

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Hidráulica



**DISPONIBILIDAD HÍDRICA DEL RÍO CRISNEJAS  
EN LA ESTACIÓN PUENTE CRISNEJAS, MEDIANTE  
ENTRENAMIENTO DE UNA RED NEURONAL  
ARTIFICIAL PARA EXTENSIÓN DEL PERIODO DE  
REGISTRO DE CAUDALES**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Hidráulico**

Presentado por:  
**Bach. Luis Félix Vásquez Paredes**

Asesor:  
**Ing. Luis Vásquez Ramírez**

**Cajamarca - Perú  
2018**

*Dedicado a  
mis abuelos, quienes son  
la mejor prueba de que  
no hay que vivir para que  
nuestra presencia se note,  
sino para que nuestra ausencia  
se sienta.*

*Agradezco a  
toda mi familia, profesores,  
amigos y Dios, quien guía  
siempre mi camino.*

# Índice

	<b>Pág.</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
2.1 ANTECEDENTES	4
2.2 PRINCIPIOS DE TELEDETECCIÓN	5
2.3 CUENCA HIDROGRÁFICA Y DELIMITACIÓN	16
2.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS	17
2.5 TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA	31
2.6 COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE SERIES TEMPORALES	42
2.7 BALANCE HIDROLÓGICO DE CUENCAS	50
2.8 REDES NEURONALES ARTIFICIALES	58
2.9 TELEDETECCIÓN CON QGIS	68
2.10 ANÁLISIS DE DATOS CON R	69
2.11 REDES NEURONALES ARTIFICIALES CON MATLAB	70
2.12 TÉRMINOS BÁSICOS	71
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>73</b>
3.1 EQUIPOS E INSTRUMENTOS	73
3.2 ALCANCES METODOLÓGICOS	74
3.3 ÁREA DE ESTUDIO	75
3.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	79
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	86
3.6 GENERACIÓN DE CAUDALES	97
3.7 PREDICCIÓN DE CAUDALES	100
3.8 DISPONIBILIDAD HÍDRICA	101
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>102</b>
4.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	102
4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA	109
4.3 GENERACIÓN DE CAUDALES	115
4.4 PREDICCIÓN DE CAUDALES	121
4.5 DISPONIBILIDAD HÍDRICA	125
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>126</b>
5.1 CONCLUSIONES	126
5.2 RECOMENDACIONES	128
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>131</b>

<b>A. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS MORFOLÓGICOS</b>	<b>131</b>
<b>B. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA</b>	<b>146</b>
<b>C. GRÁFICOS DE CAJAS DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA</b>	<b>165</b>
<b>D. HIDROGRAMAS DEL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN</b>	<b>174</b>
<b>E. COMANDOS USADOS EN R PARA EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN</b>	<b>192</b>
<b>F. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA COMPLETA Y EXTENDIDA</b>	<b>193</b>

# Índice de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1	6
Figura 2	8
Figura 3	9
Figura 4	14
Figura 5	18
Figura 6	23
Figura 7	25
Figura 8	29
Figura 9	29
Figura 10	43
Figura 11	45
Figura 12	51
Figura 13	51
Figura 14	59
Figura 15	59
Figura 16	60
Figura 17	60
Figura 18	60
Figura 19	61
Figura 20	61
Figura 21	63
Figura 22	65
Figura 23	66
Figura 24	74
Figura 25	76
Figura 26	78
Figura 27	80
Figura 28	81
Figura 29	82
Figura 30	85
Figura 31	88
Figura 32	95
Figura 33	98
Figura 34	99
Figura 35	100
Figura 36	104
Figura 37	106

Figura 38	NDVI promedio mensual, de mayo a agosto.	107
Figura 39	NDVI promedio mensual, de septiembre a diciembre.	108
Figura 40	Precipitación total anual en mm, estaciones Cachachi, Cajabamba, Encañada, Granja Porcón, Huamachuco y Jesús	110
Figura 41	Precipitación total anual en mm, estaciones Laguna Huangacocha, Namora, San Juan, San Marcos, Sondor Matara y Augusto Weberbauer	110
Figura 42	Precipitación promedio mensual en mm, 1965 - 2017.	112
Figura 43	Temperatura promedio mensual en °C, 1965 - 2017.	114
Figura 44	Caudal medido Vs. Caudal Generado, 1968 - 1976.	115
Figura 45	Caudal medido Vs. Caudal Generado, 2014 - 2017.	115
Figura 46	Caudal medido Vs. Caudal Generado, 1968 - 1976 y 2014 - 2017.	116
Figura 47	Caudal promedio mensual generado, 1965 - 2017.	117
Figura 48	Caudal promedio anual generado $m^3/s$ , 1965 - 2017.	120
Figura 49	Caudal total anual generado MMC, 1965 - 2017.	120
Figura 50	Caudal promedio mensual generado y predicción, 1965 - 2032.	123
Figura 51	Caudal promedio anual generado y predicción $m^3/s$ , 1965 - 2032.	124
Figura 52	Caudal total anual generado MMC, 1965 - 2032.	124
Figura 53	Disponibilidad hídrica al 50 %, 75 % y 95 % de persistencia hidrológica, $m^3/s$ .	125
Figura 54	Curvas hipsométrica, cuenca Crisnejas	131
Figura 55	Frecuencia de altitudes, cuenca Crisnejas	131
Figura 56	Curvas hipsométrica, cuenca Cajamarquino	136
Figura 57	Frecuencia de altitudes, cuenca Cajamarquino	136
Figura 58	Curvas hipsométrica, cuenca Cajamarquino	141
Figura 59	Frecuencia de altitudes, cuenca Cajamarquino	141
Figura 60	Gráfico de cajas, estación Augusto Weberbauer.	165
Figura 61	Gráfico de cajas, estación Augusto Weberbauer temperatura.	165
Figura 62	Gráfico de cajas, estación Cachachi.	166
Figura 63	Gráfico de cajas, estación Cajabamba.	166
Figura 64	Gráfico de cajas, estación Cajabamba temperatura.	167
Figura 65	Gráfico de cajas, estación Encañada.	167
Figura 66	Gráfico de cajas, estación Granja Porcón.	168
Figura 67	Gráfico de cajas, estación Huamachuco.	168
Figura 68	Gráfico de cajas, estación Huamachuco temperatura.	169
Figura 69	Gráfico de cajas, estación Jesús.	169
Figura 70	Gráfico de cajas, estación Laguna Huangacocha.	170
Figura 71	Gráfico de cajas, estación Namora.	170
Figura 72	Gráfico de cajas, estación San Juan.	171
Figura 73	Gráfico de cajas, estación San Juan Temperatura.	171
Figura 74	Gráfico de cajas, estación San Marcos.	172
Figura 75	Gráfico de cajas, estación San Marcos Temperatura.	172
Figura 76	Gráfico de cajas, estación Sondor Matara.	173

Figura 77	Análisis estadístico Augusto Weberbauer.	175
Figura 78	Análisis estadístico Augusto Weberbauer, temperatura.	176
Figura 79	Análisis estadístico Cachachi.	177
Figura 80	Análisis estadístico Cajabamba.	178
Figura 81	Análisis estadístico Cajabamba, temperatura.	179
Figura 82	Análisis estadístico Encañada.	180
Figura 83	Análisis estadístico Granja Porcón.	181
Figura 84	Análisis estadístico Huamachuco.	182
Figura 85	Análisis estadístico Huamachuco, temperatura.	183
Figura 86	Análisis estadístico Jesús.	184
Figura 87	Análisis estadístico Laguna Huangacocha.	185
Figura 88	Análisis estadístico Namora.	186
Figura 89	Análisis estadístico San Juan.	187
Figura 90	Análisis estadístico San Juan, temperatura.	188
Figura 91	Análisis estadístico San Marcos.	189
Figura 92	Análisis estadístico San Marcos, temperatura.	190
Figura 93	Análisis estadístico Sondor Matara.	191



## Índice de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1	17
Tabla 2	19
Tabla 3	19
Tabla 4	20
Tabla 5	21
Tabla 6	36
Tabla 7	75
Tabla 8	83
Tabla 9	84
Septiembre y Noviembre	84
Tabla 10	84
Octubre y Diciembre	84
Tabla 11	86
Tabla 12	87
Tabla 13	87
Tabla 14	90
Tabla 15	90
Tabla 16	90
Tabla 17	91
Tabla 18	91
Tabla 19	91
Tabla 20	91
Tabla 21	91
Tabla 22	92
Tabla 23	92
Tabla 24	92
Tabla 25	92
Tabla 26	92
Tabla 27	93
Tabla 28	93
Tabla 29	93
Tabla 30	93
Tabla 31	96
Tabla 32	102
Tabla 33	104
Tabla 34	111
Tabla 35	113
Tabla 36	118
Tabla 37	119

