Ananea

Latitud Sur: 14°40'42,4"  
Longitud Oeste: 69°32'03.3"  
Altitud: 4660

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	97.12	106.18	123.77	13.41	13.39	0.96	1.83	19.16	41.95	72.07	79.11	141.19	710.12
1982	82.61	71.54	91.19	38.74	7.24	0.46	5.75	12.82	49.11	49.33	75.44	70.45	554.69
1983	80.19	97.22	64.58	27.31	21.16	2.52	1.65	3.58	21.47	29.99	60.79	81.65	492.12
1984	75.99	113.56	128.43	37.47	20.97	11.01	9.16	21.35	11.15	68.71	106.52	92.60	696.92
1985	63.64	73.88	110.81	19.61	34.19	7.25	5.01	6.72	42.42	48.38	82.48	97.68	592.06
1986	76.81	86.67	80.25	48.02	14.44	1.61	3.90	18.45	43.01	18.59	41.32	81.55	514.62
1987	67.72	70.30	68.43	24.35	13.16	5.87	1.45	3.99	12.95	27.11	80.08	79.61	455.03
1988	78.76	77.96	92.75	22.35	27.65	1.01	0.62	1.28	16.60	28.64	27.42	100.90	475.95
1989	62.10	90.83	102.73	16.67	12.93	10.96	2.03	14.56	15.65	39.58	58.25	71.32	497.62
1990	56.87	60.89	59.12	12.22	16.93	19.02	4.48	13.67	32.10	56.95	58.08	68.53	458.87
1991	56.89	78.72	97.02	25.53	13.87	11.72	2.53	5.44	35.10	26.26	62.26	90.41	505.74
1992	55.30	78.48	68.25	15.19	7.09	9.43	5.07	42.70	22.32	37.79	62.49	118.13	522.24
1993	63.33	70.76	78.35	25.28	15.51	2.66	7.10	16.22	21.83	35.14	78.53	90.45	505.17
1994	67.07	86.05	77.61	33.41	22.88	0.14	0.25	3.39	19.13	49.37	64.83	77.42	501.56
1995	56.75	93.50	77.43	22.65	19.50	1.79	4.07	1.92	21.17	22.10	57.36	90.64	468.88
1996	77.35	72.63	65.17	26.82	30.47	0.81	3.54	13.89	17.11	27.87	63.11	79.43	478.20
1997	72.33	86.96	87.74	14.62	12.86	1.45	1.95	22.90	22.84	30.63	72.91	76.41	503.61
1998	67.31	105.70	70.51	25.97	7.01	6.39	1.63	4.18	10.46	59.49	76.69	55.73	491.06
1999	53.26	79.35	101.63	32.56	13.49	4.26	0.85	1.61	24.77	24.62	42.41	78.21	457.01
2000	64.89	98.27	91.10	11.90	11.89	7.95	5.77	11.98	11.21	58.18	42.72	77.90	493.78
2001	103.65	50.22	96.76	23.52	49.13	1.46	16.34	18.22	16.38	63.33	69.52	69.19	577.71
2002	47.00	121.89	101.01	34.87	12.38	0.93	30.92	16.67	35.16	57.44	110.41	82.80	651.49
2003	69.77	75.72	114.53	39.94	3.50	8.60	2.85	21.38	13.13	56.41	45.05	85.28	536.17
2004	82.11	96.21	70.98	25.92	12.34	17.42	10.31	12.78	29.51	40.25	60.60	78.83	537.27
2005	65.62	123.47	55.60	11.23	1.55	1.38	1.08	10.31	9.32	59.75	66.60	131.77	537.68
2006	111.27	69.95	61.53	46.97	3.55	6.21	1.72	15.21	23.79	61.77	80.54	94.22	576.73
2007	71.80	94.49	99.96	28.52	16.00	0.56	8.12	2.68	16.90	34.41	69.24	89.00	531.68
2008	115.03	58.69	61.40	13.62	22.36	3.74	2.00	7.01	12.57	51.06	61.29	147.04	555.82
2009	98.06	77.55	62.96	23.03	15.65	0.93	2.72	2.03	14.74	30.05	115.74	99.52	542.99
2010	77.69	97.40	74.06	18.15	17.52	0.68	6.89	1.26	3.24	38.86	37.95	90.20	463.91
2011	78.43	113.31	79.24	20.22	2.89	5.55	4.32	7.96	57.76	57.30	25.30	101.79	554.06
2012	54.68	108.72	80.76	56.38	5.39	6.67	6.98	5.08	22.85	27.78	74.00	163.66	612.96
2013	61.20	106.23	96.98	36.80	24.32	6.53	2.58	13.88	39.38	75.98	54.40	105.58	623.86
2014	77.59	112.11	124.50	16.62	18.72	2.96	6.98	11.27	56.75	27.90	52.47	103.00	610.87
2015	81.60	118.16	73.64	33.39	35.50	5.13	8.36	13.14	21.15	29.53	72.39	99.52	591.51
2016	57.35	111.36	53.25	24.08	11.87	1.99	14.49	15.76	33.29	61.53	53.51	82.44	520.93
MAXIMA	115.03	123.47	128.43	56.38	49.13	19.02	30.92	42.70	57.76	75.98	115.74	163.66	710.12
MINIMA	47.00	50.22	53.25	11.23	1.55	0.14	0.25	1.26	3.24	18.59	25.30	55.73	455.03
MEDIA	73.03	89.86	84.56	26.32	16.37	4.94	5.43	11.51	24.95	44.01	65.05	92.89	538.92
D.E.	16.25	19.07	20.36	10.97	10.04	4.71	5.74	8.46	13.58	16.11	20.22	23.00	64.77



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: Cojata  
Cuenca: Suches  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: Huancané  
Distrito: Cojata

Latitud Sur: 15°01'31.5"  
Longitud Oeste: 69°21'49.3"  
Altitud: 4380

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	230.82	102.23	85.43	33.16	8.89	1.08	0.71	22.93	53.70	99.49	40.32	101.29	780.05
1982	184.65	45.33	88.85	44.93	4.58	0.43	2.94	8.47	104.54	56.24	77.82	56.07	674.85
1983	99.60	114.93	54.13	57.43	23.34	5.77	0.76	3.67	54.81	36.72	25.67	69.35	546.17
1984	216.53	177.41	111.85	19.32	21.09	16.48	3.65	27.86	7.55	52.32	85.07	135.40	874.53
1985	143.90	80.91	135.40	54.21	29.65	20.98	1.60	2.08	96.05	44.87	175.24	200.75	985.65
1986	130.56	121.33	85.72	61.96	18.63	0.69	12.95	27.71	88.38	20.19	65.79	146.75	780.66
1987	165.52	41.17	82.33	24.38	11.77	4.28	39.26	7.95	13.92	48.98	68.84	86.98	595.38
1988	167.49	100.46	148.40	56.03	30.03	0.67	0.26	0.49	4.64	41.99	12.41	83.95	646.83
1989	81.56	58.58	64.55	41.58	15.99	8.48	2.93	32.56	18.01	26.22	42.85	70.25	463.55
1990	101.90	56.61	49.22	33.27	9.48	41.77	1.32	18.61	39.52	94.47	89.99	83.12	619.28
1991	87.17	116.99	133.92	26.78	25.43	31.72	0.45	6.26	34.69	22.12	50.46	134.57	670.56
1992	125.07	70.83	33.65	14.91	0.99	14.24	2.00	71.94	14.86	81.41	35.14	148.45	613.50
1993	178.57	42.30	54.42	50.09	14.49	8.71	2.69	12.03	32.41	46.25	75.06	101.95	618.98
1994	125.33	69.12	97.72	65.12	17.91	1.43	0.07	2.08	12.44	42.43	55.92	127.28	616.86
1995	84.33	96.20	82.03	6.36	8.21	0.12	0.55	1.40	36.93	27.86	59.58	129.77	533.34
1996	164.55	62.79	63.18	26.44	4.59	0.50	8.50	7.42	23.69	20.75	68.89	141.64	592.93
1997	157.24	99.64	141.29	50.41	8.27	0.27	0.96	21.09	47.73	36.22	105.85	88.95	757.91
1998	102.84	90.10	138.27	36.73	0.38	11.37	0.75	2.88	4.43	47.39	75.15	23.79	534.09
1999	74.26	43.07	192.16	43.92	5.52	0.81	0.90	0.96	47.61	91.21	41.22	47.53	589.17
2000	136.08	100.47	69.44	19.02	11.05	17.98	4.61	20.44	23.66	93.68	19.79	127.52	643.74
2001	189.23	64.78	198.45	27.97	33.82	6.49	16.61	22.35	27.44	71.38	88.27	93.62	840.41
2002	83.15	173.48	133.48	52.35	22.32	1.12	34.64	14.16	53.99	100.27	84.40	105.05	858.41
2003	186.16	124.76	121.97	50.84	13.14	11.58	2.05	24.46	19.93	51.98	71.59	121.38	799.85
2004	155.74	62.69	40.02	44.92	17.33	17.74	9.54	22.13	44.98	28.95	69.28	38.48	551.78
2005	138.74	126.21	77.01	25.77	0.96	1.14	1.57	3.59	19.41	88.50	73.65	83.42	639.99
2006	174.08	42.45	74.82	43.79	3.60	0.80	0.71	7.57	25.37	43.55	52.66	88.06	557.45
2007	106.99	61.55	134.53	67.17	36.27	0.38	1.48	2.20	62.90	27.53	80.98	121.52	703.49
2008	158.29	48.40	77.09	15.50	3.89	6.32	0.15	3.35	14.51	74.96	28.62	172.09	603.19
2009	109.65	61.92	52.86	14.74	3.49	0.70	4.54	0.94	16.30	37.66	69.60	148.66	521.06
2010	152.99	136.17	71.87	13.89	17.82	1.81	2.57	2.60	2.55	36.04	6.13	191.64	636.07
2011	63.72	121.65	109.37	24.07	7.90	1.72	7.59	7.18	60.71	50.64	36.60	125.22	616.37
2012	121.92	146.52	102.80	70.38	1.58	3.23	6.40	4.04	30.46	51.87	40.11	200.13	779.44
2013	90.00	120.68	91.41	34.03	22.05	12.17	9.36	13.78	69.44	117.71	30.75	156.70	768.07
2014	104.48	73.94	55.02	29.58	20.12	2.79	13.89	33.79	84.26	42.90	30.20	137.69	628.66
2015	132.24	108.10	39.75	82.34	10.84	3.41	8.49	12.77	39.58	53.10	66.46	133.62	690.70
2016	91.83	196.82	6.28	48.16	9.85	2.44	11.92	12.82	68.75	55.82	46.34	104.88	655.91
MAXIMA	230.82	196.82	198.45	82.34	36.27	41.77	39.26	71.94	104.54	117.71	175.24	200.75	985.65
MINIMA	63.72	41.17	6.28	6.36	0.38	0.12	0.07	0.49	2.55	20.19	6.13	23.79	463.55
MEDIA	133.81	93.35	91.63	39.21	13.76	7.27	6.09	13.52	38.89	54.55	59.63	114.65	666.36
D.E.	41.80	40.84	43.20	18.47	9.76	9.48	8.80	14.10	27.05	25.94	31.11	42.86	115.06





**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: **Huancané**  
Cuenca: **Huancané**  
Fuente: **PISCO**

Región: **Puno**  
Provincia: **Huancané**  
Distrito: **Huancané**

Latitud Sur: **15°12'05.4"**  
Longitud Oeste: **69°45'12.8"**  
Altitud: **3890**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	243.45	152.46	115.00	59.02	7.09	0.34	0.00	20.63	34.48	77.46	50.94	98.81	859.68
1982	202.61	77.47	83.80	60.65	1.30	0.76	0.22	4.45	59.69	57.05	106.29	42.85	697.14
1983	109.02	51.42	26.04	54.96	10.01	1.13	0.00	1.62	37.30	29.42	32.61	79.78	433.31
1984	237.63	267.60	113.79	41.10	14.30	13.93	0.75	17.67	1.41	54.55	107.80	82.59	953.13
1985	183.92	144.39	102.48	138.12	18.00	20.86	0.00	2.83	62.59	34.49	177.89	139.91	1025.45
1986	195.57	239.84	112.22	86.41	6.94	0.01	3.06	16.40	69.19	17.39	86.81	115.66	949.50
1987	219.00	35.16	64.83	31.65	10.13	6.63	15.41	6.49	8.02	50.40	84.37	44.14	576.24
1988	155.81	101.54	169.25	114.15	29.90	0.16	0.00	0.05	6.75	48.55	8.94	91.75	726.82
1989	135.05	109.32	106.93	66.53	2.50	7.90	0.36	15.87	21.43	18.97	41.20	46.57	572.63
1990	140.77	76.85	39.14	32.01	9.66	53.94	0.00	15.75	20.42	65.01	95.78	109.74	659.07
1991	137.28	137.31	125.91	22.07	17.15	51.81	0.82	1.00	29.62	17.67	49.70	86.93	677.28
1992	162.53	94.57	38.88	10.92	0.13	7.39	6.78	60.53	7.56	61.47	44.40	89.23	584.38
1993	161.90	69.70	98.54	67.15	11.57	3.37	0.00	14.03	23.80	41.22	92.85	137.10	721.23
1994	134.74	141.24	92.28	58.82	13.42	1.77	0.00	0.31	8.80	28.58	53.06	121.80	654.80
1995	130.49	140.85	91.25	13.52	1.52	0.11	0.24	0.46	17.44	17.87	62.67	76.14	552.58
1996	142.58	83.63	69.80	20.11	2.99	0.04	4.51	4.80	15.71	15.03	69.71	99.85	528.77
1997	180.99	142.77	149.26	74.72	9.14	0.07	0.00	18.29	44.21	30.80	83.66	60.87	794.79
1998	124.13	103.32	84.27	50.13	0.04	6.61	0.00	0.88	3.33	47.38	74.24	16.14	510.47
1999	103.20	74.44	138.61	56.97	8.35	0.77	0.82	1.09	46.77	61.55	43.18	36.37	572.11
2000	104.01	83.67	90.98	8.50	9.83	8.46	0.30	16.03	10.04	91.83	12.42	94.88	530.94
2001	197.22	169.92	159.38	25.23	21.01	3.41	2.99	10.86	13.34	67.48	55.29	97.10	823.24
2002	98.28	215.86	114.85	74.29	17.56	4.16	16.56	9.88	39.81	117.31	77.47	94.55	880.58
2003	226.89	125.15	110.12	45.37	3.78	6.86	0.49	3.91	26.10	36.59	37.01	100.33	722.61
2004	216.59	171.72	58.07	42.89	6.77	8.87	4.48	29.71	23.93	20.28	51.38	80.39	715.09
2005	105.11	183.44	83.75	25.69	0.58	0.11	0.00	3.63	28.05	69.89	41.46	89.89	631.59
2006	218.24	44.81	62.74	37.02	1.09	2.09	0.00	2.32	27.88	46.73	55.29	102.29	600.50
2007	122.30	87.20	116.76	72.54	5.48	0.35	0.70	0.64	75.57	13.98	62.33	85.10	642.94
2008	154.06	86.90	65.95	4.72	7.54	0.29	0.00	0.12	5.91	47.33	32.54	113.98	519.35
2009	81.49	120.79	41.44	12.66	0.90	0.00	1.68	0.00	13.22	19.31	69.28	90.61	451.39
2010	159.06	158.53	43.38	25.21	19.16	0.22	0.00	0.53	1.24	41.23	1.11	120.30	569.96
2011	66.32	198.77	89.86	11.75	7.53	0.20	4.48	1.83	35.92	34.93	29.15	118.66	599.39
2012	134.45	160.40	107.15	47.01	0.49	0.35	0.07	3.09	8.85	29.45	34.67	123.88	649.85
2013	87.81	194.16	101.97	22.12	18.59	5.52	6.57	7.79	49.02	78.60	38.96	134.34	745.44
2014	131.26	150.03	55.06	32.21	8.60	0.69	3.18	13.39	66.54	42.29	13.41	106.22	622.88
2015	140.21	114.67	50.29	64.34	5.22	2.20	2.49	8.79	36.96	25.48	54.74	71.90	577.28
2016	97.10	261.42	14.03	62.98	0.56	0.69	6.82	3.37	49.59	47.59	67.90	95.11	707.16
MAXIMA	243.45	267.60	169.25	138.12	29.90	53.94	16.56	60.53	75.57	117.31	177.89	139.91	1025.45
MINIMA	66.32	35.16	14.03	4.72	0.04	0.00	0.00	0.00	1.24	13.98	1.11	16.14	433.31
MEDIA	151.14	132.54	88.56	46.49	8.58	6.17	2.33	8.86	28.62	44.59	58.35	91.55	667.78
D.E.	47.22	58.56	37.21	29.67	7.20	12.36	3.98	11.59	20.87	23.71	33.55	28.85	141.03





**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTÓRICA



Nombre: Huaraya Moho  
Cuenca: Intercuenca 0171  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: Moho  
Distrito: Moho