Tabla 38	Caudales de predicción en m <sup>3</sup> /s, período 2018 - 2032.	121
Tabla 39	Caudales de predicción en MMC, período 2018 - 2032.	122
Tabla 40	Disponibilidad hídrica al 50 %, 75 % y 95 % de persistencia hidrológica, m <sup>3</sup> /s.	125
Tabla 41	Disponibilidad hídrica del río Crisnejas en la estación hidrométrica Puente Crisnejas	125
Tabla 42	Curvas de nivel - Cuenca Crisnejas	132
Tabla 43	Tabla del cauce principal - Cuenca Crisnejas	133
Tabla 44	Tabla de áreas - Cuenca Crisnejas	134
Tabla 45	Tabla de ríos - Cuenca Crisnejas	135
Tabla 46	Curvas de nivel - Cuenca Cajamarquino	137
Tabla 47	Tabla del cauce principal - Cuenca Cajamarquino	138
Tabla 48	Tabla de áreas - Cuenca Cajamarquino	139
Tabla 49	Tabla de ríos - Cuenca Cajamarquino	140
Tabla 50	Curvas de nivel - Cuenca Condebamba	142
Tabla 51	Tabla del cauce principal - Cuenca Condebamba	143
Tabla 52	Tabla de áreas - Cuenca Condebamba	144
Tabla 53	Tabla de ríos - Cuenca Cajamarquino	145
Tabla 54	Estación Augusto Weberbauer, precipitación en mm.	147
Tabla 55	Estación Augusto Weberbauer, temperatura en °C.	148
Tabla 56	Estación Cachachi, precipitación en mm.	149
Tabla 57	Estación Cajabamba, precipitación en mm.	150
Tabla 58	Estación Cajabamba, temperatura en °C.	151
Tabla 59	Estación Encañada, precipitación en mm.	152
Tabla 60	Estación Granja Porcón, precipitación en mm.	153
Tabla 61	Estación Huamachuco, precipitación en mm.	154
Tabla 62	Estación Huamachuco, temperatura en °C.	155
Tabla 63	Estación Jesús, precipitación en mm.	156
Tabla 64	Estación Laguna Huangacocha, precipitación en mm.	157
Tabla 65	Estación Namora, precipitación en mm.	158
Tabla 66	Estación San Juan, precipitación en mm.	159
Tabla 67	Estación San Juan, temperatura en °C.	160
Tabla 68	Estación San Marcos, precipitación en mm.	161
Tabla 69	Estación San Marcos, temperatura en °C.	162
Tabla 70	Estación Sondor Matara, precipitación en mm.	163
Tabla 71	Estación Puente Crisnejas, caudal en m <sup>3</sup> /s.	164
Tabla 72	Augusto Weberbauer, precipitación.	194
Tabla 73	Augusto Weberbauer, temperatura.	195
Tabla 74	Cachachi, precipitación.	196
Tabla 75	Cajabamba, precipitación.	197
Tabla 76	Cajabamba, temperatura.	198
Tabla 77	Encañada, precipitación	199

Tabla 78	Granja Porcón, precipitación.	200
Tabla 79	Huamachuco, precipitación.	201
Tabla 80	Huamachuco, temperatura.	202
Tabla 81	Jesús, precipitación	203
Tabla 82	Laguna Huangacocha, precipitación.	204
Tabla 83	Namora, precipitación.	205
Tabla 84	San Juan, precipitación.	206
Tabla 85	San Juan, temperatura.	207
Tabla 86	San Marcos, precipitación.	208
Tabla 87	San Marcos, temperatura.	209
Tabla 88	Sondor Matara, precipitación.	210

## Resumen

La escasez de información hidrométrica dificulta el planeamiento y adecuado aprovechamiento del recurso hídrico en las cuencas. Por esta razón se plantean métodos o modelos hidrológicos de precipitación y escurrimiento que requieren información de la que no se dispone en muchas cuencas del territorio nacional. El objetivo de esta investigación es generar un registro completo de caudales medios mensuales mediante la aplicación de la técnica de las redes neuronales artificiales. La aplicación de la inteligencia artificial en áreas como la hidrología nos permite disponer de una metodología adaptable a la información disponible en cada cuenca. Las redes neuronales artificiales emplean un conjunto de datos o patrones de entrada que corresponden a las variables que influyen en un fenómeno físico con sus correspondientes salidas o respuestas, y sin necesidad de conocer la interacción o relación existente entre ellas para dar forma a dicho fenómeno, nos pueden brindar las respuestas o salidas para patrones no conocidos o no entrenados. Esta es la principal razón por la cual se ha optado por esta técnica para la generación de caudales en la cuenca del río Crisnejas. La cuenca posee un registro incompleto de 11 años de caudales promedio mensuales. Con la recopilación y tratamiento estadístico de 53 años de información climática de precipitación y temperatura de 12 estaciones ubicadas en el ámbito de la cuenca y 11 años de información hidrométrica registrada en el punto emisor (Puente Crisnejas), se ha logrado el entrenamiento de una red neuronal artificial que dio como salida el caudal promedio mensual de los 53 años y adicionalmente se hizo una predicción de dicha serie de tiempo en un período futuro de 15 años (hasta el 2032). Con la información generada, se dispuso a realizar el ajuste estadístico a la distribución Lognormal y obtener la oferta hídrica del río Crisnejas a una persistencia hidrológica del 50 %, 75 % y 95 % en un período futuro de 15 años. Finalmente, se determinó el caudal ecológico y se restó su valor a la oferta hídrica, obteniéndose la disponibilidad hídrica del río, asumiendo que no existe demanda aguas abajo del punto de análisis. Los productos de este trabajo de investigación permiten su aplicación al análisis de eventos de sequía o efectos del fenómeno del Niño en la cuenca para futuras investigaciones y deja una base metodológica para la generación de caudales mediante entrenamiento de redes neuronales artificiales.

Palabras clave: Caudal promedio mensual, redes neuronales artificiales, cuenca del río Crisnejas.

## Abstract

The lack of hydrometric information hinders the planning and proper use of water resources in the basins. For this reason, hydrological precipitation or runoff methods or models are proposed that require information that is not available in many basins of the national territory. The objective of this research is to generate a complete record of monthly average flows by applying the technique of artificial neural networks. The application of artificial intelligence in fields such as hydrology allows us to establish a methodology applicable to the information available in each basin. Artificial neural networks use a set of data or input patterns that correspond to the variables that influence a physical phenomenon with their corresponding outputs or responses, and without the need to know the interaction or relationship between them to shape that phenomenon, They can give us the answers or outputs for unknown or untrained employers. This is the main reason why this technique has been chosen for the generation of flows in the Crisnejas river basin. The basin has an incomplete record of 11 years of average monthly flows. With the collection and statistical treatment of 53 years of precipitation and temperature climatic information from 12 stations located in the area of the basin and 11 years of hydrometric information recorded at the emitter point (Crisnejas Bridge), a network training has been achieved Artificial neuronal system that resulted in the average monthly flow of 53 years and in addition a prediction of this time series was made in a future period of 15 years (until 2032). With the information generated, it was prepared to make the statistical adjustment to the Lognormal distribution and obtain the water supply of the Crisnejas River at a hydrological persistence of 50%, 75% and 95% in a future period of 15 years. Finally, the ecological flow was determined and its value was subtracted from the water supply, obtaining the water availability of the river, assuming that there is no demand downstream of the analysis point. The products of this research work allow its application to the analysis of drought events or effects of the El Niño phenomenon in the basin for future research and leave a method for the generation of flows through training of artificial neural networks.

**Keywords:** Average monthly flow, artificial neural networks, Crisnejas river basin.

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El río Crisnejas es receptor de toda el agua que discurre de la cuenca del río Cajamarquino y del río Condebamba, con un área de más de  $4000\text{Km}^2$ , tiene gran importancia hídrica para la región de Cajamarca. En este río pueden implementarse proyectos hidráulicos tales como hidroeléctricas, sistemas de riego, entre otros. Sin embargo, la determinación del caudal disponible para el desarrollo de tales proyectos se ve limitada por el corto período de registro de caudales existente en la cuenca.

La escasa información hidrométrica de la cuenca del río Crisnejas dificulta el planeamiento, diseño y operación de los proyectos hidráulicos que se abastecen de tan importante sistema hidrológico. Aún cuando la estación hidrométrica Puente Crisnejas registró por más de 30 años los niveles del río, estos datos no pueden ser utilizados debido a que no se dispone de las curvas de altura - gasto para su conversión a caudales.

Los datos hidrometeorológicos disponibles son las precipitaciones y temperaturas en la cuenca y en las unidades hidrográficas que lo componen, además de un registro de caudales diarios de aproximadamente 10 años en la estación hidrométrica Puente Crisnejas, situación muy recurrente en diversos sistemas hidrológicos tanto de la sierra como de la costa del país.

Las redes neuronales artificiales brindan la libertad de elegir las variables que se consideren influyentes en la respuesta final de un sistema. Esto es debido a que el modelo de redes neuronales no necesita conocimiento del problema físico para poder resolverlo o entregar una respuesta acertada, sino únicamente de las variables que en él intervienen, lo cual facilita su “entrenamiento” con los datos disponibles y/o relevantes en cada cuenca, es decir, que se considere tienen influencia elevada en la escorrentía.

Por tal motivo, se plantea como interrogante: ¿Es posible determinar cuál es el caudal disponible en el río Crisnejas para su aprovechamiento en futuros proyectos hidráulicos mediante el entrenamiento de redes neuronales artificiales?

En esta investigación se plantea la posibilidad de obtener dicho caudal aprovechando la información disponible en la cuenca y aplicando la metodología de las redes neuronales artificiales.

Las redes neuronales artificiales, se caracterizan por la robustez que poseen para entregar

las respuestas o salidas de un sistema en el cual únicamente se conocen las variables más influyentes. En el caso de sistemas físicos (como una cuenca), tampoco se hace necesario conocer la interrelación entre sus variables puesto que las redes neuronales realizan su aprendizaje basándose en algoritmos de corrección de errores.

Siempre que exista un proceso de comprobación y aprendizaje a través de datos medidos, la red neuronal entrenada con las variables seleccionadas se podrá considerar confiable bajo cierto grado de aceptación.