Latitud Sur: 15°23'17.8"  
Longitud Oeste: 69°29'03.4"  
Altitud: 3890

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	221.75	151.45	101.79	92.59	11.09	0.36	0.43	30.73	48.02	92.19	58.21	127.79	936.39
1982	216.71	42.19	106.34	85.45	3.68	0.10	2.52	8.34	99.21	57.99	107.98	50.95	781.47
1983	82.51	120.83	55.68	92.09	23.05	2.84	0.68	3.21	51.90	35.53	29.33	67.68	565.33
1984	265.22	285.88	138.19	39.61	25.58	16.01	3.83	34.69	2.65	45.98	125.87	105.61	1089.11
1985	132.55	107.30	180.01	176.06	36.32	30.68	0.84	1.65	84.16	37.51	243.13	236.25	1266.46
1986	175.61	185.10	118.03	117.55	20.14	0.00	15.71	28.45	80.32	18.78	77.03	179.45	1016.18
1987	178.52	44.00	103.52	44.83	14.53	4.46	42.34	9.36	12.02	49.20	89.10	69.50	661.37
1988	130.54	139.69	219.60	122.30	43.90	0.00	0.48	0.25	5.05	51.79	21.06	109.70	844.36
1989	86.59	101.92	85.72	112.88	16.84	8.51	3.99	35.13	14.02	20.12	59.37	58.76	603.85
1990	148.98	58.03	52.40	73.59	10.46	44.50	0.46	25.03	22.62	97.06	123.23	114.10	770.46
1991	91.15	166.00	160.81	54.12	29.21	41.10	0.44	5.85	31.87	22.99	54.55	128.74	786.82
1992	107.80	100.93	43.42	30.67	0.30	13.18	2.09	94.93	5.09	82.53	46.35	133.95	661.24
1993	177.32	52.74	76.85	103.28	16.41	8.44	1.52	18.77	30.07	51.85	117.98	138.24	793.46
1994	130.37	117.30	128.00	131.94	20.02	2.48	0.07	2.10	5.68	33.48	75.82	169.16	816.41
1995	118.09	137.51	100.52	10.98	10.63	0.00	0.42	2.31	39.25	24.91	80.39	151.93	676.92
1996	206.83	93.75	67.61	46.70	5.90	0.00	9.28	8.70	24.10	17.94	90.43	165.65	736.89
1997	170.15	147.38	176.93	95.47	10.66	0.00	0.51	25.13	53.38	23.86	105.80	104.61	913.89
1998	110.01	93.49	155.01	52.09	0.13	10.28	0.25	2.63	3.99	42.69	95.80	19.94	586.31
1999	81.17	70.40	257.69	94.29	6.87	0.73	1.34	1.46	50.98	89.17	52.24	51.87	758.21
2000	139.10	94.60	118.23	19.77	11.74	7.54	0.46	30.67	8.43	107.55	14.72	139.52	692.32
2001	276.23	173.22	229.97	52.83	28.95	4.32	19.64	23.44	15.35	70.83	54.22	138.01	1087.02
2002	87.12	245.27	189.19	78.07	20.87	3.75	38.08	13.61	50.04	111.11	133.21	133.75	1104.08
2003	202.57	158.04	130.38	61.54	21.22	5.80	3.29	12.65	37.89	35.27	17.08	170.42	856.16
2004	161.79	113.72	57.27	41.81	6.80	12.80	13.87	31.53	20.93	16.64	73.50	57.28	607.95
2005	135.60	190.63	41.19	58.98	0.89	0.07	0.30	6.00	28.07	92.32	98.67	133.68	786.40
2006	197.94	81.97	83.82	32.79	3.58	0.36	0.92	5.04	43.34	25.82	70.66	155.12	701.35
2007	102.43	86.48	178.01	135.11	8.23	0.14	3.86	1.61	73.75	22.76	102.11	112.68	827.17
2008	161.98	123.56	116.60	14.67	19.37	0.00	0.15	0.62	4.07	74.19	20.95	181.14	717.29
2009	78.35	104.24	57.25	26.67	2.54	0.00	7.99	0.47	13.62	26.81	121.25	168.54	607.72
2010	152.12	178.41	82.84	40.60	28.58	0.75	0.75	3.71	1.43	44.52	0.95	255.00	789.66
2011	56.44	161.55	119.77	18.68	11.01	0.19	8.49	2.64	45.11	50.52	49.32	199.05	722.78
2012	125.93	251.88	149.05	137.24	0.89	1.27	1.28	4.78	15.96	58.36	52.68	243.40	1042.73
2013	89.88	190.10	141.08	38.90	26.28	5.17	11.31	13.10	44.07	108.98	42.71	200.70	912.30
2014	102.51	100.70	66.99	59.85	20.54	0.24	14.32	36.81	70.54	44.62	17.53	183.25	717.89
2015	152.75	148.16	67.32	175.99	11.42	1.23	8.83	10.97	34.85	53.81	88.13	103.45	856.90
2016	81.06	272.84	8.80	108.67	7.41	0.08	11.35	5.45	43.96	54.70	64.28	143.24	801.83
MAXIMA	276.23	285.88	257.69	176.06	43.90	44.50	42.34	94.93	99.21	111.11	243.13	255.00	1266.46
MINIMA	56.44	42.19	8.80	10.98	0.13	0.00	0.07	0.25	1.43	16.64	0.95	19.94	565.33
MEDIA	142.66	135.87	115.72	74.41	14.89	6.32	6.45	15.05	33.77	52.62	74.32	136.17	808.25
D.E.	53.97	61.55	57.63	44.33	10.74	10.96	9.87	18.18	25.70	28.66	45.89	55.76	164.56



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: **Muñani**  
Cuenca: **Huancané**  
Fuente: **PISCO**

Región: **Puno**  
Provincia: **Azángaro**  
Distrito: **Muñani**

Latitud Sur: **14°46'01.0"**  
Longitud Oeste: **69°57'06.5"**  
Altitud: **3948**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	101.58	81.29	61.39	23.76	5.07	1.49	0.16	12.66	32.61	57.03	47.21	107.26	531.50
1982	69.50	89.61	57.24	26.11	1.78	0.36	0.66	7.30	37.67	42.74	77.18	61.27	471.41
1983	55.44	69.83	44.01	28.09	7.42	1.42	0.71	1.29	12.75	16.00	26.97	82.49	346.42
1984	92.23	92.04	77.34	14.22	11.98	3.57	1.78	10.54	2.63	77.89	115.09	112.50	611.81
1985	99.90	102.80	62.56	42.25	17.06	6.65	0.44	3.10	33.66	26.94	111.70	116.77	623.84
1986	67.78	101.37	92.63	44.73	9.06	0.32	0.90	9.24	32.80	8.59	32.86	109.88	510.16
1987	74.92	70.57	53.10	16.31	4.91	2.66	8.51	3.40	5.74	31.85	73.50	71.17	416.64
1988	81.55	56.55	109.17	31.59	18.29	0.24	0.11	0.73	8.15	27.08	8.97	107.66	450.07
1989	94.23	80.13	75.66	26.45	3.38	5.30	0.23	11.63	23.18	23.82	32.47	65.28	441.75
1990	81.13	52.00	42.81	15.14	6.18	26.55	0.39	4.20	20.69	66.21	55.32	64.85	435.49
1991	77.00	76.83	92.20	19.63	9.23	16.04	1.85	1.51	14.06	20.75	34.91	70.28	434.31
1992	80.10	64.56	44.87	9.84	1.17	3.00	1.15	42.13	15.30	32.83	52.76	87.77	435.49
1993	88.15	59.13	57.52	37.92	11.43	1.58	1.54	10.82	16.54	45.61	72.86	112.41	515.53
1994	73.95	101.21	78.10	31.93	9.62	1.30	0.05	1.86	14.58	32.45	47.05	81.08	473.18
1995	48.71	92.43	85.98	6.07	3.58	0.33	0.86	0.44	5.62	16.53	56.21	90.39	407.15
1996	72.78	52.18	81.94	13.04	17.08	0.24	1.11	5.12	13.53	22.72	63.86	75.36	418.97
1997	73.87	81.21	118.67	22.63	6.71	0.37	0.37	15.05	20.58	33.38	86.44	57.81	517.09
1998	67.69	77.52	55.65	16.43	0.99	6.11	0.15	1.83	3.11	52.56	67.48	25.38	374.88
1999	66.64	57.12	105.94	20.89	8.84	1.24	0.40	0.48	27.47	35.98	29.30	56.41	410.69
2000	71.30	96.08	60.28	6.63	5.57	7.07	0.82	8.04	6.56	62.58	16.41	80.35	421.69
2001	110.52	83.52	131.37	16.83	25.52	1.27	3.07	6.77	13.00	46.84	43.79	88.55	571.04
2002	48.93	95.86	93.87	26.52	12.41	1.46	11.90	9.58	23.62	103.16	59.05	110.15	596.50
2003	87.59	92.20	93.19	21.42	6.39	5.41	0.65	9.19	12.26	33.52	24.21	88.91	474.95
2004	133.21	102.12	51.89	18.54	9.01	1.27	3.16	16.00	25.78	15.52	47.24	75.17	498.89
2005	30.29	123.52	39.73	11.71	2.22	0.34	0.46	4.60	11.75	49.34	44.66	87.74	406.37
2006	100.52	32.26	36.56	19.64	1.42	3.90	0.13	3.94	19.09	45.91	56.18	80.27	399.81
2007	66.70	51.98	111.72	27.75	21.18	0.86	0.70	0.80	33.19	20.39	50.74	63.07	449.07
2008	67.78	68.38	45.17	3.61	7.28	0.42	0.11	1.15	11.40	43.94	44.00	132.68	425.90
2009	75.76	68.63	46.82	8.97	7.28	0.33	1.31	0.89	13.43	24.29	74.64	90.90	413.25
2010	88.53	86.48	68.17	14.43	11.63	0.65	0.73	2.32	0.81	29.01	18.27	86.15	407.19
2011	48.44	121.05	46.94	17.26	2.98	0.70	3.38	5.54	43.18	46.66	28.20	91.57	455.92
2012	60.67	97.90	59.93	19.35	7.18	0.57	0.44	2.07	9.80	19.25	31.25	122.47	430.87
2013	49.16	133.53	71.80	11.93	22.75	2.86	1.61	6.08	24.26	63.05	30.74	107.44	525.20
2014	75.20	92.44	72.15	16.03	6.13	0.72	1.28	9.56	42.10	30.60	27.12	92.21	465.55
2015	107.05	78.49	55.70	27.53	11.12	2.55	2.11	8.56	28.10	27.04	43.94	95.69	487.89
2016	41.84	134.71	26.48	24.31	2.23	0.91	8.41	9.16	29.36	33.75	33.54	80.32	425.01
MAXIMA	133.21	134.71	131.37	44.73	25.52	26.55	11.90	42.13	43.18	103.16	115.09	132.68	623.84
MINIMA	30.29	32.26	26.48	3.61	0.99	0.24	0.05	0.44	0.81	8.59	8.97	25.38	346.42
MEDIA	75.85	83.82	69.68	20.54	8.78	3.06	1.71	6.88	19.12	37.94	49.06	86.93	463.37
D.E.	21.18	23.46	25.47	9.62	6.26	5.05	2.61	7.46	11.41	19.60	24.42	21.89	65.26



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: Putina  
Cuenca: Huancañé  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: San Antonio de Putina  
Distrito: Putina

Latitud Sur: 14°54'52.6"  
Longitud Oeste: 69°52'03.9"  
Altitud: 3978

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	267.94	99.65	113.21	105.97	4.51	3.45	0.26	22.44	32.11	80.46	47.29	106.91	884.19
1982	207.42	84.27	101.17	85.71	1.17	0.26	1.39	11.41	59.46	55.04	107.45	59.46	774.21
1983	116.30	81.91	47.37	71.66	7.19	2.32	2.13	1.91	19.66	23.48	33.14	84.66	491.74
1984	270.55	160.55	116.17	43.79	10.56	7.79	3.20	14.87	1.92	76.77	112.09	108.30	926.56
1985	202.82	118.94	101.72	193.73	20.22	5.45	0.81	4.75	52.83	38.20	134.27	132.22	1005.95
1986	129.04	135.62	142.11	148.71	8.31	0.34	2.72	15.35	54.46	15.40	89.08	122.87	864.02
1987	174.36	63.41	64.65	44.19	5.81	3.10	25.14	7.84	6.06	44.24	88.37	53.42	580.58
1988	156.12	71.91	195.74	111.28	20.97	0.49	0.18	0.91	8.75	38.92	8.48	124.31	738.07
1989	178.34	94.20	130.20	111.29	0.80	9.32	0.48	11.70	24.50	25.05	37.56	54.23	677.69
1990	176.59	72.02	71.55	42.87	6.60	56.96	0.65	5.42	24.38	87.53	74.09	104.42	723.08
1991	163.21	108.19	143.89	62.60	5.87	45.56	6.01	1.37	16.77	20.80	39.43	84.90	698.61
1992	161.73	63.05	55.11	25.42	0.40	5.60	3.97	67.76	15.54	46.19	61.08	92.89	598.74
1993	177.44	68.00	85.42	119.45	11.15	1.99	2.10	13.20	21.45	56.56	85.47	122.28	764.53
1994	159.86	117.09	111.05	93.82	15.15	5.01	0.04	0.74	14.98	36.97	47.84	102.83	705.38
1995	107.95	148.70	129.82	13.91	0.56	0.09	2.44	0.55	5.49	19.09	64.19	82.70	575.47
1996	137.38	66.57	111.07	38.02	25.89	0.37	1.33	7.54	19.41	22.66	104.38	82.71	617.31
1997	210.79	100.40	190.69	89.49	4.67	0.25	0.58	20.23	29.04	36.60	99.52	62.77	845.04
1998	126.40	95.66	93.36	40.40	0.17	11.91	0.27	1.69	0.91	60.79	80.08	24.28	535.89
1999	120.34	64.68	163.10	61.81	13.91	0.53	0.88	0.22	43.87	54.02	36.43	47.80	607.59
2000	161.89	103.87	96.64	17.70	3.21	20.94	0.37	14.99	8.85	90.11	14.76	98.52	631.85
2001	222.70	108.64	193.54	48.39	30.03	3.28	5.70	10.81	13.54	64.12	47.61	86.11	834.47
2002	124.84	135.45	131.91	69.13	14.20	1.44	19.35	13.42	28.31	126.73	55.77	97.13	817.68
2003	197.17	120.96	146.94	70.49	1.63	13.09	1.25	12.90	18.63	44.24	22.30	94.27	743.86
2004	244.24	126.55	80.42	57.42	6.48	0.83	4.67	19.18	24.09	18.67	61.81	67.58	711.95
2005	70.66	157.26	49.89	37.47	2.56	0.74	0.71	5.45	16.10	54.77	52.31	77.49	525.39
2006	210.24	35.61	54.08	66.78	1.58	8.98	0.24	4.24	20.91	50.17	60.02	81.68	594.54
2007	127.03	62.99	164.03	88.46	19.33	1.76	1.03	1.02	47.46	22.85	56.81	60.46	653.22
2008	133.62	79.05	68.67	7.89	6.13	0.84	0.09	0.53	12.14	57.51	52.08	123.89	542.42
2009	117.07	87.58	68.13	19.09	6.26	0.55	2.59	0.71	14.36	28.18	79.75	87.20	511.47
2010	192.45	116.50	97.27	34.26	12.59	0.60	1.13	2.23	0.64	42.04	19.42	100.97	620.10
2011	78.80	159.32	62.89	39.79	1.94	0.93	5.29	6.93	51.98	56.52	27.28	110.87	602.54
2012	130.78	115.93	95.77	54.11	10.63	0.76	0.56	3.38	8.75	23.16	31.80	125.19	600.82
2013	94.93	174.85	107.78	27.94	37.84	6.51	5.22	12.06	39.53	83.12	35.39	123.05	748.21
2014	173.70	120.87	95.41	57.13	7.63	1.51	3.76	14.11	60.03	43.49	20.40	96.85	694.88
2015	195.01	104.85	65.38	86.45	10.79	4.06	3.54	14.77	41.59	39.15	45.65	84.75	695.98
2016	84.69	182.12	28.78	69.99	1.37	1.81	12.66	10.62	55.00	45.06	50.17	85.98	628.25
MAXIMA	270.55	182.12	195.74	193.73	37.84	56.96	25.14	67.76	60.03	126.73	134.27	132.22	1005.95
MINIMA	70.66	35.61	28.78	7.89	0.17	0.09	0.04	0.22	0.64	15.40	8.48	24.28	491.74
MEDIA	161.23	105.76	104.86	65.46	9.39	6.37	3.41	9.92	25.38	48.02	57.88	90.44	688.12
D.E.	50.15	35.40	42.98	39.36	8.91	12.00	5.31	11.81	17.90	24.47	30.28	25.37	123.71



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTÓRICA



Nombre: A1  
Cuenca: Huancaané  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: Azangaro  
Distrito: Muñani

Latitud Sur: 14° 34' 55"  
Longitud Oeste: 70° 04' 12"  
Altitud: 4546

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	127.27	104.87	78.50	29.93	6.34	2.25	1.07	13.61	25.88	66.07	63.56	143.38	662.72
1982	87.76	108.63	81.58	35.35	2.74	1.10	2.11	9.41	28.35	43.12	80.31	73.10	553.56
1983	73.19	80.70	73.26	34.16	10.56	2.83	1.65	1.90	7.09	14.72	38.40	88.87	427.32
1984	78.96	72.13	104.09	22.94	20.11	7.96	6.61	15.97	4.42	101.66	144.64	135.32	714.81
1985	118.28	103.14	100.41	53.28	20.87	11.67	2.02	4.28	32.02	29.29	98.76	129.05	703.08
1986	91.03	124.28	130.41	69.86	10.30	0.73	1.36	11.81	31.30	8.32	20.02	109.66	609.09
1987	93.16	93.94	80.01	26.91	5.43	3.77	10.71	2.87	6.69	30.16	71.83	91.35	516.82
1988	106.05	82.91	131.36	37.31	24.24	0.66	0.72	1.14	9.48	24.26	14.59	106.33	539.05
1989	115.56	120.68	99.87	35.53	7.10	8.60	1.39	18.72	22.57	30.81	40.00	87.59	588.39
1990	81.35	71.42	62.69	22.96	7.81	34.23	1.48	7.62	20.86	56.40	65.89	38.22	470.93
1991	87.09	90.76	108.00	33.95	13.68	12.80	2.09	2.27	12.97	22.96	39.72	70.63	496.91
1992	107.85	88.71	63.40	15.95	2.21	5.35	2.85	43.28	14.94	35.50	64.35	98.75	543.13
1993	86.92	89.26	84.88	64.92	13.98	3.78	4.41	17.66	16.12	46.78	78.25	122.35	629.30
1994	95.35	117.04	97.13	43.62	12.39	1.85	1.02	3.95	15.12	40.63	53.43	108.39	589.92
1995	55.09	97.26	104.82	16.38	7.11	1.50	2.38	1.17	9.89	19.45	53.03	104.29	472.39
1996	79.24	73.38	112.37	23.37	18.12	0.69	2.36	9.42	11.24	31.32	60.06	97.37	518.96
1997	89.32	120.24	155.99	24.11	11.01	1.44	0.81	20.91	18.73	37.17	87.56	67.83	635.12
1998	78.87	97.19	62.36	24.84	2.01	7.39	0.42	3.72	3.60	58.68	75.86	39.49	454.44
1999	70.27	90.15	128.13	38.60	8.08	2.87	1.93	1.31	23.44	37.18	35.96	84.13	522.05
2000	78.78	124.09	100.46	13.36	7.82	7.56	3.55	7.20	7.19	66.70	21.92	95.83	534.47
2001	125.01	105.36	149.05	27.29	27.84	1.75	6.39	8.10	15.28	56.69	56.30	88.68	667.73
2002	49.49	119.72	102.81	44.67	12.58	4.11	21.09	12.72	24.14	93.45	78.27	135.70	698.76
2003	115.18	110.34	133.42	36.90	10.85	7.45	1.58	14.05	12.26	38.24	26.52	102.76	609.55
2004	170.64	140.63	65.74	31.09	11.86	2.93	7.58	22.80	27.92	21.40	52.34	101.08	656.00
2005	39.52	146.83	63.83	17.62	3.48	0.77	1.55	6.55	8.61	62.91	56.81	102.40	510.87
2006	128.15	52.07	55.15	36.26	1.99	7.61	1.27	7.74	19.09	58.78	66.21	98.24	532.57
2007	92.88	79.37	135.02	49.05	27.89	1.53	2.91	1.86	24.03	28.18	58.21	77.54	578.46
2008	94.72	86.94	67.08	8.97	10.01	1.71	0.88	2.88	10.38	49.45	49.33	161.32	543.67
2009	112.45	88.99	59.06	19.23	10.56	1.04	3.99	2.41	14.74	29.20	95.92	108.31	545.90
2010	116.00	116.85	88.91	25.60	14.58	1.41	2.25	4.94	1.58	34.80	20.23	113.82	540.96
2011	71.88	156.36	71.32	36.88	6.56	2.10	7.48	8.29	36.34	51.50	33.41	104.82	586.94
2012	85.94	132.53	78.98	33.85	7.49	2.03	1.52	2.87	13.75	21.24	43.60	154.53	578.31
2013	88.39	161.81	89.66	23.71	23.31	5.86	3.24	10.40	20.78	78.57	34.71	123.80	664.24
2014	101.49	123.65	110.59	28.01	8.06	1.66	2.41	14.79	42.93	39.34	32.81	118.55	624.28
2015	151.66	100.54	87.31	51.80	17.01	5.05	4.76	12.43	23.89	26.20	50.31	109.44	640.41
2016	60.08	162.72	48.47	46.92	3.67	2.25	16.12	16.19	23.73	39.04	37.47	92.66	549.32
MAXIMA	170.64	162.72	155.99	69.86	27.89	34.23	21.09	43.28	42.93	101.66	144.64	161.32	714.81
MINIMA	39.52	52.07	48.47	8.97	1.99	0.66	0.42	1.14	1.58	8.32	14.59	38.22	427.32
MEDIA	94.58	106.54	93.50	32.92	11.38	4.67	3.78	9.65	17.82	42.50	55.57	102.38	575.29
D.E.	27.03	26.47	27.93	13.73	7.10	5.98	4.35	8.40	9.68	21.08	26.46	26.84	72.78



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A2  
Cuenca: Huancañé  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: Azangaro  
Distrito: Muñani

Latitud Sur: 14° 37' 41"  
Longitud Oeste: 69° 52' 52"  
Altitud: 4465

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	182.21	107.50	88.84	46.78	5.90	2.13	1.21	15.58	40.30	58.22	43.40	147.62	739.68
1982	124.88	135.28	92.83	57.18	2.37	0.99	3.15	12.35	42.81	39.78	62.87	77.33	651.82
1983	105.55	95.14	66.58	40.96	10.02	2.82	2.21	2.30	13.45	16.06	30.91	95.67	481.66
1984	131.15	103.46	115.13	43.20	13.74	7.55	7.14	18.19	6.51	80.86	90.41	125.19	742.53
1985	149.88	116.81	101.12	80.36	20.67	8.83	2.97	5.68	41.15	32.31	80.85	132.16	772.77
1986	107.05	111.99	122.52	96.73	8.76	0.92	2.52	14.48	41.52	11.11	19.23	103.88	640.72
1987	111.00	105.36	81.81	40.35	5.68	4.68	10.66	3.56	9.72	27.35	62.15	84.00	546.32
1988	121.30	84.70	127.90	52.20	16.98	0.79	0.99	1.37	12.81	22.66	11.13	121.45	574.29
1989	131.98	123.34	120.85	48.61	5.17	8.55	1.98	17.57	24.48	28.79	34.12	84.95	630.40
1990	107.71	82.43	75.33	35.18	8.04	29.55	2.35	8.29	29.40	50.21	46.92	69.23	544.64
1991	122.09	93.24	128.27	53.85	8.05	16.62	3.52	3.08	21.06	20.22	36.28	85.50	591.79
1992	112.20	97.84	76.40	23.57	2.44	5.57	5.12	44.74	23.34	35.26	48.85	110.76	586.09
1993	107.49	95.27	82.93	83.83	10.56	2.60	5.49	16.25	22.74	37.33	64.28	137.08	665.85
1994	118.06	124.77	101.66	72.78	12.66	2.03	1.11	3.69	20.45	39.94	40.71	107.24	645.10
1995	70.92	119.70	115.17	23.79	6.04	1.75	3.71	1.31	11.70	19.48	43.02	114.46	531.05
1996	110.05	85.10	106.33	38.86	14.60	0.79	3.00	11.46	17.98	24.25	53.06	86.59	552.05
1997	106.89	109.08	136.89	41.60	8.77	1.71	1.16	22.25	22.00	31.68	71.76	70.18	623.97
1998	89.58	114.05	75.26	36.59	2.43	8.15	0.75	3.60	5.93	57.68	60.03	42.25	496.30
1999	95.60	87.50	124.80	59.64	8.05	3.26	2.29	1.52	29.78	29.75	24.96	81.45	548.61
2000	108.87	143.14	105.16	20.57	6.46	9.69	3.97	8.42	9.99	58.23	19.10	99.83	593.42
2001	162.50	94.98	134.40	42.62	22.42	2.31	8.89	10.80	18.54	52.33	47.92	96.99	694.70
2002	63.75	123.97	106.80	58.01	10.37	3.29	25.21	13.67	30.65	78.66	62.99	129.34	706.71
2003	134.05	114.15	138.36	54.64	7.43	8.28	2.10	17.16	15.30	39.56	24.34	108.08	663.45
2004	181.49	152.74	79.44	48.04	9.21	4.17	7.77	19.89	30.92	22.91	40.99	100.67	698.23
2005	61.50	163.26	63.01	27.43	2.93	0.98	1.66	7.82	11.93	52.46	44.51	125.85	563.34
2006	164.68	64.97	49.65	62.18	1.87	8.08	1.37	9.43	24.45	55.07	51.27	111.51	604.54
2007	115.85	95.26	134.47	73.87	23.40	1.51	4.43	2.00	28.82	27.01	44.74	87.39	638.77
2008	128.11	96.77	72.54	15.71	9.03	2.11	1.42	3.89	14.92	47.76	43.48	167.42	603.16
2009	134.59	92.01	63.73	31.47	8.69	1.18	4.08	2.62	18.77	26.40	74.36	114.96	572.87
2010	151.85	115.30	97.35	36.87	11.26	1.31	3.68	4.40	2.42	36.26	18.51	112.72	591.95
2011	88.50	157.17	74.73	49.47	3.69	2.51	7.76	9.01	49.65	49.39	23.97	117.17	633.00
2012	98.67	126.90	76.19	64.14	6.47	2.63	2.46	3.59	17.70	22.17	37.30	159.14	617.35
2013	93.32	157.30	91.50	33.83	20.02	5.32	4.35	11.41	30.67	73.47	37.50	130.02	688.71
2014	141.25	138.03	132.85	41.77	7.85	1.88	3.71	14.24	53.81	32.19	30.93	113.12	711.63
2015	164.28	120.00	90.65	73.56	13.50	4.70	5.54	13.73	26.49	25.54	47.53	110.96	696.47
2016	79.14	152.94	66.47	51.60	3.44	1.77	16.38	15.92	31.84	38.99	41.07	100.26	599.80
MAXIMA	182.21	163.26	138.36	96.73	23.40	29.55	25.21	44.74	53.81	80.86	90.41	167.42	772.77
MINIMA	61.50	64.97	49.65	15.71	1.87	0.79	0.75	1.31	2.42	11.11	11.13	42.25	481.66
MEDIA	118.83	113.93	97.72	48.94	9.42	4.75	4.61	10.42	23.72	38.93	44.87	107.29	623.43
DESV. EST	30.28	24.23	25.29	18.61	5.71	5.48	4.75	8.48	12.43	17.38	18.37	25.63	70.14



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTÓRICA



Nombre: A3  
Cuenca: Huancañé  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: San Antonio de Putina  
Distrito: Putina

Latitud Sur: 14° 43' 37"  
Longitud Oeste: 69° 48' 47"  
Altitud: 4512

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	206.73	123.04	76.83	27.86	10.17	2.68	0.84	17.70	48.01	62.41	56.36	156.94	789.57
1982	137.71	138.84	72.38	37.32	4.28	1.04	2.41	11.41	56.41	42.51	84.31	81.47	670.11
1983	117.21	115.42	52.53	32.59	14.89	3.34	1.86	2.31	17.28	18.48	41.32	106.64	523.86
1984	160.53	139.06	99.07	24.06	23.73	9.00	5.23	15.98	5.94	74.39	119.77	141.75	818.51
1985	158.50	123.89	82.56	50.44	37.26	10.09	1.95	5.00	48.74	33.91	115.68	153.12	821.14
1986	112.23	135.91	94.60	56.15	17.28	0.86	2.51	14.35	47.18	11.48	37.82	125.32	655.69
1987	128.65	107.27	60.89	23.23	10.00	5.49	10.57	4.46	10.26	30.86	82.94	90.73	565.35
1988	134.47	91.69	108.78	38.81	32.98	0.91	0.58	1.28	13.48	26.35	12.98	144.47	606.78
1989	145.75	126.61	99.28	32.80	7.26	11.40	1.17	15.55	26.75	29.42	41.71	94.09	631.78
1990	121.53	96.57	60.94	18.25	14.39	40.22	1.64	7.34	33.39	55.66	68.67	98.15	616.74
1991	138.65	117.84	106.65	29.40	16.53	24.06	3.49	2.58	25.53	19.22	43.90	105.75	633.60
1992	135.03	104.60	55.62	15.01	3.71	6.36	3.80	49.81	26.45	36.95	61.69	119.37	618.41
1993	120.04	100.35	68.85	52.31	18.49	2.54	3.94	14.16	26.74	44.43	83.58	151.69	687.13
1994	130.25	136.25	88.26	41.98	23.39	2.82	0.57	2.79	21.78	38.29	53.14	118.06	657.59
1995	92.73	153.35	89.26	12.18	9.85	1.43	2.83	1.05	11.77	18.50	59.78	125.93	578.69
1996	122.97	93.43	88.00	22.28	29.64	0.89	2.46	9.09	21.47	22.57	67.63	99.02	579.44
1997	137.16	112.01	114.05	28.83	12.60	1.56	0.98	20.46	26.11	31.02	91.58	75.82	652.18
1998	104.16	128.37	74.67	24.84	2.38	10.66	0.64	2.93	5.20	57.24	82.14	42.37	535.59
1999	105.09	83.17	112.42	33.10	14.79	3.50	1.70	1.10	36.49	36.26	36.77	87.81	552.19
2000	127.83	158.73	85.90	10.75	11.30	14.48	2.55	10.25	11.90	64.32	22.81	117.09	637.91
2001	183.71	102.85	135.81	28.15	45.26	3.27	7.98	11.56	20.30	52.49	58.16	108.47	758.01
2002	77.91	141.23	100.94	39.49	19.30	3.24	23.23	13.56	35.28	85.37	79.04	142.63	761.22
2003	146.74	132.04	105.91	31.09	11.08	11.36	1.79	16.14	17.26	41.20	31.94	122.21	668.75
2004	198.05	165.33	62.10	29.23	16.87	4.57	6.49	17.77	33.92	22.71	57.75	104.71	719.50
2005	67.90	192.01	45.09	15.30	4.37	1.14	1.07	7.38	14.58	52.44	56.21	140.12	597.62
2006	181.59	59.40	43.78	35.86	3.21	10.02	0.82	7.97	29.10	52.01	67.85	124.61	616.23
2007	117.83	105.88	117.49	39.46	40.28	1.67	2.86	1.55	35.53	24.85	61.00	97.89	646.28
2008	139.20	99.64	59.79	7.63	15.06	2.41	0.88	3.04	17.25	48.66	55.93	183.88	633.37
2009	138.29	96.80	52.41	15.33	14.63	1.27	2.93	1.94	19.99	25.53	94.02	129.96	593.10
2010	170.77	127.68	84.96	19.66	20.04	1.51	2.68	3.01	1.92	37.64	24.45	128.56	622.88
2011	89.54	173.27	54.81	27.22	5.37	2.52	6.03	7.93	60.40	52.53	28.65	130.53	638.81
2012	104.75	136.82	68.93	35.68	11.46	2.75	1.92	3.62	17.76	21.86	45.16	181.26	631.98
2013	92.64	178.79	86.79	19.90	34.39	7.37	5.07	13.38	38.35	76.44	39.21	139.29	731.62
2014	161.08	158.25	105.94	25.84	13.14	2.54	4.50	16.89	60.68	34.50	30.97	121.78	736.11
2015	182.55	132.33	74.43	39.15	21.39	5.66	5.48	16.19	32.71	30.15	53.12	122.03	715.19
2016	79.57	169.98	45.22	31.56	5.41	2.28	16.88	16.40	42.16	46.03	46.91	105.82	608.22
MAXIMA	206.73	192.01	135.81	56.15	45.26	40.22	23.23	49.81	60.68	85.37	119.77	183.88	821.14
MINIMA	67.90	59.40	43.78	7.63	2.38	0.86	0.57	1.05	1.92	11.48	12.98	42.37	523.86
MEDIA	132.48	126.63	81.55	29.24	16.56	6.03	3.95	10.22	27.72	40.52	58.19	119.98	653.07
DES. EST	33.89	29.47	23.64	11.47	10.90	7.65	4.61	9.12	15.38	17.84	24.99	28.50	75.04



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A4

Cuenca: Huanacán

Fuente: PISCO

Región: Puno

Provincia: San Antonio de Putina

Distrito: Quilcapuncu

Latitud Sur: 14° 44' 38"

Longitud Oeste: 69° 41' 06"

Altitud: 4603

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	185.10	101.98	108.88	37.70	16.27	1.80	1.13	18.67	66.40	66.62	52.14	190.79	710.12
1982	132.25	82.27	100.30	61.52	8.46	0.76	3.45	12.80	76.78	43.27	76.31	93.95	554.69
1983	121.07	86.16	64.18	43.04	23.79	2.93	1.87	3.02	28.38	23.04	42.31	130.08	492.12
1984	141.90	121.20	132.48	45.36	33.01	8.77	5.86	17.36	11.15	61.59	94.39	152.13	696.92
1985	120.16	92.74	116.89	57.53	50.01	8.39	2.71	5.97	65.52	39.09	93.26	170.42	592.06
1986	103.05	99.94	102.26	80.99	24.80	1.05	3.30	15.71	65.92	14.63	30.51	140.65	514.62
1987	109.14	76.84	72.22	39.09	16.05	5.70	6.17	4.27	16.02	28.15	74.80	117.62	455.03
1988	121.26	74.16	122.40	51.11	42.85	0.82	0.54	1.25	19.91	25.82	15.30	154.27	475.95
1989	119.78	103.02	119.16	40.18	12.69	10.26	1.37	15.77	29.84	31.92	45.53	113.86	497.62
1990	96.02	60.56	78.08	27.97	22.14	25.62	2.43	9.84	46.66	52.40	58.57	105.00	458.87
1991	98.49	85.86	121.27	43.99	22.39	19.40	3.12	3.84	41.19	18.91	51.87	142.49	505.74
1992	99.64	73.63	68.46	21.79	7.37	7.39	4.34	46.91	34.33	38.81	55.35	164.50	522.24
1993	107.78	71.77	81.31	64.42	23.85	2.33	4.76	13.99	35.48	34.61	72.54	153.41	505.17
1994	114.19	98.67	91.34	61.09	34.35	1.18	0.36	2.96	27.34	39.10	51.98	123.50	501.56
1995	85.91	103.49	97.46	24.04	19.82	1.29	3.30	1.11	20.46	18.02	56.67	148.36	468.88
1996	108.44	76.62	87.16	37.80	37.72	0.75	3.17	10.52	26.55	22.13	62.05	106.86	478.20
1997	113.92	88.30	123.98	37.39	17.70	1.47	1.35	21.43	33.87	29.95	78.49	89.13	503.61
1998	100.27	109.68	83.16	38.77	4.53	8.48	1.00	3.20	9.74	58.68	69.38	61.70	491.06
1999	95.49	78.17	135.46	53.37	22.45	3.62	1.40	1.21	37.63	31.60	34.91	110.85	457.01
2000	114.96	115.87	109.84	17.56	17.85	11.50	3.63	11.16	18.77	62.18	25.39	131.19	493.78
2001	167.50	65.19	128.36	39.17	63.20	2.67	10.57	14.99	28.06	54.91	55.95	122.92	577.71
2002	71.04	123.99	117.58	54.03	23.69	1.83	26.78	14.95	46.96	72.05	83.56	154.09	651.49
2003	118.20	91.59	138.38	53.65	12.81	9.16	2.16	18.86	22.23	44.43	33.29	137.23	536.17
2004	142.33	112.99	77.78	43.57	22.48	8.44	7.84	16.31	43.77	28.47	48.49	117.08	537.27
2005	78.28	139.30	58.45	24.13	4.30	1.12	0.93	8.55	15.87	54.09	55.40	183.55	537.68
2006	168.60	61.16	56.42	60.69	5.06	7.14	0.98	10.48	38.13	52.63	62.65	153.65	576.73
2007	109.25	89.07	122.60	62.11	40.67	1.01	4.08	1.54	34.74	27.71	55.72	129.52	531.68
2008	142.96	69.54	68.49	15.88	24.93	2.39	1.20	4.30	20.48	49.63	52.52	222.49	555.82
2009	134.91	78.72	64.34	33.42	21.30	1.02	2.67	1.95	23.60	26.52	91.60	160.64	542.99
2010	140.10	100.31	91.24	29.63	26.64	1.04	3.97	2.27	3.43	37.64	22.77	143.32	463.91
2011	94.07	124.78	83.20	37.77	6.08	3.41	5.33	8.05	79.90	52.66	23.68	147.86	554.06
2012	86.99	112.69	86.29	76.45	12.21	3.80	3.60	4.11	26.93	23.96	47.61	231.80	612.96
2013	79.30	129.62	100.22	43.69	35.06	6.22	4.66	13.02	51.97	82.32	43.48	161.55	623.86
2014	118.99	114.85	132.23	36.81	19.36	2.49	5.95	14.87	78.60	33.01	35.77	140.97	610.87
2015	142.46	118.28	81.99	61.34	30.85	5.06	6.75	14.88	33.40	32.55	56.66	146.12	591.51
2016	77.12	115.64	57.66	46.88	9.10	1.73	16.59	15.95	50.10	53.46	48.32	122.62	520.93