Por lo tanto, debido a las variables disponibles y la naturaleza del problema, las redes neuronales se convierten en una metodología idónea para aplicarse a la cuenca del río Crisnejas y otras cuencas que posean registros de información similar.

Conocer la disponibilidad hídrica del río Crisnejas tendrá un impacto positivo en la región, puesto que permitirá planificar adecuadamente el uso del recurso hídrico en la cuenca baja. Los proyectos existentes podrán ser replanteados para hacer un mejor manejo de infraestructura hidráulica y se tendrá la información necesaria para una evaluación económica más real. Asimismo, la ampliación, modificación o propuesta de nuevos proyectos será un aspecto favorecido con el conocimiento del caudal aprovechable del río.

Las redes neuronales artificiales, por su naturaleza, permiten utilizar sólo los datos disponibles en esta cuenca, obteniéndose resultados más robustos que los que podrían obtenerse con otros métodos. Al ser una metodología relativamente nueva, también tendrá un impacto favorable en futuros estudios, pues la red neuronal artificial quedará preparada para el ingreso de nueva información y podría aplicarse en cuencas con buena similitud hidrológica a la del Crisnejas e igual información climática disponible permitiendo generar caudales en cuencas sin información hidrométrica.

En lo referente a la demanda de agua, debido a las limitaciones de la información se considera satisfecha aguas arriba del punto de análisis en el río, teniendo en cuenta que los caudales registrados son los resultantes de restar la demanda de agua al caudal natural del río Crisnejas, dicho en otras palabras, el caudal sobrante de la demanda de agua en la cuenca. Por lo tanto, en la respuesta de la red neuronal artificial queda el caudal disponible luego de satisfacer la demanda que por una u otra razón no regresa al cauce en forma de un caudal de retorno.

La demanda también es variable en el tiempo y por lo tanto podría ser un parámetro

introducido en la red neuronal y mejoraría el desempeño de ésta, sin embargo, debido a que no compromete su aplicación o funcionalidad, puede ser omitida.

Se propone, como objetivo general, generar los caudales medios multianuales del río Crisnejas mediante redes neuronales artificiales.

Como objetivos específicos se busca: recopilar y procesar la información cartográfica, hidrológica y meteorológica, realizar el modelamiento hidrológico y generar los caudales promedio mensuales, obtener la disponibilidad hídrica del río Crisnejas y finalmente proponer como metodología el entrenamiento de redes neuronales artificiales como alternativa para la obtención de caudales mensuales multianuales aprovechando los datos de precipitación, temperaturas y cobertura vegetal de las cuencas.

En el Capítulo II se ha recopilado todo lo referente a las bases teóricas necesarias para la comprensión del ciclo hidrológico, redes neuronales artificiales, delimitación de cuencas y parámetros geomorfológicos, tratamiento de imágenes satelitales multiespectrales y procesamiento de datos hidrometeorológicos. En el Capítulo III se detallan los materiales y programas utilizados, así como la metodología seguida en cada uno. En el Capítulo IV se detallan los resultados del procesamiento de la información cartográfica e hidrometeorológica, así como los obtenidos del entrenamiento de la red neuronal artificial. Finalmente en el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.



## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

Al respecto, existen algunos estudios hidrológicos en la cuenca del río Crisnejas, tanto de máximas avenidas como de disponibilidad hídrica, estos últimos emplean métodos precipitación – escorrentía para la generación de caudales mensuales.

La Autoridad Nacional del Agua realiza un monitoreo del río, tanto en calidad del agua como en cantidad, y dispone de un estudio hidrológico de acreditación de disponibilidad hídrica y de faja marginal, donde se evalúan las máximas avenidas del río Crisnejas.

Adicionalmente, también en la bibliografía existente en la cuenca, el Gobierno Regional de Cajamarca realizó estudios de disponibilidad hídrica, empleando de igual manera métodos precipitación – escorrentía, tales como el método de Lutz Scholz para la generación de caudales. A continuación, se mencionan algunos de los principales estudios realizados en la cuenca del río Crisnejas.

- Estudio Hidrológico de la Región Cajamarca (Gobierno Regional de Cajamarca, 2010)
- Diagnóstico de los valles Cajamarca y Condebamba (Plan Meris – Primera etapa, 1978)
- Evaluación y caracterización hidrológica de la Región Cajamarca (SENAMHI, 2008)
- Estudio de delimitación de la faja marginal del río Crisnejas en el ámbito de la Central Hidroeléctrica Potrero (Empresa Eléctrica Agua Azul S.A., 2015)
- Estudio de aprovechamiento hídrico del río Crisnejas para el desarrollo del proyecto Centrales Hidroeléctricas Potrero y Roca Grande (Empresa Eléctrica Agua Azul S.A., 2013)

En cuanto a los estudios en los que se emplearon redes neuronales en el diseño hidrológico no se ha encontrado ninguno en la cuenca, sin embargo, en nuestro país ya se ha venido difundiendo esta metodología y se ha realizado un estudio hidrológico empleando redes neuronales, el mismo que se menciona a continuación.

- Aplicación de Redes Neuronales Artificiales a la Modelización y Previsión de Cau-

dales Medios Mensuales del Río Huancané (Wilber Fermín Laqui Vilca, 2010)

Aunque a nivel internacional las redes neuronales en hidrología no son un tema nuevo, su aplicación principalmente se ha enfocado en lo que respecta a determinación de máximas avenidas y procesos de homogeneización y completación de series hidrometeorológicas, temas que no se abordan en este trabajo de investigación.

## 2.2 PRINCIPIOS DE TELEDETECCIÓN

Agencia Espacial Europea - ESA Agencia Espacial Europea - ESA (2018), define la teledetección como un modo de obtener información acerca de objetos tomando y analizando datos sin que los instrumentos empleados para adquirir los datos estén en contacto directo con el objeto.

En la teledetección hay tres elementos importantes: una *plataforma*, para sostener el instrumento; un *objeto*, que se va a observar; y un *instrumento o sensor*, para observar el objetivo. Puede considerarse un cuarto elemento: la *información*, que se obtiene con los datos de la imagen y cómo se emplea y almacena esta misma.

Cuando los científicos hablan de teledetección, el objeto que se observa es la superficie de la Tierra o bien su atmósfera. Para ellos, la teledetección es un intento de medir a distancia las propiedades de los objetos presentes en la superficie de la Tierra.

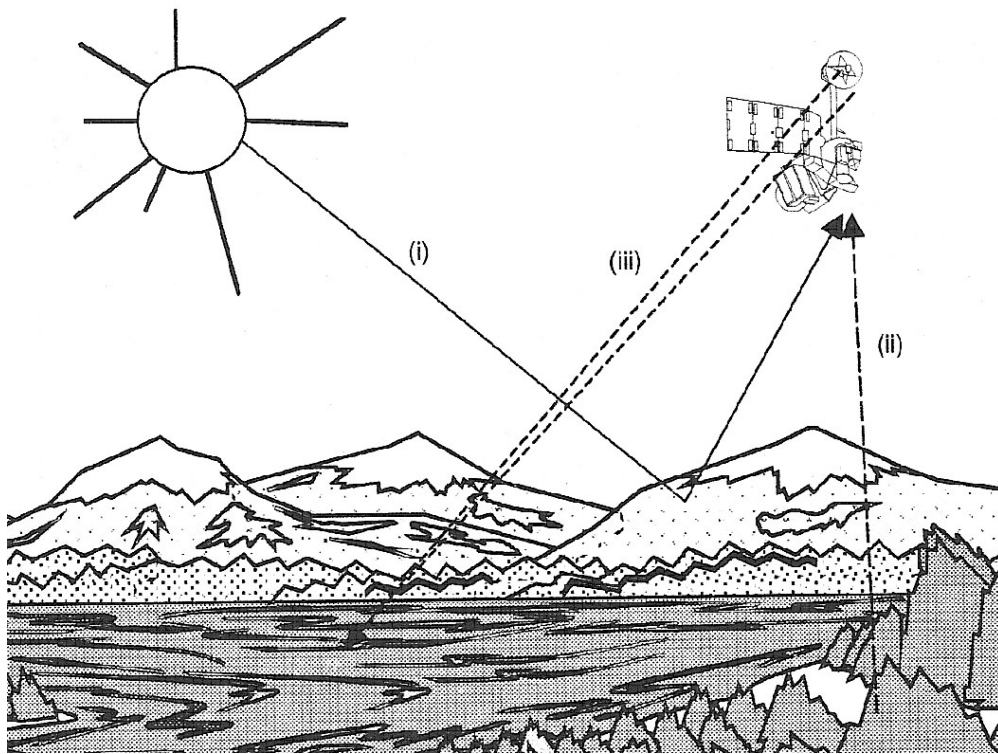
Para los científicos, las plataformas son los medios de estar “a distancia” de la superficie de la Tierra (por ejemplo, aviones y satélites). El objetivo es el mismo planeta, los sensores son todos los instrumentos empleados para observar la Tierra (cámara, escáneres, radares, etc.) y la información obtenida al final es todo aquello que amplía nuestro conocimiento sobre nuestro planeta (la nubosidad, la evolución del agujero de ozono, el avance de los desiertos, el progreso de la deforestación y otras muchas cosas más).

### a. **Observación remota**

(Chuvienco, 1996). El proceso de observación remota consiste en poner en interacción el objetivo y el sistema sensor, de tal manera que de esta interacción resulte información geográfica útil al momento de realizar toma de decisiones. Tomando como ejemplo, nuestros sentidos solamente pueden percibir la información que sea emitida por un objeto, somos capaces de ver un árbol porque nuestros ojos reciben la infor-

mación que es emitida por éste, sin embargo se resalta que dicha información no es originada por el árbol sino por un foco energético exterior que lo ilumina. De ahí que no seamos capaces de percibirlo en la oscuridad.