MAXIMA	185.10	139.30	138.38	80.99	63.20	25.62	26.78	46.91	79.90	82.32	94.39	231.80	710.12
MINIMA	71.04	60.56	56.42	15.88	4.30	0.75	0.36	1.11	3.43	14.63	15.30	61.70	455.03
MEDIA	115.58	95.80	96.71	44.55	22.66	5.06	4.43	10.72	36.39	40.74	54.42	141.00	668.06
D.E.	26.64	20.97	25.00	15.60	13.28	5.40	4.95	8.76	19.89	16.59	20.05	33.84	64.77





## SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A5

Cuenca: Huancañé

Fuente: PISCO

Región: Puno

Provincia: San Antonio de Putina

Distrito: Quilcapuncu

Latitud Sur: 14° 50' 28"

Longitud Oeste: 69° 36' 22"

Altitud: 4406

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	238.44	95.83	111.35	78.82	11.13	1.69	0.73	22.93	59.38	79.21	51.74	107.29	858.55
1982	170.86	61.64	118.19	118.76	5.49	0.73	2.59	12.92	84.98	49.85	79.98	56.59	762.57
1983	127.62	82.76	59.14	74.17	18.67	3.18	1.34	3.03	36.15	27.53	43.61	73.84	551.05
1984	195.23	133.80	134.26	88.04	19.97	9.34	4.19	22.07	7.96	69.11	96.86	86.93	867.77
1985	150.07	79.31	133.72	134.70	37.32	9.08	1.76	5.79	80.19	43.34	110.48	106.92	892.68
1986	115.20	107.84	122.83	149.63	15.50	0.85	3.84	20.32	71.77	18.06	35.18	92.88	753.90
1987	143.65	57.41	79.17	72.18	11.93	5.69	7.57	6.12	14.16	33.64	76.45	56.72	564.70
1988	140.70	71.01	151.65	105.25	34.17	0.71	0.29	1.09	15.01	33.84	14.07	88.44	656.23
1989	132.96	86.52	120.11	105.25	8.89	10.04	1.14	19.48	26.94	33.87	47.98	55.56	648.73
1990	109.84	65.34	81.15	54.00	14.16	29.12	1.56	12.01	43.65	68.14	69.51	69.61	618.09
1991	107.02	90.54	137.78	100.20	14.49	25.14	2.36	3.74	39.53	20.68	49.64	83.65	674.77
1992	118.31	65.54	66.44	34.43	3.28	7.36	3.76	62.71	27.24	45.07	52.87	101.24	588.25
1993	132.62	62.94	78.56	128.19	16.21	2.63	3.30	13.61	32.32	45.44	81.44	97.57	694.83
1994	141.81	90.75	109.47	114.53	22.03	1.67	0.11	2.58	21.92	44.22	54.93	83.45	687.45
1995	94.19	98.02	105.80	36.53	10.19	0.93	2.25	1.16	18.77	21.32	59.08	85.65	533.90
1996	143.67	69.51	91.53	83.55	21.49	0.76	3.30	10.18	24.90	24.52	64.23	75.69	613.33
1997	152.15	79.15	141.09	73.89	12.38	1.07	1.04	22.94	35.87	32.29	81.42	64.29	697.58
1998	101.14	96.90	95.03	60.91	2.40	9.16	0.76	3.10	8.66	58.43	71.99	31.87	540.37
1999	90.98	64.07	173.39	88.04	14.67	2.60	1.04	1.17	41.14	44.75	35.56	54.34	611.75
2000	136.31	104.46	113.27	30.87	11.80	13.09	2.72	13.91	21.27	74.89	24.28	80.75	627.64
2001	195.08	61.44	154.39	67.98	41.80	3.19	9.87	16.83	24.77	61.22	59.25	65.58	761.40
2002	91.66	126.94	131.89	92.04	17.94	1.76	24.90	16.17	46.24	83.63	84.99	83.39	801.54
2003	155.01	91.79	155.10	112.55	8.64	10.13	1.77	19.95	22.42	50.83	37.05	85.76	751.00
2004	169.22	97.05	75.46	91.08	15.35	9.03	6.93	18.87	41.62	30.38	54.78	56.77	666.56
2005	97.00	132.31	67.05	53.27	2.54	1.08	0.69	8.02	16.63	63.77	55.14	85.81	583.32
2006	187.44	47.87	62.56	123.80	3.57	6.85	0.55	10.19	36.34	54.30	61.45	76.69	671.60
2007	120.84	80.74	135.18	125.56	29.23	0.78	2.58	1.67	40.11	28.27	59.14	67.81	691.91
2008	152.07	57.56	72.15	27.67	14.34	2.77	0.70	4.44	18.51	57.51	47.83	118.40	573.94
2009	134.46	69.89	63.42	58.77	11.60	0.90	2.31	1.98	20.15	29.12	90.74	85.53	568.87
2010	169.13	99.50	90.59	57.05	20.41	1.12	2.75	2.40	2.49	40.39	17.42	93.35	596.58
2011	92.54	118.63	106.11	64.46	4.20	2.65	4.75	8.29	73.54	53.12	23.99	93.54	645.80
2012	103.05	109.33	102.48	138.89	6.96	3.24	3.07	4.42	24.21	27.34	45.57	132.19	700.75
2013	103.46	134.23	101.98	71.68	26.74	7.70	5.64	16.38	50.69	95.94	41.52	110.11	766.07
2014	133.70	107.96	119.85	74.76	14.98	2.63	7.19	19.99	70.74	39.92	32.11	96.84	720.65
2015	159.52	115.68	68.85	126.02	19.22	4.91	6.54	16.64	32.49	40.68	62.86	91.59	745.00
2016	91.67	132.45	32.71	83.39	6.62	1.88	15.16	15.60	49.20	61.00	52.01	79.53	621.21
MAXIMA	238.44	134.23	173.39	149.63	41.80	29.12	24.90	62.71	84.98	95.94	110.48	132.19	892.68
MINIMA	90.98	47.87	32.71	27.67	2.40	0.71	0.11	1.09	2.49	18.06	14.07	31.87	533.90
MEDIA	136.07	90.19	104.55	86.14	15.29	5.43	3.92	12.30	35.61	46.82	56.31	82.67	675.30
D.E.	34.82	24.79	32.97	32.39	9.54	6.40	4.74	11.34	20.98	19.15	22.25	20.20	93.49





## SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A6

Cuenca: Huanacán

Fuente: PISCO

Región: Puno

Provincia: San Antonio de Putina

Distrito: Putina

Latitud Sur: 14° 51' 14"

Longitud Oeste: 69° 45' 54"

Altitud: 3920

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	501.74	81.02	122.56	91.09	8.70	3.72	0.93	27.84	57.44	168.00	49.42	100.37	1212.83
1982	390.65	52.10	132.55	100.44	3.17	1.24	2.98	14.26	83.16	90.11	92.66	58.68	1022.01
1983	214.23	61.85	56.69	72.64	13.73	4.47	2.55	2.75	31.02	46.55	34.76	73.66	614.90
1984	490.19	123.33	139.69	68.47	20.40	15.59	6.20	23.47	4.92	157.33	105.90	89.60	1245.08
1985	348.66	79.88	127.46	170.01	37.13	12.05	2.11	7.34	74.47	83.31	127.90	113.86	1184.18
1986	207.47	93.85	161.77	153.37	15.38	0.84	4.75	20.67	83.21	34.11	53.25	114.17	942.83
1987	292.46	50.40	78.05	59.21	10.11	6.89	22.37	8.81	10.85	70.61	84.40	50.80	744.95
1988	256.39	58.75	217.83	106.78	38.53	1.12	0.62	1.28	15.92	78.18	10.69	106.75	892.84
1989	303.27	87.22	159.48	102.90	4.40	18.34	1.47	19.48	32.61	60.96	41.81	50.98	882.93
1990	287.80	47.25	90.92	49.37	13.14	77.02	1.65	8.82	39.75	140.51	70.67	93.03	919.91
1991	260.96	79.41	169.30	82.36	12.42	54.10	5.36	3.26	31.70	44.62	47.94	81.32	872.75
1992	249.44	49.56	73.06	29.58	1.87	11.33	6.90	81.12	26.24	89.25	56.44	92.17	766.97
1993	306.43	54.10	94.85	128.70	17.62	3.34	4.19	15.80	35.87	108.99	90.48	106.11	966.48
1994	274.59	93.52	134.03	108.74	23.51	7.88	0.50	1.99	22.40	85.93	48.15	92.49	893.73
1995	178.83	94.77	150.76	22.84	4.05	0.97	3.70	1.31	12.70	37.51	58.80	80.06	646.30
1996	278.01	53.14	135.19	58.14	30.85	1.08	3.14	10.44	30.12	41.93	76.72	73.65	792.42
1997	333.98	75.18	202.41	86.46	10.47	1.61	1.10	26.18	36.72	65.98	94.66	60.35	995.08
1998	179.20	81.23	107.28	50.14	1.27	16.43	0.67	3.56	4.17	119.37	77.73	26.54	667.59
1999	200.93	63.45	210.32	71.07	17.17	3.99	2.35	0.87	52.04	82.88	36.23	50.26	791.56
2000	259.49	85.87	126.68	23.08	8.73	26.64	2.26	17.75	15.78	148.27	17.29	87.58	819.41
2001	366.33	74.11	201.93	58.07	45.56	5.57	11.05	14.70	23.44	127.35	53.11	70.63	1051.86
2002	218.08	113.76	153.91	80.25	22.26	3.49	32.78	17.61	45.41	203.79	69.49	85.14	1045.97
2003	330.35	91.12	180.54	86.88	6.33	18.63	2.27	19.13	25.33	109.88	28.59	88.35	987.40
2004	377.08	88.73	96.19	76.52	13.38	5.37	8.39	24.36	39.68	46.23	57.31	59.57	892.82
2005	154.47	113.09	68.82	46.20	3.61	1.52	1.16	7.97	20.35	120.48	52.74	74.32	664.73
2006	357.07	35.38	64.83	93.45	2.99	14.72	0.82	8.49	36.10	105.98	61.61	75.09	856.53
2007	212.10	54.13	176.77	107.65	35.29	2.10	2.85	1.79	60.94	49.77	57.91	58.21	819.51
2008	229.02	61.65	81.44	15.53	12.37	3.16	0.87	2.69	18.92	115.96	50.90	115.10	707.59
2009	201.24	71.82	72.99	27.09	10.99	1.57	4.33	1.88	20.82	59.12	85.52	79.86	637.24
2010	372.89	91.47	116.22	46.26	21.77	1.91	2.75	3.16	1.72	73.41	17.15	96.19	844.88
2011	136.18	117.42	99.47	52.55	4.22	2.47	7.98	9.52	71.40	103.24	26.98	101.54	732.99
2012	215.45	100.60	116.16	80.84	10.47	2.87	1.96	4.74	18.51	46.74	39.14	121.01	758.49
2013	195.65	135.49	114.28	38.64	50.31	10.63	8.01	15.22	59.17	132.89	38.49	111.10	909.89
2014	312.44	91.37	125.38	62.05	18.83	2.98	7.03	19.56	90.11	69.93	24.51	98.93	923.11
2015	322.41	95.75	75.07	114.44	23.28	6.42	6.01	18.11	50.98	66.78	53.16	81.86	914.28
2016	148.35	133.43	36.85	76.11	5.44	2.90	18.08	14.20	73.28	88.49	54.76	79.03	730.92

MAXIMA	501.74	135.49	217.83	170.01	50.31	77.02	32.78	81.12	90.11	203.79	127.90	121.01	1245.08
MINIMA	136.18	35.38	36.85	15.53	1.27	0.84	0.50	0.87	1.72	34.11	10.69	26.54	614.90
MEDIA	276.77	81.53	124.21	74.94	16.10	9.86	5.34	13.34	37.70	90.96	56.87	83.29	870.91
D.E.	88.15	25.30	46.41	35.60	12.66	15.32	6.64	14.16	24.19	40.75	26.29	21.92	157.88



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A7

Cuenca: Huancané

Fuente: PISCO

Región: Puno

Provincia: Huancané

Distrito: Inchupalla

Latitud Sur: 14° 57' 54"

Longitud Oeste: 69° 34' 41"

Altitud: 4604

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	219.82	94.92	131.11	70.41	13.34	1.84	0.92	26.59	62.22	97.49	51.20	90.20	860.05
1982	156.69	43.60	150.49	90.33	5.42	1.07	3.42	11.51	104.06	62.64	93.56	50.74	773.54
1983	94.67	71.58	60.50	81.59	21.63	4.76	1.72	3.24	43.11	35.07	38.48	63.42	519.78
1984	170.13	166.31	160.69	56.02	23.89	16.21	4.90	28.15	6.31	62.14	105.98	87.13	887.86
1985	140.17	71.93	186.74	115.14	41.07	16.72	1.97	4.31	107.38	46.82	148.35	126.37	1006.98
1986	114.89	113.56	151.58	117.04	19.92	0.62	9.22	26.01	90.94	21.00	48.59	103.76	817.14
1987	148.10	43.17	112.77	49.35	16.41	7.14	23.87	9.84	14.59	47.11	86.44	49.86	608.66
1988	140.49	76.78	237.28	102.16	42.09	0.75	0.57	0.78	11.57	45.09	13.01	77.80	748.38
1989	92.65	76.88	132.21	80.91	10.70	13.03	2.47	25.82	28.09	29.44	48.86	47.11	588.16
1990	90.95	53.90	76.98	48.24	13.92	43.33	1.58	15.88	45.54	80.90	90.31	70.49	632.04
1991	86.34	100.45	187.98	59.28	16.87	42.02	2.51	4.48	42.98	20.54	55.29	90.90	709.64
1992	113.54	64.21	70.57	24.87	1.70	13.78	5.97	78.78	21.37	63.08	47.74	100.44	606.05
1993	117.40	46.01	94.06	98.89	19.66	5.65	3.70	13.93	38.04	52.17	96.97	93.59	680.07
1994	113.23	75.88	132.78	102.16	24.83	3.16	0.40	2.17	19.78	44.87	60.43	102.14	681.83
1995	92.47	95.85	136.62	20.50	10.54	0.57	2.46	1.26	27.99	25.24	69.63	77.91	561.04
1996	128.55	64.68	106.13	48.75	13.96	0.76	6.60	8.75	27.34	22.39	77.82	89.39	595.10
1997	129.86	87.22	229.77	81.43	13.02	0.96	1.11	24.09	49.13	35.61	106.82	65.53	824.54
1998	108.47	83.90	141.36	56.29	1.46	12.81	0.77	3.18	7.40	53.97	84.13	21.81	575.56
1999	73.76	51.57	254.33	72.01	14.85	2.64	2.23	1.28	55.81	65.53	43.60	42.55	680.14
2000	114.59	88.00	135.05	23.94	14.46	18.96	3.64	19.76	22.96	94.78	21.28	87.63	645.05
2001	179.23	71.08	227.73	48.94	44.08	5.86	16.02	20.14	26.52	72.78	73.14	67.05	852.57
2002	81.90	146.75	181.81	84.81	24.45	2.95	37.55	16.87	59.31	105.28	91.09	81.78	914.53
2003	156.77	99.60	198.07	78.43	13.66	14.98	2.49	18.82	27.11	53.65	46.75	90.12	800.46
2004	168.41	79.79	77.83	72.39	17.43	13.10	10.57	24.75	44.63	31.46	65.57	47.53	653.47
2005	94.59	128.10	99.72	41.71	2.57	1.25	1.20	6.80	23.37	79.95	63.08	67.38	609.71
2006	169.35	38.44	87.80	79.03	3.86	6.02	0.80	8.49	37.52	52.43	64.41	71.85	619.99
2007	106.08	64.88	180.42	102.31	35.24	0.85	2.84	1.74	63.33	25.45	69.95	68.14	721.24
2008	130.38	51.29	97.00	19.71	12.14	3.87	0.88	3.29	17.01	68.72	42.68	111.46	558.42
2009	105.08	66.84	69.60	30.98	8.42	1.17	4.80	1.61	20.63	31.51	90.95	86.13	517.73
2010	138.27	108.85	98.42	38.50	26.50	1.82	2.95	2.79	2.16	42.82	9.38	110.93	583.38
2011	66.86	119.43	178.58	40.72	7.48	2.14	8.94	7.25	73.74	52.13	31.15	96.64	685.06
2012	100.80	121.20	145.64	96.97	5.88	3.27	3.91	4.94	25.71	37.72	43.60	124.85	714.50
2013	80.55	137.80	121.44	45.81	32.80	10.15	8.55	13.79	71.56	104.52	40.38	117.36	784.69
2014	106.64	90.35	106.50	57.77	21.17	2.62	10.45	22.68	89.44	42.46	28.92	101.20	680.19
2015	126.36	107.81	61.66	111.84	18.30	4.32	6.87	15.08	44.50	43.25	71.47	83.14	694.62
2016	78.05	168.66	17.31	75.65	7.51	1.98	14.65	11.79	69.44	59.41	62.84	83.36	650.67