Este simple ejemplo sirve para introducir los elementos principales de un sistema de teledetección: sensor (nuestro ojo), objeto observado (árbol) y un elemento no mencionado anteriormente, *flujo energético* que permite poner a ambos en relación. En el caso del ojo, ese flujo procede del objeto por reflexión de la luz solar. Podría también tratarse de un tipo de energía emitida por el propio objeto, o incluso por el sensor. Estas son, precisamente, las tres formas de adquirir información a partir de un sensor remoto: por *reflexión* (i), por *emisión* (ii) y por *emisión-reflexión* (iii). Ver figura 1.



**Figura 1:** Formas de observación remota  
*Fuente: Chuvieco (1996)*

La primera de estas formas es la más importante del proceso de teledetección, debido a que se deriva directamente de la luz del sol, principal fuente de energía de nuestro planeta y misma que utilizan la mayoría de sensores montados en plataformas espaciales. El sol ilumina la superficie terrestre, que refleja esa energía en función del tipo de cubierta que se presente sobre la misma. Ese flujo reflejado se recoge por el sensor,

que lo transmite posteriormente a las estaciones receptoras. Entre superficie y sensor se interpone la atmósfera, que dispersa y absorbe parte de la energía original. De igual forma, la observación remota puede basarse en la energía emitida por las propias cubiertas, o en la que se podría enviar desde un sensor que fuera capaz tanto de generar su propio flujo energético como de recoger posteriormente su reflexión sobre la superficie terrestre.

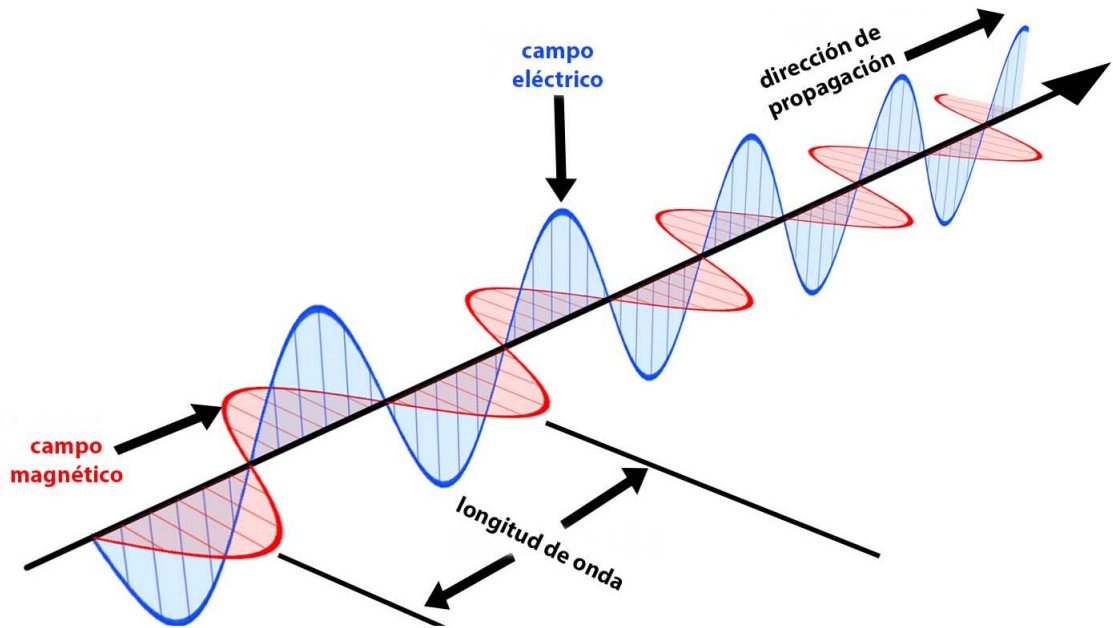
En cualquiera de estos casos, el flujo energético entre la cubierta de la superficie terrestre y el sensor constituye una forma de radiación electromagnética. Como ya se mencionó, la energía se transfiere de un lugar a otro por tres procesos: convección, conducción, y radiación. De ellos, es de mayor interés el último.

Históricamente las propiedades de la radiación electromagnética se han explicado por dos teoría aparentemente contrapuestas: la de Huygens y Maxwell que la concibe como un haz ondulatorio, y la de Planck y Einstein que la considera como una sucesión de unidades discretas de energía, fotones o cuantos, con masa igual a cero. En la actualidad, parece que ambas teorías se pueden compaginar, pues se ha demostrado que la luz puede comportarse de acuerdo a ambos planteamientos.

Según la teoría ondulatoria, la energía electromagnética se transmite de un lugar a otro siguiendo un modelo armónico y continuo, a la velocidad de la luz y conteniendo dos campos de fuerzas ortogonales entre sí; eléctrico y magnético (Figura 2). Las características de este flujo energético pueden describirse por dos elementos: longitud de onda  $\lambda$  y frecuencia ( $F$ ). La primera hace referencia a la distancia entre dos picos sucesivos de una onda mientras que la frecuencia designa el número de ciclos pasando por un punto fijo en una unidad de tiempo. Ambos elementos están inversamente relacionados, como describe la Ecuación 1.

$$c = \lambda F \tag{1}$$

donde  $c$  indica la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s),  $\lambda$  expresa la longitud de onda y  $F$  la frecuencia (Herzios, ciclos por segundo). Por supuesto, a mayor longitud de onda, menor frecuencia y viceversa, por lo que basta con indicar un sólo término para identificar propiamente el tipo de energía mencionado.



**Figura 2:** Onda electro-magnética, según la teoría ondulatoria  
*Fuente: Pereyra (2018)*

Gracias a la teoría cuántica, podemos calcular la cantidad de energía transportada por un fotón, siempre que se conozca su frecuencia:

$$E = hF \quad (2)$$

donde  $E$  es la energía radiante de un fotón (en julios),  $F$  la frecuencia y  $h$  la constante de Planck ( $6.6 \times 10^{-34}$  J s). Sustituyendo en 1, se puede también expresar:

$$E = h(c/\lambda) \quad (3)$$

lo que significa, en definitiva, que a mayor longitud de onda (o menor frecuencia), el contenido energético será menor y viceversa. Esto implica que la radiación en longitudes de onda largas es más difícil de detectar que aquella centrada en longitudes cortas, de ahí que las primeras requieran más sofisticados medios de detección.

#### b. **Espectro electromagnético**

De las fórmulas anteriores, se deduce que es posible describir cualquier tipo de energía radiante en función de su longitud de onda o frecuencia. Aunque la sucesión de valores de longitud de onda es continua, suelen establecerse una serie de bandas en donde

la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar. La organización de estas bandas de longitudes de onda o frecuencia se denomina espectro electromagnético<sup>3</sup>. Comprende, en un continuo, desde las longitudes de onda más cortas (rayos gamma, rayos X), hasta las kilométricas (telecomunicaciones). Las unidades de medida más comunes se relacionan con la longitud de onda. Para las más cortas se utilizan micras ( $\mu\text{m} = 10^{-6}$  metros), mientras las más largas (denominadas microondas) se les designa también por valores de frecuencia (en gigahercios,  $\text{GHz} = 10^8$  Hz).

Desde el punto de vista de la teledetección, conviene destacar una serie de bandas espectrales, que son las más frecuentemente empleadas con la tecnología actual. Su denominación y amplitud varían según distintos autores, si bien la terminología más común es la siguiente:

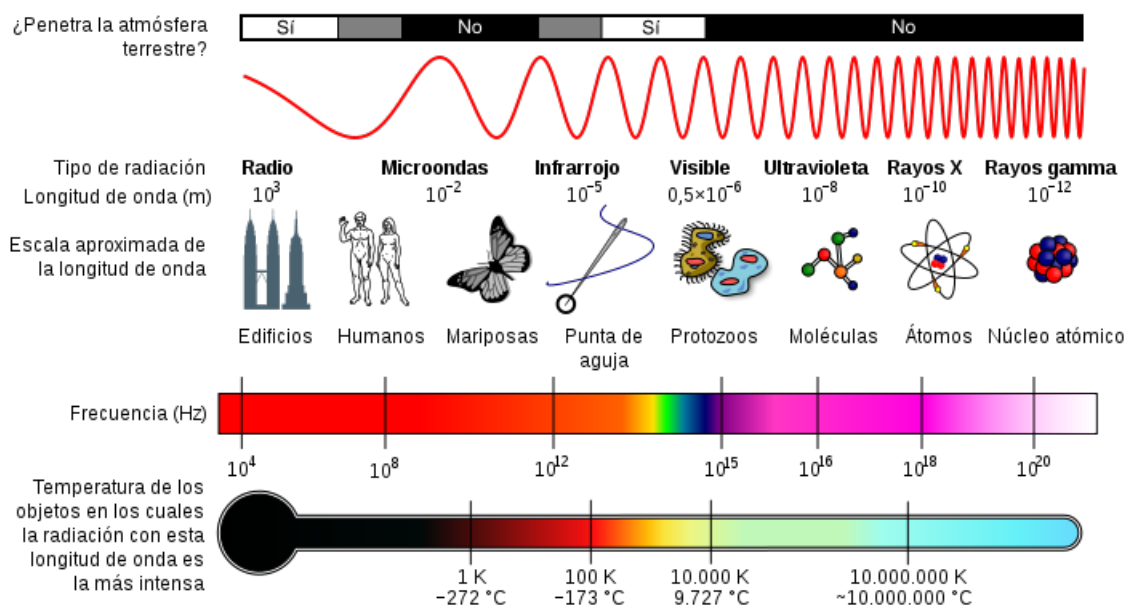


Figura 3: Espectro electromagnético

- **Espectro visible (0.4 a 0.7  $\mu\text{m}$ )**. Se denomina así por tratarse de la única radiación electromagnética que pueden percibir nuestros ojos, coincidiendo con las longitudes de onda en donde es máxima la radiación solar. Suelen distinguirse tres bandas elementales, que se denominan azul (0.4 a 0.5  $\mu\text{m}$ ); verde (0.5 a 0.6  $\mu\text{m}$ ), y el rojo (0.6 a 0.7  $\mu\text{m}$ ), en razón de los colores elementales asociados a esas longitudes de onda.
- **Infrarrojo próximo (0.7 a 1.3  $\mu\text{m}$ )**, a veces se denomina también infrarrojo

reflejado y fotográfico, puesto que puede detectarse a partir de films dotados de emulsiones especiales. Resulta de especial importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.