MAXIMA	219.82	168.66	254.33	117.04	44.08	43.33	37.55	78.78	107.38	105.28	148.35	126.37	1006.98
MINIMA	66.86	38.44	17.31	19.71	1.46	0.57	0.40	0.78	2.16	20.54	9.38	21.81	517.73
MEDIA	120.45	88.09	134.40	67.36	17.26	7.86	5.93	13.63	42.29	53.04	63.44	81.88	695.63
D.E.	34.42	33.63	55.89	28.27	11.18	10.17	7.43	14.24	27.59	23.38	29.09	24.00	117.37



## SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A8

Cuenca: Huancané

Fuente: PISCO

Región: Puno

Provincia: Huancané

Distrito: Inchupalla

Latitud Sur: 14° 58' 41"

Longitud Oeste: 69° 42' 18"

Altitud: 3893

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	224.67	77.94	146.88	65.25	15.88	3.31	0.27	28.48	60.23	97.63	67.84	110.73	899.11
1982	168.21	42.82	164.37	78.30	5.77	1.44	1.46	11.78	94.05	55.77	131.60	56.38	811.96
1983	95.45	51.98	56.83	67.57	19.39	4.61	1.19	2.83	41.00	31.89	50.16	80.76	503.68
1984	194.75	137.32	162.60	47.34	26.55	16.06	2.20	24.96	4.88	76.22	144.13	98.15	935.16
1985	137.10	74.25	161.57	114.40	46.04	16.00	0.62	5.35	96.21	44.69	205.62	140.36	1042.22
1986	124.40	97.16	189.63	102.36	22.27	0.55	4.21	24.58	90.38	20.78	79.91	123.73	879.96
1987	153.96	34.24	109.47	40.14	17.94	7.96	17.09	11.25	12.56	51.13	109.65	54.84	620.22
1988	136.94	60.24	273.21	96.67	52.96	0.99	0.13	0.99	12.51	47.92	14.84	103.11	800.50
1989	131.68	74.96	178.06	72.06	7.05	18.34	0.73	21.31	33.61	29.47	58.51	56.00	681.78
1990	117.82	49.53	98.30	39.57	18.50	64.41	0.52	12.13	43.89	77.85	111.81	103.87	738.19
1991	107.13	83.40	206.28	46.08	20.04	59.54	2.64	2.94	37.76	20.22	62.13	98.74	746.91
1992	121.38	52.19	87.26	21.27	2.22	10.35	4.25	86.87	23.98	60.71	69.85	110.39	650.72
1993	126.44	45.09	110.64	82.47	26.99	4.68	1.75	15.00	38.41	57.52	114.43	119.43	742.85
1994	122.06	78.59	150.96	75.67	32.66	6.03	0.00	1.71	21.48	42.00	68.37	111.07	710.58
1995	96.85	89.53	162.83	15.83	6.89	0.83	1.57	1.16	18.26	22.45	91.68	86.17	594.05
1996	118.77	53.86	138.90	33.84	23.82	1.13	3.21	9.31	27.76	23.41	109.81	96.13	639.94
1997	147.92	77.52	269.97	69.67	13.56	1.28	0.57	24.40	49.71	37.99	129.35	66.05	888.00
1998	110.69	72.97	128.74	46.78	1.52	16.11	0.31	2.56	5.33	59.90	107.52	25.17	577.60
1999	91.40	55.38	263.98	54.15	21.87	3.78	1.01	1.06	57.68	59.71	52.68	48.34	711.05
2000	119.49	70.99	152.72	16.27	14.98	26.08	1.22	19.54	21.36	97.74	23.99	97.37	661.75
2001	178.64	76.35	236.33	40.91	57.22	6.92	7.00	16.26	23.89	73.62	76.61	86.17	879.90
2002	86.16	121.39	179.86	67.67	32.81	4.19	22.96	16.90	54.13	121.42	95.98	95.63	899.09
2003	158.99	84.46	218.19	59.73	12.41	21.01	1.35	15.68	30.25	54.63	48.02	100.21	804.92
2004	175.84	79.37	105.41	56.70	19.24	8.04	5.83	27.02	41.76	27.88	84.94	64.13	696.17
2005	74.39	103.55	95.85	31.16	4.08	1.50	0.58	7.34	26.54	72.27	69.98	83.46	570.68
2006	172.61	30.72	80.03	58.52	4.12	10.64	0.16	7.22	38.85	56.30	82.93	87.91	630.01
2007	107.20	49.67	201.23	72.11	41.77	1.70	1.12	1.68	71.27	24.71	84.06	74.21	730.73
2008	116.88	53.59	94.45	10.85	16.33	3.05	0.22	2.23	18.33	65.49	60.80	128.55	570.78
2009	99.54	67.24	78.08	18.89	11.37	1.56	2.61	1.54	22.25	30.64	110.01	93.41	537.13
2010	142.21	88.04	113.52	33.61	32.69	2.10	1.20	2.78	1.79	45.44	14.41	115.26	593.05
2011	64.27	111.00	166.76	30.99	7.59	2.20	5.68	7.24	74.16	55.92	37.01	115.99	678.83
2012	96.02	101.03	151.65	59.07	10.52	2.85	1.24	4.95	19.09	31.07	50.02	134.30	661.82
2013	83.23	123.64	127.87	28.84	45.81	8.60	4.93	13.11	65.26	97.30	45.55	133.38	777.51
2014	120.15	80.78	131.63	46.06	20.90	2.11	4.77	18.73	87.77	46.62	27.77	111.75	699.03
2015	141.77	90.70	70.42	77.53	20.97	4.49	3.76	15.59	49.28	42.89	68.98	88.05	674.44
2016	66.42	143.78	27.27	62.04	5.32	1.82	10.95	10.86	72.85	57.58	70.69	90.12	619.71
MAXIMA	224.67	143.78	273.21	114.40	57.22	64.41	22.96	86.87	96.21	121.42	205.62	140.36	1042.22
MINIMA	64.27	30.72	27.27	10.85	1.52	0.55	0.00	0.99	1.79	20.22	14.41	25.17	503.68
MEDIA	125.87	77.37	146.99	53.90	20.56	9.62	3.31	13.26	41.35	53.30	78.66	94.15	718.34
D.E.	36.29	27.55	59.77	25.14	14.42	14.40	4.79	15.19	26.51	24.46	39.23	26.29	125.39



## SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A9

Cuenca: Huanacán

Fuente: PISCO

Región: Puno

Provincia: San Antonio de Putina

Distrito: Pedro Vilca Apaza

Latitud Sur: 15° 01' 55"

Longitud Oeste: 69° 54' 32"

Altitud: 4000

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	349.19	112.36	136.13	75.19	4.41	2.16	0.08	32.76	33.88	90.72	50.19	105.11	992.17
1982	288.06	88.16	103.24	75.33	0.79	0.70	0.93	9.07	67.42	62.14	95.49	54.68	846.00
1983	144.37	84.99	45.11	62.31	7.03	2.23	0.97	1.99	27.39	26.75	28.20	75.87	507.20
1984	336.57	199.73	119.24	47.84	12.37	10.81	2.83	15.22	1.69	81.65	118.71	109.50	1056.16
1985	286.40	143.23	103.78	179.49	11.93	15.93	0.32	4.66	71.44	39.54	153.49	140.16	1150.39
1986	182.95	167.14	141.42	133.06	5.96	0.21	2.61	20.99	72.62	19.85	70.07	124.17	941.05
1987	249.09	59.80	66.49	43.31	6.53	5.44	22.76	11.34	7.22	52.80	94.80	48.52	668.10
1988	197.80	72.20	209.40	120.11	23.24	0.45	0.22	0.83	7.87	46.10	7.66	114.83	800.72
1989	241.46	94.55	122.71	87.45	1.90	12.20	0.36	17.53	29.09	25.37	37.50	50.83	720.94
1990	230.07	78.14	52.67	39.72	7.62	78.66	0.27	7.88	23.69	91.07	70.37	113.35	793.51
1991	231.31	115.87	144.98	51.92	6.84	58.01	3.38	2.41	20.73	24.45	43.04	78.82	781.76
1992	206.71	85.68	54.66	18.78	0.25	6.36	3.30	88.73	14.71	56.91	53.76	83.67	673.52
1993	243.84	70.93	102.15	96.94	13.15	3.30	1.17	14.82	29.80	60.26	88.02	119.62	844.01
1994	198.31	143.10	108.93	90.98	10.80	3.82	0.02	1.59	13.96	34.04	49.90	97.76	753.20
1995	147.72	152.14	134.10	13.09	1.47	0.32	1.12	1.01	10.00	20.55	59.72	79.63	620.86
1996	202.71	65.61	119.91	28.37	12.56	0.47	1.89	8.79	20.26	23.69	78.82	86.64	649.72
1997	314.42	118.45	190.76	68.44	4.62	0.44	0.38	21.21	40.42	39.79	100.86	65.03	964.84
1998	158.02	103.15	94.67	50.82	0.20	11.52	0.11	2.52	2.03	66.18	72.08	20.85	582.15
1999	168.07	70.41	150.08	55.33	9.83	1.50	0.85	0.62	50.94	69.35	39.75	39.22	655.95
2000	223.48	100.27	90.36	12.83	5.63	15.72	0.71	21.92	9.25	102.27	13.84	83.85	680.14
2001	281.91	134.11	189.25	39.85	22.97	3.63	5.03	11.51	15.49	69.38	45.77	89.15	908.06
2002	162.00	162.41	125.08	72.15	15.49	2.97	19.68	14.66	33.74	138.99	61.16	90.57	898.92
2003	281.74	124.27	143.26	65.06	3.98	8.59	0.92	9.77	21.72	44.23	30.55	85.17	819.25
2004	317.01	141.00	89.49	53.57	7.57	3.35	5.50	25.29	34.03	17.16	57.69	61.39	813.04
2005	111.39	166.88	69.51	34.60	1.48	0.30	0.39	6.31	23.91	66.00	53.42	81.88	616.06
2006	273.16	37.15	58.02	51.12	1.01	6.87	0.10	4.85	26.78	58.63	58.75	74.22	650.66
2007	156.52	69.84	161.90	91.60	16.89	1.56	1.02	1.53	68.84	22.13	57.95	64.71	714.49
2008	172.17	85.28	67.21	5.45	6.47	0.90	0.09	1.16	13.31	58.78	46.02	120.57	577.41
2009	117.55	105.30	74.45	20.63	2.98	0.19	2.39	1.01	15.90	31.14	75.30	81.44	528.27
2010	249.96	138.81	82.15	40.45	14.00	0.56	0.61	1.91	0.84	36.90	11.64	96.41	674.23
2011	105.01	184.80	73.87	23.27	3.37	0.40	6.05	6.21	58.85	61.04	32.04	115.25	670.15
2012	186.63	127.60	101.62	53.23	3.49	0.35	0.33	4.21	7.38	35.16	30.78	116.71	667.48
2013	112.43	185.84	120.72	30.00	22.56	8.10	6.16	19.81	41.32	83.61	37.79	120.69	789.04
2014	208.76	128.10	81.64	42.71	3.53	1.61	4.33	26.64	59.46	46.78	23.34	89.83	716.75
2015	223.45	100.83	65.09	76.73	6.19	3.87	3.64	17.62	44.49	36.06	47.04	84.15	709.17
2016	111.25	211.23	24.27	70.71	0.59	2.32	13.10	12.88	46.72	44.69	42.81	79.97	660.55
MAXIMA	349.19	211.23	209.40	179.49	23.24	78.66	22.76	88.73	72.62	138.99	153.49	140.16	1150.39
MINIMA	105.01	37.15	24.27	5.45	0.20	0.19	0.02	0.62	0.84	17.16	7.66	20.85	507.20
MEDIA	213.10	117.48	106.06	58.96	7.77	7.66	3.16	12.54	29.64	52.34	56.62	87.34	752.67
D.E.	67.52	42.73	43.13	35.93	6.50	15.76	5.17	15.68	21.15	26.94	30.50	26.41	146.85



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: **A10**  
Cuenca: **Huancané**  
Fuente: **PISCO**

Región: **Puno**  
Provincia: **Huancané**  
Distrito: **Huancané**

Latitud Sur: **15° 05' 10"**  
Longitud Oeste: **69° 46' 59"**  
Altitud: **4082**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	176.72	65.43	107.02	43.00	6.40	0.88	0.00	21.75	40.32	68.77	58.29	93.04	681.62
1982	126.13	34.69	82.84	47.66	1.28	0.45	0.24	6.68	60.06	44.42	109.19	45.37	559.00
1983	72.18	32.88	31.04	43.16	7.78	1.51	0.17	1.67	31.48	22.70	41.29	69.77	355.65
1984	147.71	124.28	101.85	30.95	11.30	8.48	0.63	15.55	2.05	55.18	125.75	88.27	712.00
1985	134.70	59.34	97.14	99.77	16.24	12.38	0.00	3.02	73.88	30.48	195.29	130.23	852.48
1986	106.03	96.03	102.69	69.25	6.89	0.10	2.09	16.53	70.21	15.00	74.13	112.26	671.22
1987	136.89	22.38	65.77	25.58	7.90	4.44	10.95	7.85	7.43	40.75	96.39	42.00	468.34
1988	105.32	45.48	187.85	73.72	24.96	0.13	0.00	0.40	7.74	31.89	10.07	89.54	577.09
1989	103.84	62.44	108.23	45.56	2.36	7.16	0.08	14.47	26.30	18.57	45.06	47.85	481.93
1990	90.97	34.18	50.96	23.28	7.65	38.63	0.00	10.37	25.90	59.11	90.58	98.93	530.55
1991	96.77	63.15	126.73	25.02	9.82	38.16	1.05	0.98	24.98	15.30	52.75	84.63	539.35
1992	109.06	40.67	47.66	11.03	0.32	5.69	2.69	62.43	12.09	47.96	55.88	84.65	480.11
1993	107.23	35.23	80.76	53.05	10.93	2.50	0.23	11.57	25.27	41.92	100.08	122.03	590.81
1994	92.38	67.37	92.61	48.16	11.86	2.23	0.00	0.76	12.34	27.87	55.63	100.97	512.17
1995	84.20	65.30	96.47	8.44	1.65	0.00	0.29	0.56	14.16	15.38	75.62	71.66	433.73
1996	80.78	43.99	78.42	17.68	6.48	0.15	2.07	5.36	17.41	14.31	93.05	87.28	446.97
1997	124.13	66.08	165.76	49.67	5.59	0.13	0.09	15.93	36.07	27.19	99.76	55.26	645.67
1998	89.61	57.04	84.14	32.54	0.26	7.05	0.00	1.59	2.81	44.44	97.44	18.18	435.10
1999	75.58	44.44	154.89	36.78	8.69	1.26	0.23	0.69	45.90	48.62	48.25	36.62	501.95
2000	94.04	48.15	91.07	8.47	6.44	9.42	0.22	14.58	11.93	78.39	17.28	85.03	465.02
2001	139.23	73.92	159.59	23.00	20.41	2.24	2.83	10.43	14.49	57.17	60.50	83.62	647.44
2002	69.15	107.77	113.93	48.53	13.25	1.90	12.33	11.16	35.44	98.97	78.71	85.23	676.40
2003	138.91	64.72	122.24	35.23	3.88	5.50	0.43	6.80	20.87	35.76	41.63	86.53	562.50
2004	152.74	71.18	63.86	33.53	6.21	4.38	3.16	22.03	27.16	17.86	73.38	60.96	536.47
2005	60.94	81.41	66.80	18.15	1.11	0.15	0.04	4.30	21.72	54.89	54.68	78.31	442.49
2006	145.67	23.06	54.07	31.66	1.15	3.32	0.00	3.58	28.01	40.95	67.23	82.47	481.17
2007	84.81	38.68	126.35	47.75	11.76	0.58	0.26	0.85	64.37	14.87	72.83	71.21	534.32
2008	93.85	45.17	59.41	4.44	6.44	0.51	0.00	0.75	10.03	44.83	44.72	112.77	422.92
2009	66.88	60.18	47.50	8.55	2.36	0.08	1.11	0.48	14.50	20.06	84.20	81.05	386.94
2010	106.69	75.27	57.61	20.21	15.11	0.22	0.06	1.28	0.96	33.45	6.40	99.56	416.81
2011	47.62	95.22	84.31	13.54	3.86	0.19	2.93	3.59	45.94	37.57	31.04	103.72	469.53
2012	84.04	83.88	101.89	32.90	1.97	0.25	0.20	3.07	10.15	24.63	38.70	114.13	495.81
2013	58.17	105.40	94.18	19.06	22.42	5.81	3.95	13.12	50.30	73.89	40.75	117.41	604.46
2014	84.82	71.44	66.78	26.73	8.69	1.17	3.00	18.13	67.64	36.86	20.50	92.50	498.27
2015	98.57	68.79	44.35	46.33	7.90	2.95	2.32	13.32	38.38	30.94	56.04	77.20	487.09
2016	48.03	129.09	13.28	43.28	1.53	1.11	7.02	7.02	57.51	40.23	59.79	79.94	487.85
MAXIMA	176.72	129.09	187.85	99.77	24.96	38.63	12.33	62.43	73.88	98.97	195.29	130.23	852.48
MINIMA	47.62	22.38	13.28	4.44	0.26	0.00	0.00	0.40	0.96	14.31	6.40	18.18	355.65
MEDIA	100.96	63.99	89.72	34.60	7.86	4.75	1.69	9.24	29.33	39.20	65.91	83.06	530.31
D.E.	31.14	26.47	38.68	20.17	6.19	8.84	2.90	11.25	20.84	19.90	35.99	24.89	103.63