- **Infrarrojo medio (1.3 a 8  $\mu\text{m}$ ).** En donde se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre.
- **Infrarrojo lejano o térmico (8 a 14  $\mu\text{m}$ ),** que incluye la porción emisiva del espectro terrestre.
- **Micro-ondas (a partir de 1 mm),** con gran interés por ser un tipo de energía bastante transparente a la cubierta nubosa.

### c. Tratamiento digital de imágenes

Todo sistema sensor proporcionará imágenes “crudas”, es decir sin previo tratamiento, estas imágenes ordenadas en bandas tendrán por lo tanto valores o niveles digitales (ND o DN por sus siglas en inglés) en sus celdas, los cuales son representación relativa de la radiancia percibida por el sensor, afectadas principalmente de la atmósfera y otros factores que se tendrán en cuenta más adelante, haciéndose necesario aplicar ciertas correcciones y calibraciones.

- **Componentes para el tratamiento (físicos y lógicos).** En cuanto a los *componentes físicos* podemos citar, en la actualidad, principalmente a los ordenadores de mesa o portátiles, cuya unidad de procesamiento o CPU por sus siglas en inglés permite realizar los cálculos necesarios sobre las imágenes para los procesos de corrección, determinación de índices y clasificaciones. En lo que respecta a los *componentes lógicos*, hace referencia al software, programa o código empleado en el tratamiento de imágenes, es así que podemos citar los programas de pago especializados en el tratamiento de imágenes de satélite como ENVI, ERDAS y PCI Geomatics. No se ha podido encontrar un software libre especializado en tratamiento de imágenes de satélite, sin embargo la herramienta Semi-Automatic Classification Plugin de libre distribución, elaborada por Luca Congedo para el sistema de información geográfica QGIS permite realizar el tratamiento de imágenes de Landsat de una manera tan dinámica como cualquier software de pago especializado en tratamiento de imágenes de satélite.

- **Pre procesamiento - correcciones de la imagen.** Cualquier imagen adquirida por un sensor remoto está siempre sometida a una serie de alteraciones provenientes del sensor, la plataforma, la rotación terrestre o la atmósfera. Estas alteraciones ocasionan que la imagen tomada no coincida exactamente con el tono, la posición, la forma o el tamaño de los objetos que incluye, razón por la cual se realizan ciertas correcciones. Entre estas correcciones, y por la calidad de la información satelital con la que se trabaja en esta investigación, se hace necesario conocer las siguientes:

- *Corrección atmosférica:* La presencia de aerosoles y vapor de agua, dispersa de una forma selectiva la radiación transmitida entre la superficie terrestre y el sensor. Por ello, la radiancia finalmente detectada por éste no corresponde exactamente a la que parte de la superficie terrestre, sino que cuenta con un porcentaje añadido, a consecuencia del efecto dispersor de la atmósfera. Entre los métodos propuestos para corregir el aporte de radiancia atmosférica, uno de los más sencillos es el ideado por Chavez, que se denomina corrección del histograma por sus valores mínimos. Se asume que las áreas cubiertas con materiales de fuerte absortividad (agua, zonas de sombra), deberían presentar una radiancia espectral muy próxima a cero. En consecuencia, una sencilla aproximación a la corrección atmosférica consiste en restar a todos los ND de cada banda el ND mínimo de esa misma banda, situando el origen del histograma en cero:

$$ND'_{ij,k} = ND_{ij,k} - ND_{min,k} \quad (4)$$

esto es, el ND del pixel (i,j) en la banda K, se ajusta restándole el ND mínimo de esa misma banda.

- *Conversión de ND a radiancia:* La mayor parte de los métodos de análisis de imágenes se han basado en considerar a los ND como medidas radiométricas relativas. La interpretación ha tratado de establecer las diferencias entre un tipo de cubierta y otro, y no tanto en caracterizar de forma absoluta a esa cubierta. La cuestión fundamental, en este planteamiento, es cómo se discrimina cada categoría de interés, para una imagen y en una fecha concreta. Los resultados no son, por tanto, extrapolables a otros ámbitos o períodos. Conviene tener pre-



sente que los ND de la imagen pueden transformarse en parámetros físicos, lo cual permite realizar con mayor rigor los ratios entre bandas, dar un significado físico a la definición espectral de las clases temáticas, y poner en relación imágenes adquiridas en distintas fechas y/o por diferentes sensores. El proceso de conversión se inicia a partir de los ND de la imagen, como sabemos estos ND son traducciones digitales de la radiancia espectral detectada por el sensor, por lo tanto, pueden convertirse de nuevo a valores de radiancia a partir de los coeficientes de calibración del sensor mediante la ecuación 5.

$$L_{sen,k} = a_{0,k} + a_{1,k}ND_k \quad (5)$$

donde  $L_{sen,k}$ , corresponde a la radiancia espectral recibida por el sensor en la banda  $k$  (en  $W/m^2$  sr  $\mu m$ );  $a_{0,k}$  y  $a_{1,k}$  son los coeficientes de calibración para esa banda, y  $ND_k$ , corresponde al nivel digital de la imagen en la misma banda. Estos coeficientes suelen incluirse en el archivo de metadatos de cada imagen satelital.

- *Conversión de radiancia a reflectividad*: Conviene considerar que la radiancia detectada por el sensor en la banda ( $L_{sen,k}$ ) depende de varios factores. Principalmente es una función de la radiación solar incidente, de la respuesta de la cubierta terrestre a dicha radiación, y del aporte de radiancia debida a la atmósfera. En suma, podemos expresar:

$$L_{sen,k} = L_{su,k}\rho_k\tau_k + L_{a,k} \quad (6)$$

esto es, la radiancia detectada por el sensor, es una función de la proveniente del sol, en esa banda del espectro, tal y como se mide en el suelo ( $L_{su,k}$ ); de la reflectividad espectral de la cubierta ( $\rho_k$ ), de la transmisividad de la atmósfera ( $\tau_k$ ), y de la radiancia aportada por la dispersión atmosférica ( $L_{a,k}$ ). A partir de esa fórmula puede despejarse la reflectividad:

$$\rho_k = \frac{L_{sen,k} - L_{a,k}}{L_{su,k}\tau_k} \quad (7)$$

Por otro lado, asumiendo que la superficie tenga un comportamiento lambertiano (es decir, que no irradia energía directamente sino por difusión), podemos estimar la radiancia que llega al suelo, en la fecha concreta de adquisición de la imagen, a partir de los siguientes parámetros:

$$L_{su,k} = \frac{E_{0,k} \cos \theta}{K \pi} \quad (8)$$

donde  $E_{0,k}$  es la irradiancia solar extraterrestre (en esa banda del espectro),  $\theta$  es el ángulo cenital, y  $K$  es el factor corrector de la distancia Tierra-Sol, calculado como:  $1 + 0.0167(\sin(2\pi(dia - 93.5)/365))^2$ . A partir de las ecuaciones 6, 7 y 8, podemos calcular la reflectividad de la cubierta como:

$$\rho_k = \frac{L_{sen,k} - L_{a,k}}{\frac{E_{0,k} \cos \theta}{K \pi} \tau_k} \quad (9)$$

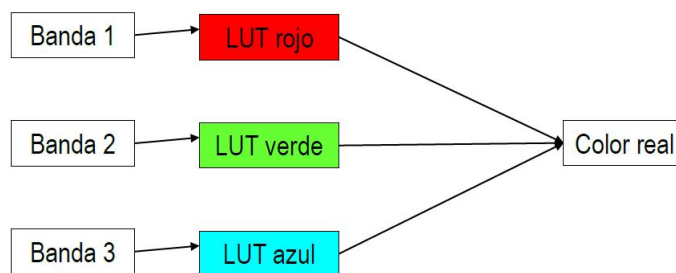
y, si prescindimos de la influencia atmosférica, obtenemos la fórmula simplificada:

$$\rho_k = \frac{K \pi L_{sen,k}}{E_{0,k} \cos \theta} \quad (10)$$

En resumen, el proceso de traducción de ND a parámetros físicos, se ejecuta en tres fases: (i) corrección atmosférica de la imagen, (ii) conversión de ND a valores de radiancia ( $L_{sen,k}$ ) y (iii) estimación de los valores de reflectividad ( $\rho_k$ ).

- *Realce*: (Sterponi, 2018), es el procedimiento que tiende a mejorar la interpretabilidad visual de una imagen, aunque no aumentan la cantidad de información contenida en ella. El rango de opciones de que dispone el analista para realces de imagen es virtualmente ilimitado, aunque la mayoría de estas técnicas pueden ubicarse en dos grupos: técnicas que no cambian los valores ND (visualización pseudocolores, combinación “falso color”) y técnicas que cambian los valores ND (filtrado espacial, aplicación de índices, estiramiento de contraste y manipulaciones espectrales).

- *Composiciones en color o “falso color”*: (Chuvieco, 1996), a partir de la información multispectral que generan la mayoría de sensores espaciales, pueden obtenerse distintas composiciones de color. Basta para ello aplicar a cada uno de los tres colores primarios (azul, verde y rojo) a una banda distinta de la imagen, seleccionada con el criterio y en el orden que se estime oportuno. El proceso permite visualizar simultáneamente imágenes de distintas regiones del espectro, lo que facilita la delimitación visual de algunas cubiertas. La elección de las bandas para realizar la composición, y el orden de los colores destinados a cada una, dependen del sensor sobre el que se trabaje y de la aplicación última del proyecto. Como una forma sencilla de verlo, el proceso de composiciones en color consiste en indicarle al ordenador la cantidad de rojo, verde y azul que deberá emplear en la imagen compuesta para mostrarla en la pantalla y permitirnos diferenciar entre una u otra cobertura, a través de los valores registrados en las bandas o rangos seleccionadas del espectro electromagnético.



**Figura 4:** Composiciones en color o “falso color”  
*Fuente: Sterponi (2018)*

- **Clasificación digital: supervisada y no supervisada.** Por lo general, es aquí donde se culmina el proceso de tratamiento de imágenes satelitales. Los ND de la imagen, no tienen significado alguno por mi mismos sino hasta cuando son interpretados y separados en categorías que supongan un mejor entendimiento del territorio. La información multispectral se condensa en un documento cartográfico y en unas tablas estadísticas, que definen la localización y ofrecen el inventario superficial de las categorías de interés.

- *Clasificación supervisada:* La clasificación supervisada parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campo. Esta mayor familiaridad con la zona test, permite al intérprete

delimitar sobre la imagen unas áreas piloto, que se consideren suficientemente representativas de las categorías que componen la leyenda. Estas áreas se denominan “áreas de entrenamiento” y el término indica que sirven para entrenar al ordenador en el reconocimiento de las distintas categorías. En otras palabras, a partir de ellas el ordenador calcula los ND que definen cada clase para luego asignar el resto de los píxeles o celdas de la imagen a una de estas clases en función de sus ND.

- *Clasificación no supervisada:* Este método se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen, no implica ningún conocimiento del área de estudio, por lo que la intervención humana se centra más en la interpretación que en la consecución de resultados. Este método resumidamente consiste en indicarle al ordenador las clases a asignar a los píxeles o celdas basados en su comportamiento espectral, sin zonas de entrenamiento.

d. **Índice de vegetación diferencial normalizado - NDVI**

También llamado Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada o NDVI por sus siglas en inglés, es una combinación de bandas cuya función es realzar la contribución de la respuesta espectral de la vegetación y atenuar la de otros factores tales como el suelo, la iluminación, la atmósfera, entre otras.

Como principio físico de este índice, se puede argumentar que la vegetación verde y en buen estado refleja poco en la banda del *rojo* - *R* debido a que la reflectancia emitida por la clorofila es absorbida en esta banda, ocurriendo lo inverso en la banda del *cercano infrarrojo* - *NIR* que es una región de alta reflectancia del componente celulósico.

(Verdin *et al.*, 2003). Teniendo en cuenta esta situación, podemos “normalizar” la cobertura con la finalidad de diferenciar mediante la ecuación 11 las zonas con cobertura vegetal. Los valores de este índice, como es lógico, variarán entre  $-1$  y  $+1$ , correspondiendo a los positivos aquellas zonas en donde exista vegetación, indicando también para valores más altos zonas con una cobertura con un contenido más alto de clorofila y, por ende, más saludable.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (11)$$

donde  $NDVI$  corresponde al índice normalizado de vegetación, cuyo valor es adimensional,  $NIR$  es el valor de la banda correspondiente al *cercano infrarrojo* y  $R$  a la banda del *rojo visible*.

Como comentario adicional debemos aquí entender que los valores de las bandas pueden estar tanto en niveles digitales o reflectancia tanto al nivel del suelo o de la atmósfera, todo dependerá de cómo se emplearán los valores del índice, debiéndose emplear para un análisis multitemporal o multisensor los valores de reflectancia.

### **2.3 CUENCA HIDROGRÁFICA Y DELIMITACIÓN**

(Ordoñez, 2011). Partiendo de la definición de cuenca hidrográfica como la región geográfica en la que toda el agua precipitada drena a un punto en común, se pueden establecer algunos criterios para realizar la delimitación manual de cuencas hidrográficas partiendo de un modelo digital de elevación, tales como:

- Definir la red de drenaje, partiendo del cauce principal.
- Ubicar los puntos altos que están definidos por las curvas de nivel.
- Unir los puntos altos definidos anteriormente cortando perpendicularmente las curvas de nivel.
- En cualquier punto del terreno la línea divisoria debe ser el punto de mayor altitud excepto cerros o puntos altos que se encuentran dentro de la cuenca
- La línea divisoria nunca debe cortar un río, quebrada o arroyo.

El uso de sistemas de información geográfica simplifica el proceso de delimitación de cuencas hidrográficas mediante el uso de herramientas y algoritmos especialmente creados para tal fin.

## 2.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

(Ordoñez, 2011). Denominados por algunos autores como morfométricos, geomorfológicos o fisiográficos. Son aquellos que sirven para caracterizar una cuenca hidrográfica, es decir, su estructura física y territorial (o en esencia la *forma de la cuenca*) con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus Recursos Naturales pero también para identificar los problemas presentes y potenciales. A continuación se describen los principales.

### a. Área ( $A$ )

Representa la proyección horizontal del área de drenaje en la que todo lo precipitado fluye hacia un mismo punto. El área de la cuenca está definida por el espacio delimitado por la curva del perímetro. El es probablemente la característica morfométrica e hidrológica más importante; el tamaño relativo de estos espacios define o determina el nombre que adoptara el lugar según su área. Puede medirse en  $ha$ ,  $m^2$ ,  $km^2$  o cualquier unidad de área.

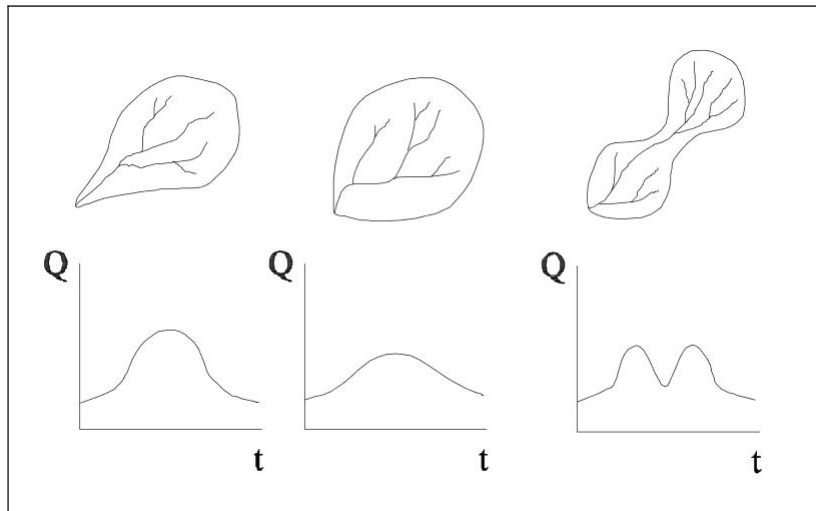
**Cuadro 1:** Clasificación de cuencas según el área de drenaje

Área	Clasificación
< 5	Unidad
5 – 20	Sector
20 – 100	Microcuenca
100 – 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

Fuente: (Moreno Grande et al., 2015)

### b. Perímetro ( $P$ )

Este parámetro mide el contorno de la cuenca como una línea continua, es un parámetro importante ya que al igual que el área permite inferir sobre la forma de la cuenca. Su forma incide en el tiempo de respuesta de la cuenca, es decir, en el tiempo de recorrido de las aguas a través de la red de drenaje, y por consiguiente, en la forma del hidrograma resultante de una lluvia dada. Lleva unidades de longitud, tal como  $km$  o  $m$ .



**Figura 5:** Forma de la cuenca e hidrograma probable  
*Fuente: Ordoñez (2011)*

**c. Longitud del cauce principal ( $L$ )**

(Ordoñez, 2011; Fattorelli y Fernández, 2007). Este parámetro representa la longitud del río principal de la cuenca, donde van a drenar todos los afluentes y quebradas. En la elección de dicho cauce, se tiene en cuenta en cada caso, tanto la longitud del mismo como su desnivel, buscando siempre el curso que presenta en lo posible el máximo para ambos valores. Lleva también unidades de longitud, tal como  $km$  o  $m$ .

**d. Coeficiente o índice de compacidad ( $K_c$ )**

(Ordoñez, 2011). También denominado índice de Graveliús, definido como la relación entre el perímetro  $P$  de la cuenca y el perímetro de un círculo de área  $A$  de la cuenca hidrográfica, es decir:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} \quad (12)$$

donde  $K_c$  es coeficiente o índice de compacidad,  $A$  corresponde al área de la cuenca (en  $km^2$ ) y  $P$  es el perímetro de la cuenca (en  $km$ ).  $K_c$  es adimensional.