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A11  
Cuenca: Huancané  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: Huancané  
Distrito: Cojata

Latitud Sur: 15° 03' 29"  
Longitud Oeste: 69° 30' 32"  
Altitud: 4375

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	203.74	94.06	153.63	50.69	10.37	1.01	0.56	24.50	45.11	83.42	34.97	116.55	818.62
1982	145.92	41.97	253.77	53.48	3.47	0.63	2.50	8.99	82.77	53.53	69.74	57.79	774.55
1983	79.42	75.55	68.14	61.50	18.64	3.91	1.05	3.33	37.76	30.89	23.92	78.91	483.01
1984	168.27	177.55	189.11	29.60	19.26	13.29	3.61	28.13	3.91	50.23	79.49	118.41	880.87
1985	115.40	70.90	276.58	77.69	30.90	16.98	1.19	3.72	90.19	39.43	130.13	200.73	1053.85
1986	114.08	128.09	219.50	73.32	15.13	0.32	10.68	24.34	79.81	18.31	35.96	150.56	870.09
1987	135.82	33.36	166.43	29.05	13.63	5.60	26.41	10.32	9.93	44.50	67.04	82.64	624.73
1988	135.31	79.46	368.36	74.17	33.65	0.34	0.34	0.38	5.50	41.12	8.92	100.31	847.84
1989	78.25	69.17	149.79	52.90	8.74	9.69	2.26	27.09	17.67	23.62	38.09	68.36	545.62
1990	89.31	46.47	98.09	33.95	10.69	37.54	0.89	18.27	31.38	75.55	79.02	92.01	613.18
1991	70.36	105.85	272.42	29.45	11.45	36.96	1.38	4.01	30.64	17.43	45.86	136.05	761.84
1992	107.17	64.21	84.46	15.40	0.54	13.02	4.40	76.98	11.52	66.01	36.39	147.05	627.14
1993	117.86	39.28	110.98	61.81	14.18	6.62	2.36	12.20	27.69	44.83	68.52	130.11	636.42
1994	106.28	69.22	170.68	77.11	17.75	2.32	0.22	1.62	10.86	36.97	47.29	149.35	689.67
1995	80.96	82.75	183.04	9.65	7.33	0.16	1.32	1.13	25.65	22.31	50.40	113.96	578.66
1996	116.64	58.41	138.03	28.12	6.39	0.35	7.27	7.15	20.21	17.96	60.02	125.09	585.64
1997	125.89	90.98	319.40	57.98	9.22	0.38	0.75	22.06	40.96	31.75	93.20	81.80	874.38
1998	92.81	76.77	182.91	40.90	0.63	10.36	0.50	2.54	4.32	43.73	58.82	25.42	539.73
1999	55.75	45.22	389.26	51.61	8.62	1.86	1.70	1.45	48.36	68.78	27.67	53.78	754.06
2000	100.66	77.91	157.14	15.38	10.86	14.25	2.67	22.86	15.22	89.48	13.88	128.95	649.26
2001	169.66	78.41	277.42	32.01	31.34	5.19	14.66	18.98	18.49	66.34	55.93	106.35	874.80
2002	70.37	166.19	224.48	58.25	18.60	2.36	34.17	14.04	45.10	98.79	72.51	121.97	926.82
2003	151.68	108.40	277.27	46.73	10.50	11.47	2.10	15.55	20.63	43.14	33.04	132.60	853.10
2004	145.82	71.32	95.56	46.06	12.45	12.85	9.74	25.99	32.02	24.84	46.23	57.80	580.68
2005	90.93	124.99	138.55	27.25	1.37	0.80	0.97	5.05	18.99	77.02	50.85	99.53	636.29
2006	153.57	36.53	111.02	43.02	2.75	2.83	0.57	6.53	26.99	39.56	46.67	110.19	580.23
2007	96.67	60.20	244.78	69.37	26.40	0.50	2.13	1.58	56.78	19.82	55.63	112.04	745.92
2008	117.81	51.78	125.85	12.54	7.78	2.70	0.43	2.19	9.83	61.10	26.38	169.44	587.82
2009	86.27	64.07	78.84	15.42	4.25	0.61	4.61	0.95	14.35	28.02	68.10	140.06	505.56
2010	124.75	119.90	115.47	22.35	20.46	1.34	1.84	2.46	1.18	37.86	3.60	176.05	627.25
2011	51.68	117.75	294.92	21.59	7.33	1.16	7.97	5.86	47.90	44.45	26.69	136.67	763.98
2012	93.97	133.86	208.16	64.80	2.67	2.15	3.16	4.15	17.83	37.81	32.97	188.30	789.83
2013	71.80	134.66	132.46	30.67	25.62	10.50	11.35	15.72	66.11	105.43	31.36	170.56	806.25
2014	82.55	82.34	119.07	39.45	19.44	2.23	14.15	28.32	81.45	42.55	21.32	144.60	677.46
2015	110.53	106.41	59.18	84.31	12.83	3.39	7.62	15.23	40.93	43.90	61.71	121.48	667.52
2016	63.80	192.91	13.51	57.38	6.43	1.80	14.25	10.69	63.73	57.27	52.26	119.26	653.30
MAXIMA	203.74	192.91	389.26	84.31	33.65	37.54	34.17	76.98	90.19	105.43	130.13	200.73	1053.85
MINIMA	51.68	33.36	13.51	9.65	0.54	0.16	0.22	0.38	1.18	17.43	3.60	25.42	483.01
MEDIA	108.94	88.25	179.67	44.30	12.82	6.60	5.60	13.18	33.38	47.99	48.74	118.46	707.93
D.E.	34.93	39.67	89.33	20.98	8.83	9.00	7.52	14.32	24.63	23.14	25.16	39.26	134.79



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A12  
Cuenca: Huancané  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: Huancané  
Distrito: Rosaspata

Latitud Sur: 15° 09' 18"  
Longitud Oeste: 69° 23' 20"  
Altitud: 4141

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	80.15	68.83	48.48	16.04	5.86	0.73	0.08	21.90	31.78	69.96	24.26	62.66	430.73
1982	49.16	22.53	39.98	18.10	2.63	0.52	0.87	7.28	60.10	43.84	46.10	30.51	321.63
1983	32.78	50.98	30.70	29.81	16.19	3.81	0.23	3.33	29.84	28.56	15.96	39.04	281.23
1984	73.31	128.83	65.15	8.88	14.65	10.29	0.87	27.65	2.92	35.92	57.36	65.71	491.54
1985	46.31	47.57	83.24	23.38	19.93	16.02	0.17	2.58	56.74	31.73	104.94	115.28	547.89
1986	54.93	75.91	43.54	25.87	11.47	0.26	6.48	22.60	48.97	15.96	25.66	83.09	414.73
1987	59.33	23.62	46.64	11.21	8.89	3.91	12.26	8.67	7.76	39.62	46.20	41.53	309.65
1988	63.56	63.15	102.13	30.12	20.51	0.35	0.02	0.41	3.55	34.31	8.29	50.49	376.87
1989	29.51	39.24	37.58	19.20	7.77	7.28	1.21	24.95	9.13	18.34	29.98	30.95	255.13
1990	36.60	23.66	25.30	12.59	6.16	28.31	0.11	17.55	18.81	62.10	59.71	45.01	335.91
1991	27.39	64.74	78.05	10.08	7.78	27.60	0.16	4.38	20.47	14.16	35.63	65.38	355.81
1992	39.83	41.22	17.35	6.75	0.30	11.02	0.91	67.52	5.66	56.27	24.11	69.02	339.96
1993	53.08	22.65	28.90	20.61	10.22	8.18	0.66	12.85	19.45	37.41	51.38	63.51	328.91
1994	48.88	41.59	63.95	24.97	10.72	1.87	0.00	1.63	6.19	29.75	35.04	81.71	346.30
1995	39.00	47.93	44.91	3.24	5.34	0.18	0.11	1.42	19.11	19.18	37.03	62.39	279.84
1996	49.09	38.90	33.75	9.33	3.93	0.34	4.69	6.01	11.94	15.47	45.88	78.66	297.99
1997	49.04	66.65	84.95	22.97	6.82	0.37	0.26	17.86	33.25	24.01	66.10	58.93	431.22
1998	52.87	50.56	87.14	17.64	0.31	8.87	0.15	2.43	3.38	35.26	44.90	12.88	316.39
1999	26.91	30.76	120.65	20.75	4.96	1.31	0.44	1.24	32.27	64.52	22.39	25.44	351.64
2000	42.68	54.60	41.38	6.02	7.57	10.90	0.88	20.62	8.99	73.03	10.65	74.55	351.88
2001	86.25	53.70	145.24	13.10	18.94	4.72	7.20	18.15	11.88	52.24	42.06	54.31	507.78
2002	25.01	117.70	95.56	24.40	12.62	2.38	15.81	11.23	32.47	79.43	58.44	60.69	535.73
2003	69.77	71.63	61.40	15.13	8.46	8.87	1.01	13.91	14.56	34.19	23.01	76.51	398.44
2004	58.79	33.95	21.40	14.49	8.48	11.70	4.90	21.13	20.79	17.45	36.69	24.91	274.67
2005	44.46	71.23	30.76	11.29	0.95	0.70	0.39	3.77	13.36	64.47	43.57	46.57	331.53
2006	67.92	31.70	45.09	12.08	2.42	1.90	0.10	5.09	18.65	26.90	35.41	56.83	304.10
2007	42.90	32.82	83.06	26.64	16.88	0.38	0.50	1.63	39.31	18.43	45.00	55.61	363.16
2008	63.67	40.06	53.61	5.13	5.29	2.72	0.00	1.96	5.71	49.36	16.39	82.65	326.54
2009	41.98	40.01	28.10	5.29	2.61	0.57	2.18	1.01	8.93	23.18	51.56	81.46	286.89
2010	46.91	88.52	43.74	7.75	13.80	1.43	0.50	2.81	0.97	30.37	2.45	109.32	348.55
2011	23.20	70.68	48.48	7.12	6.08	0.99	3.47	4.02	29.35	36.97	23.47	82.37	336.19
2012	41.69	110.69	66.65	28.29	1.59	2.23	1.76	3.49	14.88	39.95	25.72	108.35	445.28
2013	32.65	80.43	70.55	10.31	13.43	6.89	3.77	9.24	33.98	83.69	21.02	97.06	463.02
2014	32.96	42.09	30.95	14.53	11.58	1.13	6.42	22.51	45.53	31.59	14.31	87.56	341.16
2015	55.79	73.59	25.81	35.69	6.79	1.75	4.05	9.21	23.38	38.37	46.68	61.77	382.87
2016	31.26	137.00	2.47	23.74	4.20	0.92	5.32	6.87	30.44	38.37	33.00	68.20	381.80
MAXIMA	86.25	137.00	145.24	35.69	20.51	28.31	15.81	67.52	60.10	83.69	104.94	115.28	547.89
MINIMA	23.20	22.53	2.47	3.24	0.30	0.18	0.00	0.41	0.97	14.16	2.45	12.88	255.13
MEDIA	47.77	58.33	54.91	16.46	8.50	5.32	2.44	11.36	21.51	39.29	36.40	64.19	366.48
D.E.	15.72	29.47	30.68	8.42	5.58	6.97	3.60	12.68	15.50	19.02	19.56	24.25	74.06





**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: **A13**  
Cuenca: **Huancané**  
Fuente: **PISCO**

Región: **Puno**  
Provincia: **Huancané**  
Distrito: **Rosaspata**

Latitud Sur: **15° 15' 43"**  
Longitud Oeste: **69° 28' 19"**  
Altitud: **3919**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	183.91	102.34	78.38	27.87	9.27	0.22	0.00	23.85	37.49	78.21	36.73	113.99	692.25
1982	143.07	31.35	81.04	29.61	3.14	0.02	0.77	6.78	66.26	45.48	75.45	44.54	527.51
1983	71.15	72.19	40.17	45.20	18.46	1.87	0.13	2.55	37.63	28.86	21.25	67.37	406.83
1984	161.76	185.76	107.40	14.63	18.92	10.45	1.10	27.85	2.41	37.32	82.47	102.83	752.90
1985	95.09	72.51	139.65	51.09	26.16	17.58	0.00	1.80	67.82	29.20	147.41	212.06	860.36
1986	116.68	132.13	84.83	48.58	15.32	0.00	7.16	23.59	62.21	15.36	38.35	138.53	682.75
1987	129.63	30.91	74.70	17.27	13.04	2.84	15.15	8.69	8.95	40.58	60.65	69.96	472.39
1988	106.81	93.44	184.90	50.66	34.68	0.00	0.00	0.31	4.32	39.52	10.70	94.12	619.46
1989	62.81	63.18	64.15	35.86	10.27	5.21	1.36	24.92	12.93	18.81	39.30	62.94	401.76
1990	84.84	35.14	41.43	23.35	8.63	28.64	0.00	21.93	19.62	68.73	83.32	84.30	499.94
1991	64.62	109.21	129.54	16.92	13.24	25.42	0.13	3.99	25.09	13.48	41.13	117.94	560.71
1992	78.94	62.73	32.41	10.88	0.27	10.33	1.04	77.28	5.50	62.72	34.73	124.19	501.02
1993	119.36	35.04	54.91	34.41	13.56	6.25	0.43	13.64	24.75	40.11	75.37	125.69	543.53
1994	96.78	68.31	93.68	45.33	14.76	1.26	0.00	1.67	5.66	29.26	48.63	146.26	551.60
1995	81.86	82.06	74.64	4.81	6.31	0.00	0.00	1.65	26.50	19.67	48.57	124.33	470.41
1996	124.89	59.14	57.73	16.09	4.97	0.00	4.98	6.61	17.46	14.98	58.91	137.49	503.26
1997	142.92	97.14	145.54	37.44	8.65	0.00	0.18	20.50	41.26	21.92	81.66	86.25	683.44
1998	82.86	64.93	118.15	23.96	0.27	6.60	0.03	2.16	3.61	33.25	64.10	19.56	419.46
1999	55.61	44.34	204.34	33.25	7.08	1.13	0.40	1.51	40.00	72.63	30.86	46.08	537.22
2000	91.30	66.71	86.00	7.85	10.34	5.90	0.28	23.54	8.55	83.99	10.55	126.48	521.50
2001	186.97	103.41	185.04	20.85	25.63	2.75	7.56	17.89	13.00	58.63	43.04	114.61	779.38
2002	59.15	170.51	143.95	34.58	17.29	2.31	18.09	11.20	41.39	91.37	82.95	119.81	792.60
2003	151.85	104.36	106.94	23.55	11.97	4.42	1.22	10.98	24.31	32.22	18.20	145.05	635.08
2004	123.25	70.86	40.60	19.35	8.46	7.77	5.88	24.58	20.39	15.71	46.21	52.71	435.79
2005	92.60	126.62	40.49	19.24	1.03	0.07	0.08	4.50	20.86	73.58	56.89	111.02	546.98
2006	143.24	48.45	63.61	15.28	2.83	0.76	0.07	4.27	28.72	24.97	46.58	126.56	505.34
2007	80.69	57.50	131.16	42.66	15.02	0.02	0.97	1.26	56.98	17.58	63.77	106.29	573.89
2008	116.86	73.48	85.59	6.39	10.92	0.15	0.00	1.04	4.62	54.93	17.42	166.79	538.19
2009	63.51	64.73	39.60	7.92	2.75	0.00	2.82	0.56	10.67	22.48	74.67	152.31	442.00
2010	111.10	124.04	62.43	13.57	21.97	0.41	0.18	2.64	1.01	33.99	1.31	203.40	576.06
2011	44.01	111.14	93.55	7.99	8.67	0.09	3.72	2.78	34.71	38.96	29.20	157.30	532.12
2012	91.09	162.20	116.50	42.46	1.54	0.76	0.81	3.69	13.69	41.90	33.11	209.71	717.47
2013	70.91	130.43	99.63	14.93	23.25	4.41	5.92	11.17	42.39	84.42	27.73	172.81	688.00
2014	72.88	63.84	51.34	24.12	18.17	0.42	7.96	26.86	62.24	34.57	13.74	151.81	527.95
2015	115.86	100.65	41.61	55.43	10.77	1.41	4.88	10.19	30.38	38.77	58.08	99.37	567.41
2016	57.15	191.52	5.38	40.06	5.96	0.22	7.01	5.81	40.61	41.78	45.08	112.75	553.32
MAXIMA	186.97	191.52	204.34	55.43	34.68	28.64	18.09	77.28	67.82	91.37	147.41	212.06	860.36
MINIMA	44.01	30.91	5.38	4.81	0.27	0.00	0.00	0.31	1.01	13.48	1.31	19.56	401.76
MEDIA	102.11	89.23	88.92	26.76	11.77	4.16	2.79	12.06	26.78	41.66	48.56	117.98	572.78
D.E.	36.57	42.47	46.82	14.62	8.05	6.85	4.30	14.47	19.56	22.26	28.47	45.47	114.01





## SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTÓRICA



Nombre: A14  
Cuenca: Huancané  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: Huancané  
Distrito: Vilque Chico