Se pueden establecer algunos criterios de clasificación según los valores del coeficiente de compacidad, tal como se ve en la tabla 2.

**e. Factor de forma ( $R_f$ )**

Horton sugiere un factor adimensional de forma, que puede calcularse de la siguiente

**Cuadro 2:** Tipos de cuenca según el valor de  $K_c$

$K_c$	Tipo de cuenca
1.00 - 1.25	Cuenca redonda a oval redonda
1.25 - 1.50	Cuenca oval redonda a oval oblonga
1.50 - 1.75	Cuenca de oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: (Moreno Grande et al., 2015)

expresión:

$$R_f = \frac{A}{L^2} \quad (13)$$

donde  $A$  corresponde al área de la cuenca (en  $km^2$ ) y  $L$  a la longitud del cauce principal (en  $km$ ).

También se puede caracterizar la cuenca basándonos en el valor de  $R_f$ , tal como se ve en la tabla 3.

**Cuadro 3:** Tipos de cuenca según el valor de  $R_f$

Valores aproximados	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada, ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: (Ordoñez, 2011)

**f. Pendiente de la cuenca ( $S_c$ )**

(Ibáñez et al., 2011). Este parámetro puede brindar un indicio de la velocidad media del flujo en la cuenca y su poder de arrastre y erosión. Puede ser calculado con diversos métodos, aquí se menciona el criterio de Alvord (ecuación 14), el cual consiste en calcular como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea máxima de pendiente se mantiene constante.

$$S_c = c \frac{\sum L_i}{A} \quad (14)$$



donde  $L_i$  representa la longitud de cada curva de nivel dentro de la cuenca,  $c$  es la equidistancia entre curvas y  $A$  es el área de la misma. Puede expresarse en %,  $m/m$  o  $m/km$ .

Teniendo en cuenta el área también podemos establecer algunos criterios de clasificación.

**Cuadro 4:** Tipos de cuenca según el valor de  $S_c$

<b>Pendiente media en %</b>	<b>Tipo de relieve</b>
0 – 3	Plano
3 – 7	Suave
7 – 12	Medianamente accidentado
12 – 20	Accidentado
20 – 35	Fuertemente accidentado
35 – 50	Muy fuertemente accidentado
50 – 75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

*Fuente: (Moreno Grande et al., 2015)*

#### g. **Altitud media ( $H$ )**

Este parámetro representa la altitud promedio de la cuenca medido en *m.s.n.m.* y brinda indicios acerca de la climatología y los hábitats de la cuenca, tiene especial interés en zonas montañosas y es de vital importancia en los procesos de transposición de información de una cuenca a otra. Se puede calcular de la curva hipsométrica siendo el valor correspondiente a la ordenada media. En la curva hipsométrica el 50 % del área está situada por debajo de ella y el 50 % por encima. Puede calcularse también a partir de la expresión 15.

$$H = \frac{\sum H_i A_i}{A} \quad (15)$$

donde  $H_i$  es la  $i$ -ésima altura en *m.s.n.m.* correspondiente al área parcial  $A_i$  y  $A$  es el área total de la cuenca en  $km^2$ .

(Moreno Grande *et al.*, 2015), de igual manera, consideran interpretar la altitud media en función de la tabla 5.

**Cuadro 5:** Interpretación de la Altitud media - *H*

<b>Altitud media - <i>H</i></b>	<b>Interpretación</b>
800 – 1000 <i>m.s.n.m.</i>	Macro térmico, con las temperaturas siempre elevadas y constantes
1000 – 2750 <i>m.s.n.m.</i>	Meso térmico o piso templado
2750 – 4700 <i>m.s.n.m.</i>	Micro térmico o piso páramo
A partir de 4700 <i>m.s.n.m.</i>	Gélido o de nieves perpetuas

*Fuente:* (Moreno Grande et al., 2015)

#### **h. Pendiente del cauce principal (*S*)**

Representa la relación existente entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud. A medida que la pendiente aumenta, mayor es la probabilidad de crecidas, por lógica, a mayor pendiente, mayores velocidades de escorrentía. Este parámetro, a diferencia de los demás, puede presentar mayores alteraciones en el transcurso del tiempo debido a factores como la erosión en cotas altas o sedimentación en cotas bajas. Su adecuada interpretación puede permitirnos realizar planes de manejo de cuencas y una adecuada colocación de infraestructura hidráulica.

Ortiz (2008). En general, la pendiente del cauce principal varía a lo largo de su longitud, por ello también es recomendable acompañarlo de un gráfico de perfil longitudinal y estimar la pendiente de manera ponderada. Recomienda la siguiente metodología, indicando la ecuación 16.

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{L_i^2}{S_i} \right)^{1/2}} \right]^2 \quad (16)$$

donde  $S_i$  corresponde a la pendiente parcial de cada tramo,  $L_i$  es la longitud de cada tramo de pendiente  $S_i$  y  $n$  el número de tramos en que se ha dividido el perfil del cauce.

Para efectos de aplicación de la ecuación 16, se divide el relieve del cauce en tramos de similar pendiente. Si se divide el perfil del cauce principal en  $n$  tramos iguales, la ecuación 16 se transforma en:

$$S = \left[ \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i^{1/2}}} \right]^2 \quad (17)$$

Se recomienda emplear las ecuaciones con cautela en vista de que su deducción obedece a criterios de la hidráulica de canales. También puede expresarse en %,  $m/m$  o  $m/km$ .

**i. Ancho promedio ( $B$ )**

(Jardí Porqueras, 1985) lo define como la razón entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, indicando por lo tanto que valores mayores a 1 presentan formas no-alargadas y valores cercanos a 0 el caso opuesto. Tal como lo muestra la ecuación 18.

$$B = \frac{A}{L} \quad (18)$$

donde  $A$  es el área de la cuenca en  $km^2$  y  $L$  es la longitud del cauce principal en  $km$ .

**j. Altitud más frecuente**

(Ordoñez, 2011). Esta dada por el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes, de igual manera se presenta en unidades de  $m.s.n.m.$  y expresa la altitud que más persiste en la cuenca, esto es, la altitud que representa una mayor área en porcentaje del total de la cuenca. Al igual que la altitud media puede darnos indicios acerca de la climatología de la cuenca.

**k. Coeficiente de masividad ( $C_m$ )**

Es la relación entre la altitud media del relieve y la superficie proyectada (ecuación 19). Es adimensional.

$$C_m = H/A \quad (19)$$

**l. Coeficiente orográfico ( $C_o$ )**

Nos permite estudiar la similitud dinámica de dos cuencas, no depende del tamaño del

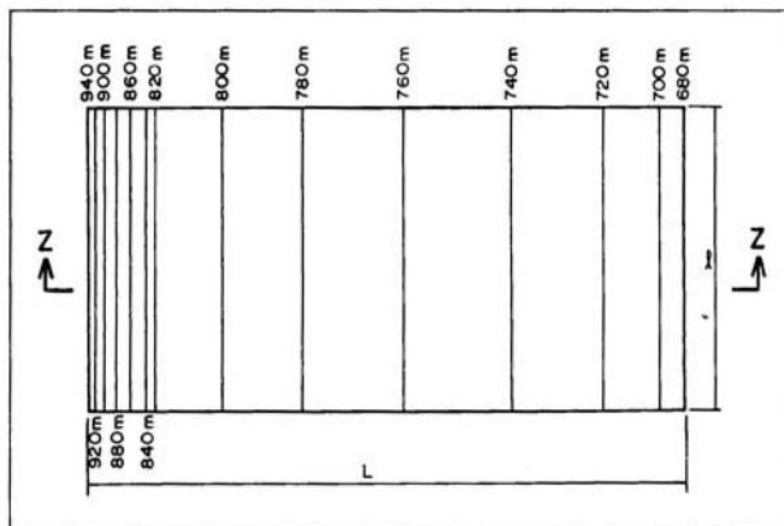
sistema. También es adimensional.

$$C_o = H^2/A \quad (20)$$

Este parámetro es de gran importancia puesto que da indicios del relieve de la cuenca y puede ayudarnos a entender la degradación del suelo en la misma. Combina la altura y el coeficiente de masividad de la cuenca, por lo que influye en la energía potencial del agua, de gran utilidad para evaluar el potencial hidroenergético.

m. **Rectángulo equivalente**

Según (Moreno Grande *et al.*, 2015), consiste en hacer un rectángulo equivalente en área y perímetro a los de la cuenca y por lo tanto con el mismo coeficiente de Graveliús ( $K_c$ ). Sirve para comparar la influencia de las características de la cuenca sobre la escorrentía, las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menor del rectángulo, y el drenaje de la cuenca queda convertido en el lado menor del rectángulo. Para ubicar las curvas de nivel se utiliza una regla de tres, asignando a la mayor área acumulada el valor del lado mayor del rectángulo equivalente y en base a esto se calculan las siguientes longitudes de acuerdo a su correspondiente área, tal como lo muestra la figura 6. Las ecuaciones 21 y 22 se utilizan para determinar los lados mayor y menor del rectángulo equivalente.