Latitud Sur: 15° 10' 26"  
Longitud Oeste: 69° 34' 08"  
Altitud: 3923

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	286.88	59.55	80.80	34.79	10.39	0.58	0.00	28.84	44.03	75.07	39.00	103.92	763.84
1982	227.31	18.78	79.83	38.19	2.58	0.41	0.70	6.94	83.02	46.58	80.16	46.66	631.16
1983	106.58	30.41	32.06	42.44	15.44	2.38	0.17	2.37	46.29	30.36	24.77	69.30	402.59
1984	210.82	121.83	98.00	20.18	17.57	11.23	0.86	27.86	2.77	45.76	82.41	94.74	734.03
1985	168.44	44.06	112.43	56.87	25.07	18.04	0.00	2.52	89.12	32.18	134.95	179.22	862.90
1986	174.37	70.93	77.50	52.90	13.98	0.11	5.57	22.22	81.25	15.41	43.86	136.00	694.10
1987	196.38	15.55	66.49	18.73	13.36	4.61	14.96	9.46	10.44	45.16	66.88	59.77	521.79
1988	158.49	49.92	142.46	60.20	32.78	0.18	0.00	0.23	7.14	39.46	9.52	92.05	592.43
1989	107.72	51.05	68.48	36.76	6.37	7.60	0.83	23.55	18.69	20.25	38.60	58.87	438.76
1990	136.84	22.11	39.87	22.34	10.53	32.03	0.00	19.35	27.42	65.07	84.59	81.96	542.11
1991	101.67	61.85	113.63	18.95	11.47	35.79	0.45	2.98	32.92	13.65	43.49	114.39	551.24
1992	142.71	32.54	29.19	10.89	0.25	9.79	2.11	73.66	10.02	57.42	37.50	112.18	518.26
1993	173.91	23.57	56.42	42.56	13.57	5.81	0.47	12.98	31.12	39.81	77.13	121.74	599.10
1994	135.83	51.51	83.01	47.95	15.86	1.94	0.00	1.16	10.16	30.34	47.31	132.13	557.20
1995	120.65	46.26	71.36	6.06	4.47	0.00	0.20	1.21	27.30	17.64	55.30	102.63	453.09
1996	164.41	36.54	53.83	17.27	5.12	0.13	4.64	6.44	18.26	15.71	66.02	114.30	502.67
1997	183.03	62.32	130.48	41.04	8.80	0.19	0.19	20.77	49.23	24.64	85.99	73.24	679.92
1998	107.25	43.17	97.61	28.77	0.36	8.31	0.04	2.03	4.91	37.11	63.21	19.14	411.91
1999	84.70	37.07	170.61	32.70	8.32	1.20	0.50	1.49	49.08	64.26	34.61	42.86	527.40
2000	126.99	38.93	76.98	8.69	10.55	10.00	0.56	21.27	14.16	84.55	12.49	110.82	516.00
2001	228.33	60.40	167.05	20.44	25.30	4.35	6.16	15.98	16.68	61.49	52.66	104.31	763.15
2002	103.48	109.90	129.45	43.22	17.23	3.31	16.96	11.95	48.20	96.25	74.40	105.73	760.06
2003	226.75	60.91	102.31	29.09	8.94	9.76	0.96	9.65	26.47	36.84	28.39	120.37	660.45
2004	196.88	44.08	39.51	26.66	9.57	9.39	5.04	26.23	29.24	19.55	49.56	57.09	512.80
2005	121.88	69.08	48.69	17.06	1.19	0.50	0.16	4.60	25.17	72.38	50.08	96.48	507.26
2006	209.73	25.99	60.19	22.77	2.31	2.08	0.00	4.53	32.59	33.34	48.58	109.55	551.66
2007	125.56	30.92	115.98	45.37	19.85	0.36	0.76	1.24	70.98	16.72	59.90	96.84	584.51
2008	147.64	40.55	67.96	6.23	9.20	0.82	0.00	1.28	8.01	51.93	24.94	141.65	500.20
2009	91.20	46.14	34.58	8.16	2.90	0.29	2.17	0.63	14.66	22.29	71.14	117.92	412.07
2010	179.10	71.71	49.27	15.35	21.21	0.96	0.27	2.10	1.44	35.81	1.98	157.96	537.17
2011	64.84	70.93	82.17	10.75	7.71	0.67	3.96	3.48	46.22	37.57	27.79	127.73	483.84
2012	139.18	92.43	107.46	39.58	1.99	1.41	0.86	3.90	16.34	34.88	32.14	163.69	633.84
2013	93.90	88.45	86.14	16.07	20.78	4.88	4.94	10.28	46.51	82.08	27.34	141.29	622.66
2014	121.42	45.71	48.18	22.24	15.38	0.68	5.79	20.27	63.46	37.57	14.21	124.10	519.01
2015	146.65	66.31	35.36	47.77	9.17	1.92	3.50	10.45	31.12	35.92	51.11	90.08	529.35
2016	93.17	117.48	5.59	39.79	3.73	0.38	6.96	5.78	46.81	43.48	46.73	103.97	513.86
MAXIMA	286.88	121.83	170.61	60.20	32.78	35.79	16.96	73.66	89.12	96.25	134.95	179.22	862.90
MINIMA	64.84	15.55	5.59	6.06	0.25	0.00	0.00	0.23	1.44	13.65	1.98	19.14	402.59
MEDIA	150.13	54.42	79.47	29.13	11.20	5.33	2.52	11.66	32.81	42.18	49.69	103.46	572.00
D.E.	50.02	26.44	38.89	15.22	7.79	8.23	3.95	13.88	23.51	21.34	26.58	34.82	110.08



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTORICA



Nombre: A15  
Cuenca: Huancané  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: Huancané  
Distrito: Vilque Chico

Latitud Sur: 15° 07' 23"  
Longitud Oeste: 69° 40' 23"  
Altitud: 3865

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	254.94	64.58	108.75	43.96	9.47	0.59	0.00	21.46	34.89	70.18	37.14	83.34	729.29
1982	197.86	26.63	113.83	48.41	1.96	0.44	0.39	6.12	58.85	44.90	72.44	39.35	611.20
1983	95.22	31.03	32.90	44.97	11.47	1.69	0.12	1.91	27.82	24.40	26.13	60.41	358.07
1984	199.39	126.12	115.78	30.14	13.23	6.82	0.61	20.26	1.95	49.74	83.06	73.46	720.56
1985	162.32	51.43	122.85	87.79	21.36	11.40	0.00	2.71	62.51	30.90	132.87	125.86	812.01
1986	145.37	92.86	113.98	64.85	10.55	0.08	3.47	18.73	65.49	14.96	43.97	107.14	681.46
1987	179.35	18.47	79.71	25.69	10.97	4.66	11.33	8.18	7.36	44.43	65.06	46.10	501.30
1988	138.44	48.55	229.04	80.74	29.74	0.14	0.00	0.28	6.51	36.58	7.20	72.18	649.40
1989	122.70	56.53	105.63	45.87	4.09	6.14	0.33	16.96	18.00	18.21	33.95	40.90	469.31
1990	117.58	31.45	55.66	25.46	9.83	30.49	0.00	14.54	23.14	56.58	74.07	74.61	513.41
1991	106.28	60.68	143.20	21.05	11.44	32.70	0.67	1.89	26.37	15.09	41.21	80.10	540.68
1992	144.97	37.92	44.71	11.59	0.39	6.80	2.96	63.52	9.24	48.69	36.78	86.99	494.57
1993	151.18	28.58	81.66	49.87	12.58	3.30	0.28	12.80	23.35	41.05	73.27	106.54	584.48
1994	125.19	57.75	101.96	51.15	14.16	1.68	0.00	0.80	9.65	27.79	42.32	95.24	527.69
1995	117.35	59.17	93.50	8.87	3.03	0.00	0.25	0.71	15.22	16.90	49.99	70.39	435.39
1996	140.15	40.56	76.95	19.05	5.10	0.08	3.47	5.24	14.13	14.24	61.40	87.17	467.54
1997	151.19	62.23	181.71	56.07	8.52	0.09	0.11	16.86	36.72	26.75	76.71	56.17	673.15
1998	101.12	49.06	100.66	35.35	0.37	6.62	0.00	1.57	3.20	42.53	56.17	14.75	411.38
1999	91.76	40.63	185.13	36.54	8.59	0.76	0.42	0.95	39.45	54.73	31.74	30.22	520.92
2000	111.93	41.79	109.01	9.83	9.61	9.19	0.38	16.06	10.76	79.15	11.73	86.40	495.84
2001	195.32	67.55	177.59	22.24	23.85	3.45	3.88	12.44	12.52	58.57	47.10	77.29	701.81
2002	98.77	111.03	139.82	52.45	16.08	2.46	14.27	10.71	36.45	97.53	64.26	80.90	724.71
2003	201.34	62.97	138.25	37.52	5.94	8.67	0.59	7.48	19.86	36.25	28.66	88.07	635.60
2004	199.75	61.00	61.12	34.07	8.25	7.34	3.83	23.74	23.54	20.22	45.60	53.88	542.32
2005	100.58	77.78	79.74	19.45	1.16	0.38	0.08	4.34	20.10	62.33	39.48	70.09	475.51
2006	196.38	23.34	65.62	32.54	1.73	2.16	0.00	3.79	23.75	37.35	43.80	80.58	511.03
2007	117.16	37.47	137.39	52.75	13.00	0.40	0.45	1.04	55.12	14.88	49.92	70.08	549.64
2008	131.80	41.49	71.55	6.42	8.46	0.60	0.00	0.87	7.15	48.09	27.55	104.71	448.68
2009	85.10	53.44	45.35	10.15	2.63	0.30	1.45	0.47	12.00	20.23	61.79	80.12	373.02
2010	161.03	74.08	57.73	19.52	18.80	0.59	0.12	1.39	0.91	35.10	2.21	106.91	478.41
2011	62.52	84.80	122.83	13.53	5.97	0.55	3.29	3.16	36.73	36.33	22.31	97.00	489.02
2012	125.58	88.11	123.03	37.38	1.88	0.78	0.46	3.30	11.02	26.66	27.70	113.18	559.07
2013	81.29	102.44	94.66	18.19	21.52	3.19	4.26	9.72	43.08	76.87	28.42	112.90	596.54
2014	111.52	61.40	67.26	27.70	12.20	0.42	3.85	16.82	59.39	35.80	13.24	95.86	505.46
2015	123.27	67.34	41.04	49.58	8.34	1.64	2.54	10.87	30.76	31.44	43.79	73.28	483.88
2016	78.04	122.97	10.21	46.21	2.17	0.14	6.47	5.67	47.26	42.26	48.60	77.85	487.86
MAXIMA	254.94	126.12	229.04	87.79	29.74	32.70	14.27	63.52	65.49	97.53	132.87	125.86	812.01
MINIMA	62.52	18.47	10.21	6.42	0.37	0.00	0.00	0.28	0.91	14.24	2.21	14.75	358.07
MEDIA	136.77	60.09	100.83	35.47	9.68	4.35	1.95	9.65	25.95	39.94	45.88	78.33	548.89
D.E.	43.70	27.00	47.04	19.67	7.05	7.39	3.18	11.63	18.45	20.04	25.03	24.57	107.13

Anexo G: Registro de temperatura mensual.



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL



Nombre: Azangaro  
Cuenca: Ramis

Región: Puno  
Provincia: Azangaro  
Distrito: Muñani

Latitud Sur: 14°46'1"  
Longitud Oeste: 69°57'6.5"  
Altitud: 3948

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	10.20	9.70	9.30	8.70	8.00	4.90	5.40	6.00	6.80	9.70	10.70	10.50	99.90
1982	10.50	9.20	7.60	6.40	4.40	4.10	7.40	5.40	8.30	9.80	10.10	11.00	94.20
1983	11.50	11.10	10.60	10.00	8.10	5.50	6.00	7.50	8.60	9.90	10.50	10.10	109.40
1984	8.60	9.10	9.60	8.50	6.90	5.50	4.60	6.30	7.20	11.70	11.20	11.20	100.40
1985	10.60	9.80	9.90	9.10	7.00	5.50	3.90	4.90	8.00	8.40	8.60	9.20	94.90
1986	9.70	9.30	9.60	9.00	7.00	4.80	5.40	5.70	8.30	9.80	10.00	10.20	98.80
1987	9.90	11.00	11.00	10.00	7.20	6.90	5.10	6.00	8.50	9.60	10.80	10.70	106.70
1988	9.90	9.90	10.00	8.80	6.80	3.80	3.80	5.00	8.20	9.40	9.70	9.30	94.60
1989	8.90	8.70	8.60	8.00	5.40	4.50	3.40	5.40	7.70	9.00	8.80	9.70	88.10
1990	9.20	8.90	8.60	7.90	6.20	4.50	3.70	4.90	7.00	9.00	9.80	8.60	88.30
1991	9.20	8.70	9.00	7.70	5.10	3.80	3.30	4.90	8.00	8.30	8.50	9.20	85.70
1992	8.90	9.50	10.30	9.00	7.10	6.00	6.40	5.70	7.10	8.40	8.70	9.20	96.30
1993	9.30	9.60	9.60	9.40	7.80	5.10	6.10	6.10	8.80	9.90	10.20	10.90	102.80
1994	10.40	10.40	9.60	9.60	7.40	4.80	5.20	6.20	8.80	9.70	11.00	10.80	103.90
1995	10.80	10.30	10.10	9.40	7.30	5.40	6.00	9.70	10.60	12.20	12.00	10.60	114.40
1996	10.60	10.40	10.80	10.30	8.00	5.30	4.90	7.50	8.50	10.50	10.10	10.70	107.60
1997	10.20	9.90	9.80	8.50	7.20	5.20	6.00	7.50	9.10	11.00	10.90	12.20	107.50
1998	12.50	12.60	12.10	11.10	7.60	7.10	6.40	8.20	9.10	10.80	10.60	11.00	119.10
1999	11.00	10.30	10.30	9.70	7.80	5.70	5.90	7.30	8.90	9.70	10.20	11.10	107.90
2000	10.40	10.00	10.00	9.30	8.20	6.20	5.60	8.10	9.40	9.80	11.10	9.90	108.00
2001	9.60	10.20	9.90	9.20	7.60	6.00	5.70	6.00	9.30	10.10	11.20	10.50	105.30
2002	10.00	10.60	10.40	9.50	8.00	6.50	5.20	7.10	9.00	9.70	10.60	10.80	107.40
2003	10.50	10.90	10.30	9.50	7.50	4.60	5.20	6.40	8.40	9.80	10.60	11.30	105.00
2004	10.20	10.50	10.40	9.50	6.30	4.90	5.00	7.00	9.40	11.20	11.90	11.60	107.90
2005	11.30	11.10	10.90	10.10	7.30	5.20	6.30	6.70	9.20	10.80	11.00	11.40	111.30
2006	10.10	11.20	10.80	9.60	6.50	6.30	5.10	8.10	9.10	10.70	11.30	11.50	110.30
2007	11.50	11.30	10.50	10.30	8.50	6.70	6.20	7.90	9.80	10.40	10.30	10.70	114.10
2008	10.40	10.40	9.50	9.00	6.10	5.80	5.00	7.30	9.10	11.00	11.80	10.60	106.00
2009	10.70	10.50	10.30	9.20	7.80	4.90	5.90	6.30	9.80	11.40	12.30	11.60	110.70
2010	11.50	11.70	11.20	10.30	8.70	7.70	6.20	7.60	9.70	11.10	11.50	11.10	118.30
2011	10.60	9.50	9.50	9.60	7.50	6.10	6.00	7.80	9.40	10.20	10.50	10.50	107.20
2012	10.10	9.50	9.50	9.00	6.60	5.80	5.60	6.40	8.50	10.60	10.90	10.30	102.80
2013	10.50	10.60	10.70	9.00	8.70	6.30	6.50	6.80	8.30	10.70	10.90	10.50	109.50
2014	10.10	10.30	10.30	9.80	7.40	6.60	6.40	7.80	9.80	9.90	10.70	10.90	110.00
2015	9.70	10.00	9.90	9.10	7.70	6.50	6.00	7.40	10.20	9.90	11.60	10.40	108.40
2016	10.90	10.10	9.90	9.20	7.20	5.60	5.40	6.70	8.60	10.00	10.40	11.40	105.40



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL



Nombre: Huancané  
Cuenca: Huancané

Región: Puno  
Provincia: Huancané  
Distrito: Huancané

Latitud Sur: 15°12'59.3"  
Longitud Oeste: 69°47'33.3"  
Altitud: 3860

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	9.20	9.30	9.00	7.60	5.80	3.70	4.10	5.50	6.60	8.70	9.80	9.60	88.90
1982	8.90	9.20	8.90	8.20	5.50	4.80	4.50	5.80	7.20	8.90	9.80	10.60	92.30
1983	11.10	10.20	10.90	9.80	7.60	6.00	6.10	7.10	8.60	8.80	9.80	9.70	105.70
1984	8.30	8.90	9.00	8.00	6.30	5.80	4.70	5.60	6.50	8.80	9.30	9.50	90.70
1985	8.90	8.80	8.50	8.40	6.80	5.70	3.80	5.70	7.80	8.20	7.90	8.50	89.00
1986	9.10	8.50	8.50	8.80	5.40	4.60	3.80	5.40	7.10	7.80	8.70	9.10	86.80
1987	9.60	10.00	9.20	8.70	7.00	5.20	4.90	6.30	7.90	9.20	10.10	10.60	98.70
1988	9.70	10.00	9.40	8.40	7.30	4.70	4.60	6.00	8.40	9.10	9.60	9.40	96.60
1989	9.00	8.70	8.50	8.30	6.10	5.50	4.30	5.90	8.40	9.30	8.90	9.90	92.80
1990	9.20	9.10	8.70	8.20	7.20	5.40	4.40	5.90	7.90	9.40	9.50	9.20	94.10
1991	9.60	9.60	9.60	8.30	6.00	4.50	4.20	5.60	7.40	8.70	9.10	9.20	91.80
1992	8.80	9.30	9.00	8.50	6.50	5.90	4.60	5.20	7.50	8.60	9.00	9.20	92.10
1993	8.60	8.90	8.60	8.70	6.50	4.20	5.30	5.20	7.90	9.10	9.80	9.90	92.70
1994	9.20	9.20	8.40	8.70	6.20	4.00	4.40	4.90	7.70	8.80	9.80	9.80	91.10
1995	9.90	9.40	9.20	8.30	5.80	4.30	5.00	8.60	10.20	11.60	10.80	10.30	103.40
1996	10.10	10.00	10.00	9.50	7.00	4.80	4.30	6.60	7.90	9.30	9.50	9.50	98.50
1997	9.10	8.70	8.40	7.20	6.00	4.40	5.00	6.60	7.90	9.60	10.20	11.50	94.60
1998	11.50	11.80	11.00	4.10	6.50	6.10	5.20	6.90	8.00	7.40	9.60	9.80	97.90
1999	9.70	9.20	8.90	8.00	6.50	4.80	5.30	5.80	7.60	8.70	9.20	10.30	94.00
2000	9.70	9.40	9.00	8.20	6.90	5.20	4.50	6.80	8.30	8.70	9.60	9.40	95.70
2001	9.00	9.40	9.00	8.00	6.70	5.40	4.80	5.40	8.60	9.60	10.40	10.20	96.50
2002	10.10	9.90	9.80	8.90	7.30	6.00	5.20	6.60	8.20	9.10	9.70	10.00	100.80
2003	9.80	9.90	9.10	8.30	6.50	3.80	4.60	5.30	7.10	8.20	9.20	9.90	91.70
2004	9.10	9.10	8.90	9.10	5.40	3.60	4.00	5.30	7.10	8.90	9.60	9.80	89.90
2005	8.90	8.70	8.70	7.60	4.90	3.20	2.70	2.80	6.40	8.80	10.00	10.10	82.80
2006	9.20	10.10	10.10	8.40	5.70	5.30	4.00	7.00	8.00	9.80	10.00	10.70	98.30
2007	10.70	10.20	9.70	9.20	7.70	5.60	5.40	6.70	8.50	9.20	9.20	9.70	101.80
2008	9.60	9.40	8.60	7.90	5.10	4.90	4.20	5.30	7.60	9.70	10.40	9.60	92.30
2009	9.80	9.50	9.20	8.20	6.80	4.10	5.40	5.90	9.10	9.80	11.10	10.80	99.70
2010	10.50	11.00	10.00	8.90	7.40	6.40	5.10	5.90	8.10	9.80	9.70	10.10	102.90
2011	9.40	9.30	9.00	8.10	6.30	5.00	4.90	6.10	7.50	8.80	10.10	9.60	94.10
2012	9.30	8.70	8.60	8.30	5.40	4.80	4.00	4.40	7.80	9.80	10.50	10.30	91.90
2013	9.90	10.10	10.20	8.00	7.40	5.20	5.30	5.80	7.40	9.40	9.80	10.10	98.60
2014	9.60	9.70	9.60	8.70	6.60	6.00	5.50	6.10	8.70	9.00	9.90	10.40	99.80
2015	9.30	9.60	9.30	8.80	7.00	5.70	4.90	6.00	8.20	8.50	10.40	10.20	97.90
2016	10.50	9.40	9.00	8.10	6.30	5.00	4.60	5.80	7.80	9.00	9.60	9.60	94.70



PERU Ministerio del Ambiente

## SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL



Nombre: Huaraya Moho  
Cuenca: Intercuenca 0171

Región: Puno  
Provincia: Moho  
Distrito: Moho

Latitud Sur: 15°23'17.8"  
Longitud Oeste: 69°29'03.4"  
Altitud: 3890

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	9.40	9.60	9.20	8.60	7.10	6.10	6.50	6.90	7.50	9.40	10.50	10.30	101.10
1982	9.50	10.40	9.70	8.60	7.00	6.50	6.00	6.80	8.00	9.20	10.00	10.30	102.00
1983	11.30	10.60	11.00	9.90	8.50	7.40	7.30	8.20	9.30	9.40	10.40	10.30	113.60
1984	8.80	8.90	9.00	8.60	7.50	7.00	6.20	7.10	8.00	9.30	9.60	9.30	99.30
1985	9.40	9.20	9.20	8.90	7.80	6.30	5.40	7.20	8.50	9.00	8.30	8.80	98.00
1986	9.70	8.80	8.70	8.90	5.40	6.20	5.10	6.80	8.00	8.90	9.60	9.60	95.70
1987	10.00	10.00	9.50	9.50	8.40	6.80	6.00	7.50	9.10	9.70	10.20	10.60	107.30
1988	9.70	10.30	9.80	9.00	7.90	6.20	5.80	7.10	8.80	9.60	10.10	9.60	103.90
1989	9.20	8.90	8.60	8.30	6.90	6.80	5.60	7.00	9.00	9.40	9.20	10.30	99.20
1990	9.30	9.30	9.10	8.70	8.10	5.40	5.40	7.00	8.40	9.30	9.70	9.50	99.20
1991	9.80	9.20	9.40	8.30	7.10	5.50	5.60	6.30	7.70	9.00	9.30	9.50	96.70
1992	9.10	9.50	9.30	9.10	7.80	6.50	5.30	6.00	8.20	8.60	9.50	9.20	98.10
1993	8.80	9.20	8.60	8.60	7.30	5.30	6.30	6.10	8.40	9.30	9.80	9.90	97.60
1994	9.30	9.30	8.60	8.70	7.00	5.50	5.70	6.50	8.20	9.40	10.00	9.80	98.00
1995	10.10	9.70	9.20	8.60	6.90	5.40	6.60	8.90	9.50	10.80	10.60	9.80	106.10
1996	9.60	9.30	10.10	9.10	7.10	5.40	5.60	8.00	8.00	9.50	9.20	9.30	100.20
1997	9.20	8.90	8.60	7.30	6.50	5.20	5.60	6.70	7.90	9.60	10.20	11.50	97.20
1998	11.70	11.40	10.80	10.10	7.30	7.00	8.10	7.90	9.00	10.10	10.20	10.50	114.10
1999	9.70	9.20	8.90	8.00	6.50	4.80	5.30	5.80	7.60	8.70	9.20	10.30	94.00
2000	9.50	9.40	9.30	8.50	7.20	5.80	5.60	7.30	8.60	8.50	10.10	9.30	99.10
2001	8.80	9.30	9.00	8.40	7.50	6.20	5.90	6.30	8.70	9.70	10.70	9.80	100.30
2002	9.80	9.70	9.60	8.90	7.70	6.90	5.90	7.10	8.50	9.10	9.70	10.20	103.10
2003	9.70	10.10	9.30	8.80	7.40	5.30	6.20	6.70	7.90	9.30	10.20	10.40	101.30
2004	9.60	9.80	9.60	9.30	7.20	5.50	5.80	6.50	8.10	10.40	10.70	10.70	103.20
2005	10.40	10.00	9.70	9.20	7.40	5.70	6.60	6.70	8.80	9.90	9.90	10.20	104.50
2006	9.30	10.10	9.70	8.40	6.30	6.30	5.20	7.70	8.60	9.80	10.00	10.60	102.00
2007	10.60	10.20	9.70	9.00	7.90	6.50	6.10	7.50	8.20	9.30	9.30	9.70	104.00
2008	9.70	9.40	8.60	8.20	6.30	6.10	5.40	6.60	8.20	9.50	10.50	9.60	98.10
2009	10.00	9.50	9.10	8.20	7.00	5.30	6.60	6.40	9.10	10.10	10.70	10.60	102.60
2010	10.50	11.00	10.00	8.90	7.40	6.40	5.10	5.90	8.10	9.80	9.70	10.10	102.90
2011	9.80	9.80	9.50	8.90	7.40	5.00	6.20	7.60	8.50	9.60	10.40	9.80	102.50
2012	9.50	9.10	9.10	8.70	6.90	6.30	6.10	6.30	8.40	10.00	10.60	10.10	101.10
2013	9.50	10.00	10.20	8.40	7.90	6.30	6.40	6.80	8.50	10.00	11.00	10.20	105.20
2014	9.90	10.40	9.70	9.10	7.80	7.50	6.90	7.00	9.00	9.10	10.30	10.90	107.60
2015	9.30	9.90	9.80	8.90	7.90	6.70	6.50	7.10	9.30	9.50	10.70	10.50	106.10
2016	11.00	9.80	9.50	8.90	7.40	6.30	6.20	7.10	8.60	9.60	10.00	10.60	105.00



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
INFORMACIÓN: TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL



Nombre: Muñani  
Cuenca: Huancané

Región: Puno  
Provincia: Azángaro  
Distrito: Muñani

Latitud Sur: 14°46'01.0"  
Longitud Oeste: 69°57'06.5"  
Altitud: 3948

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	9.40	9.20	9.40	8.60	8.00	5.90	6.90	7.50	8.00	9.50	10.60	10.40	103.40
1982	9.30	9.50	10.00	8.90	6.90	7.00	7.70	7.70	8.30	9.70	10.10	11.10	106.20
1983	11.50	11.20	11.60	10.80	9.10	7.70	8.00	9.50	9.90	10.40	11.20	10.50	121.40
1984	9.40	9.70	10.10	9.70	8.70	6.40	5.50	7.60	8.80	9.70	9.50	9.40	104.50
1985	9.70	9.70	9.50	9.30	8.50	7.50	6.30	7.90	9.00	9.40	9.10	9.30	105.20
1986	9.50	9.20	9.20	9.60	7.20	7.00	5.80	6.60	8.30	7.90	8.30	8.20	96.80
1987	8.70	8.90	7.90	7.90	7.10	5.70	4.70	6.20	7.30	8.20	8.00	11.30	91.90
1988	10.30	10.70	10.00	9.50	8.30	6.70	6.40	7.90	9.50	10.20	10.20	9.60	109.30
1989	9.00	9.20	9.00	9.20	7.90	7.40	6.20	7.10	9.40	10.00	9.60	10.40	104.40
1990	9.80	9.90	9.80	9.40	8.70	6.50	6.50	7.20	8.90	10.30	10.20	10.20	107.40
1991	10.20	10.20	10.20	9.40	8.20	6.60	6.30	7.40	8.40	9.80	10.00	10.10	106.80
1992	9.50	10.40	10.40	9.80	8.80	7.40	6.30	6.10	8.00	9.00	9.20	9.40	104.30
1993	8.70	9.00	8.60	8.70	8.00	6.10	6.40	6.50	8.20	9.40	9.60	9.90	99.10
1994	9.40	9.60	9.10	9.20	8.10	5.80	6.40	7.40	8.70	9.50	10.20	10.10	103.50
1995	9.90	9.90	9.50	9.40	8.10	6.50	7.00	9.10	9.80	10.90	10.60	9.40	110.10
1996	9.30	9.50	9.70	9.50	8.50	6.50	6.30	7.70	9.10	10.40	9.40	9.80	105.70
1997	9.10	9.20	9.10	8.10	7.50	6.40	6.90	8.00	9.40	10.20	10.90	11.70	106.50
1998	10.60	10.00	11.50	11.00	8.50	7.50	7.80	9.00	10.00	10.20	10.60	10.50	117.20
1999	9.70	9.20	8.90	8.00	6.50	4.80	5.30	5.80	7.60	8.70	9.20	10.30	94.00
2000	9.20	8.90	8.80	8.80	8.30	6.30	6.10	7.90	9.20	8.40	10.40	8.90	101.20
2001	8.50	8.80	8.50	8.50	7.30	6.00	5.80	6.40	9.00	9.00	9.70	9.90	97.40
2002	9.90	9.80	9.80	9.20	8.50	7.70	5.90	7.90	9.40	9.70	10.40	10.50	108.70
2003	10.00	10.20	9.50	9.10	8.10	6.20	6.20	6.40	7.90	9.40	9.70	10.10	102.80
2004	9.00	10.00	11.50	9.70	8.00	6.40	7.00	7.60	9.00	10.40	11.00	10.40	110.00
2005	10.30	9.90	10.40	9.90	8.50	6.60	7.20	7.60	8.90	10.10	10.20	10.50	110.10
2006	9.00	10.50	10.20	9.40	7.40	7.20	6.30	8.60	9.00	10.10	10.40	10.50	108.60
2007	10.90	11.00	9.90	9.80	8.80	7.80	7.30	8.70	9.00	10.10	10.50	10.00	113.80
2008	9.50	9.60	9.00	9.40	7.40	7.40	6.90	8.20	9.50	10.30	10.90	10.00	108.10
2009	10.20	9.80	9.80	9.10	8.50	6.50	6.50	9.10	9.30	10.60	11.20	10.90	111.50
2010	10.50	11.00	10.00	8.90	7.40	6.40	5.10	5.90	8.10	9.80	9.70	10.10	102.90
2011	9.60	9.60	9.20	8.50	6.90	5.00	5.60	6.90	8.00	9.20	10.30	9.70	98.50
2012	9.70	9.00	9.70	9.20	8.10	7.10	7.30	7.70	9.30	11.30	11.40	10.60	110.40
2013	10.40	10.30	10.80	9.30	9.00	7.30	7.40	8.20	9.60	10.90	11.10	10.60	114.90
2014	10.20	10.10	10.10	10.00	8.60	8.60	7.50	8.20	9.70	9.90	11.00	10.70	114.60
2015	9.60	10.20	10.40	9.80	9.00	8.30	7.70	8.50	10.40	10.40	11.50	10.80	116.60
2016	11.30	11.60	11.80	10.00	8.80	7.60	7.90	8.70	9.10	10.00	10.60	10.80	118.20



PERU Ministerio del Ambiente

## SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN: TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL



Nombre: Putina  
Cuenca: Huancané  
Fuente: PISCO

Región: Puno  
Provincia: San Antonio de Putina  
Distrito: Putina

Latitud Sur: 14°54'52.6"  
Longitud Oeste: 69°52'03.9"  
Altitud: 3978

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1981	9.60	9.10	9.30	7.60	5.10	3.30	3.10	4.50	6.10	8.50	9.90	9.50	85.60
1982	9.70	9.20	9.90	7.80	3.80	3.20	3.00	4.60	6.40	8.50	9.30	9.70	85.10
1983	10.40	10.10	9.90	8.70	5.90	4.10	3.80	5.80	7.40	8.20	8.90	9.40	92.60
1984	8.50	9.30	9.50	8.20	6.10	4.00	3.40	5.40	5.50	8.60	9.00	8.80	86.30
1985	9.30	9.10	9.00	8.50	6.50	4.30	2.40	4.80	7.40	7.50	8.30	8.70	85.80
1986	8.80	8.70	8.90	8.50	3.90	3.50	2.30	4.20	7.10	7.70	9.20	9.90	82.70
1987	9.80	9.70	9.00	8.00	5.60	3.60	3.40	5.40	6.80	8.20	10.40	10.60	90.50
1988	10.20	9.90	10.10	8.90	6.70	3.50	3.10	4.80	7.50	8.40	9.30	9.60	92.00
1989	9.10	9.40	9.20	8.60	6.40	5.40	4.10	5.30	8.40	9.80	9.80	10.80	96.30
1990	10.40	9.90	9.60	8.90	5.20	3.50	2.70	4.30	6.30	8.00	9.20	8.40	86.40
1991	8.50	8.80	10.70	9.80	5.60	3.30	2.20	3.80	6.20	7.40	9.00	9.10	84.40
1992	9.10	8.70	9.20	8.60	6.10	4.40	3.00	4.20	6.50	8.20	8.70	9.50	86.20
1993	8.70	8.90	8.40	8.40	5.80	3.10	4.20	5.20	7.70	9.00	10.20	10.50	90.10
1994	10.10	10.70	9.50	9.30	6.90	4.40	4.90	5.30	8.00	9.20	11.00	10.90	100.20
1995	11.30	10.10	9.30	7.60	4.80	3.30	3.10	4.20	6.60	7.80	8.40	7.90	84.40
1996	8.50	8.70	8.50	8.00	5.50	3.30	2.50	3.60	5.70	6.70	7.40	8.70	77.10
1997	8.80	8.20	7.60	5.90	5.00	3.30	2.80	4.10	6.90	8.90	9.20	9.70	80.40
1998	9.50	11.00	10.30	8.90	4.80	4.30	3.60	5.60	6.20	8.60	8.20	8.60	89.60
1999	8.70	8.30	8.20	7.10	5.00	3.10	2.70	4.10	5.50	7.10	7.20	8.50	75.50
2000	8.10	7.60	7.90	6.80	4.90	2.80	2.10	4.20	5.30	6.30	7.30	7.50	70.80
2001	7.50	8.10	7.70	6.90	5.30	3.70	2.80	3.20	7.20	8.00	9.00	9.00	78.40
2002	10.00	10.60	10.40	9.50	8.00	6.50	5.20	7.70	9.00	9.10	10.20	9.90	106.10
2003	9.70	9.70	8.70	8.60	7.40	4.80	5.20	6.40	7.80	9.40	10.10	10.50	98.30
2004	10.20	10.50	10.40	9.50	6.30	4.90	5.00	6.50	8.20	10.10	10.70	10.50	102.80
2005	9.80	9.80	10.00	9.20	6.90	5.00	5.90	5.70	8.10	9.70	10.10	9.90	100.10
2006	8.90	10.10	10.30	9.60	6.50	6.30	5.10	8.10	9.10	9.70	10.00	10.70	104.40
2007	11.00	10.40	9.90	9.60	8.40	6.50	6.30	7.40	8.90	10.00	9.60	9.80	107.80
2008	10.40	9.60	8.80	8.60	6.00	5.80	4.90	6.80	7.80	9.60	10.60	9.90	98.80
2009	10.10	10.10	9.40	8.70	7.60	4.90	6.10	6.20	9.60	10.30	11.30	10.90	105.20
2010	11.50	11.70	11.20	10.30	8.70	7.70	6.20	7.80	9.40	10.20	11.50	10.50	116.70
2011	9.60	9.50	9.50	9.60	7.50	6.10	6.00	7.80	8.90	9.70	10.50	10.60	105.30
2012	9.80	9.30	9.50	9.30	7.20	6.00	5.10	5.80	8.40	9.70	11.20	10.80	102.10
2013	10.30	9.80	10.90	8.70	8.40	6.50	5.90	6.60	8.00	10.20	10.30	10.60	106.20
2014	9.70	10.00	9.20	9.80	7.20	6.00	6.20	6.80	9.40	9.40	10.30	10.70	104.70
2015	9.50	10.10	10.00	9.30	7.90	6.50	5.80	6.90	9.40	9.30	10.60	10.60	105.90
2016	11.10	10.20	10.10	9.40	7.50	5.90	5.70	7.20	8.90	10.00	10.60	10.60	107.20

**Anexo H: Mapa de ubicación de la cuenca en estudio.**