**Figura 6:** Rectángulo equivalente  
*Fuente: Moreno Grande et al. (2015)*

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K_c^2}} \right] \quad (21)$$

$$l = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K_c^2}} \right] \quad (22)$$

donde  $L$  y  $l$  son los lados mayor y menor del rectángulo equivalente, respectivamente, y  $A$  es el área de la cuenca

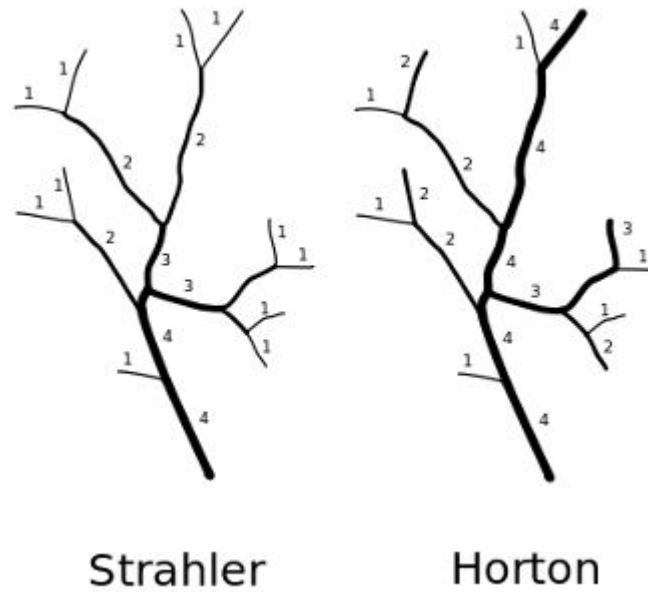
#### n. Orden de la cuenca

Este parámetro refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de la cuenca. Para determinarlo existen varias metodologías, tales como el criterio de Horton y el criterio de Strahler (figura 7).

- **Horton.** (Ordoñez, 2011), indica que se realiza de las siguientes premisas: (i) los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios; (ii) los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden  $n$  se forman cuando dos cauces de orden  $n - 1$  se unen; (iii) cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el cauce resultante hacia aguas abajo retiene el mayor orden; (iv) el orden de la cuenca es el mismo que el de su cauce de salida.
- **Strahler.** Es muy parecido al de Horton, con la diferencia de que en el esquema de Strahler, un mismo río puede tener segmentos de distinto orden a lo largo de su curso, en función de los afluentes que llegan en cada tramo. El orden no se incrementa cuando a un segmento de un determinado orden confluye uno de orden menor. Esta falta no acomoda la distribución de tributarios de más baja orden que desembocan en un río de orden más alta, sin embargo, es el criterio más utilizado.

#### o. Relación de confluencias ( $r_c$ )

Este parámetro corresponde a la *primera ley de Horton*. En cada cuenca, los ríos de cada orden forman una serie geométrica inversa cuyo primer término es la unidad y la razón es la relación de confluencias.



**Figura 7:** Criterios de Strahler y Horton para el orden de la cuenca  
*Fuente: Jasiewicz (2018)*

Ortiz (2008) señala que la relación de confluencias es un valor representativo de la cuenca y es un indicador de la potencialidad erosiva y de la rapidez de escurrimiento superficial. A mayor valor, mayor capacidad de erosión y de escurrimiento superficial. Cabe resaltar que el mismo autor indica que dos cuencas con la misma relación de confluencias promedio, son cuencas similares en su patrón de flujo y, por lo tanto, similares cinemáticamente.

La relación de confluencias se obtiene dividiendo el número total de ríos de un orden  $n$  por el número total de ríos de orden  $n + 1$ .

$$r_c = \frac{n_i}{n_{i+1}} \quad (23)$$

en la ecuación 23,  $n_i$  es el número total de ríos de orden “n” y  $n_i + 1$  el número total de ríos de orden “n+1”. La relación de confluencias promedio es el valor representativo de la cuenca, se puede obtener de la ecuación 24.

$$N_r = \frac{r_c \times N - 1}{r_c - 1} \quad (24)$$

donde  $r_c$  es la relación de confluencias (parámetro adimensional),  $N_r$  el número total de ríos y  $N$  es el orden de la cuenca.

p. **Relación de longitudes ( $r_L$ )**

El parámetro descrito en este ítem corresponde a la *segunda ley de Horton* y se enuncia: “En una cuenca determinada, las longitudes medias de los ríos de la cuenca forman una serie geométrica directa cuyo primer término es la longitud promedio de los cursos elementales de la cuenca y la razón es la relación de longitudes”. La ecuación 25 indica cómo determinar la relación de longitudes.

$$r_L = \frac{L_i}{L_{i-1}} \quad (25)$$

El promedio de la relación de longitudes es el valor representativo de la cuenca, y está relacionado con la potencialidad erosiva y la magnitud de la escorrentía superficial, sin embargo también tiene influencia directa en la capacidad de almacenamiento momentáneo en la red de drenaje natural, capacidad que se ve reflejada en el pico del hidrograma de escorrentía directa del cauce principal. A mayor capacidad de almacenamiento en la red hidrográfica, menor caudal pico del hidrograma y viceversa.

q. **Densidad de drenaje ( $D_d$ )**

La *tercera ley de Horton* corresponde a este parámetro, y se enuncia como: “La red de drenaje de una cuenca puede ser caracterizada frecuentemente por una red suelta o densa, según que estén sueltos o concentrados los cursos de agua”. Con este parámetro se puede tener indicios acerca de las características sobre las cuales se ha desarrollado el sistema de cursos naturales. La densidad de drenaje y la causa de escurrimiento de la cuenca.

La ecuación 26 permite calcular dicho parámetro.

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{A} \quad (26)$$

donde  $L_i$  es la longitud total de los cursos de cada orden en  $km$ ,  $A$  es el área de la cuenca en  $km^2$ , y  $N$  es el orden de la cuenca. Las unidades son  $km/km^2$ .

r. **Frecuencia de ríos ( $F_r$ )**

Está dada por la ecuación 27, donde  $n_i$  es el número de ríos de orden  $i$  y  $A$  es el área de la cuenca en  $km^2$ .

$$F_r = \frac{n_i}{A} \quad (27)$$

La frecuencia de ríos representativa de la cuenca está dada por el promedio de los valores parciales obtenidos para cada orden. Cuando una red presenta una densidad de drenaje  $D_d$  superior a  $2.5km/km^2$  y una frecuencia de ríos de varias unidades de  $rios/km^2$  podemos afirmar que es una red densa, es decir, que tiene un buen drenaje superficial. En cambio cuando la  $D_d$  es de apenas unas décimas de  $km/km^2$  y la frecuencia de ríos apenas algunas centésimas de  $rios/km^2$ , podemos afirmar que la red tiene un mal drenaje superficial, esto ocurre generalmente en formaciones permeables y masivas.

s. **Tiempo de concentración ( $T_c$ )**

También se denomina tiempo de equilibrio o tiempo de viaje. Se define como el tiempo que toma la partícula hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto emisor de la cuenca. Suele asumirse que ocurre una lluvia uniforme sobre toda la cuenca durante un tiempo de por lo menos igual el tiempo de concentración. (Moreno Grande *et al.*, 2015) señala que existen muchas fórmulas empíricas las cuales se basan en otros parámetros, sin embargo por la naturaleza del tiempo de concentración es obvio que se verá influenciado por la cobertura vegetal e incluso por la intensidad de lluvia, razón por la cual algunos autores no lo consideran un parámetro sino una variable.

A continuación se describen algunas fórmulas empíricas para su cálculo.

• **Kirpich (1942)**

$$T_c = 0.066 \left( \frac{L_f}{\sqrt{S_0}} \right)^{0.77} \quad (28)$$

donde  $T_c$  es el tiempo de concentración en *horas*,  $L_f$  es la longitud del cauce principal hasta la divisoria de aguas en  $km$  y  $S_0$  es la pendiente promedio del cauce principal en  $m/m$ .



- **Témez (1978)**

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L_c}{S_0^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (29)$$

donde  $T_c$  es el tiempo de concentración en *horas*,  $L_c$  es la longitud del cauce principal en *km* y  $S_0$  es la pendiente promedio del cauce principal en *%*.

- **Giandotti**

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_c}{25.3\sqrt{L_c S_0}} \quad (30)$$

donde  $T_c$  es el tiempo de concentración en *horas*,  $L_c$  es la longitud del cauce principal en *km*,  $A$  es el área de la cuenca en *km<sup>2</sup>* y  $S_0$  es la pendiente promedio del cauce principal en *m/m*.

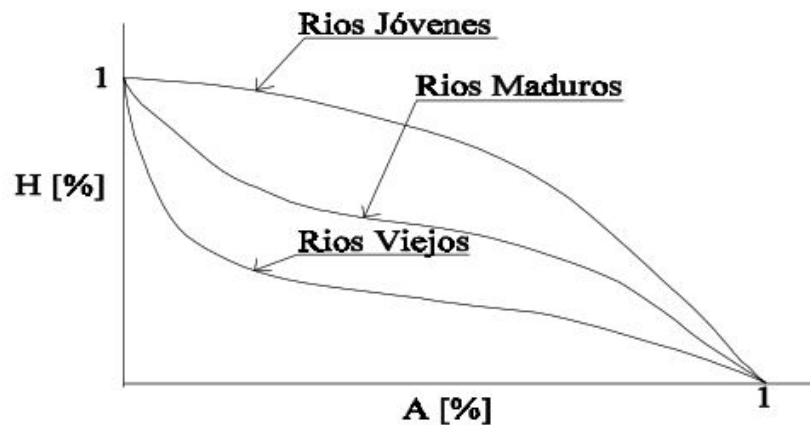
- **SCS**

$$T_c = \frac{0.0136L^{0.8} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}} \quad (31)$$

donde  $T_c$  es el tiempo de concentración en *horas*,  $L_c$  es la longitud del cauce principal hasta la divisoria de aguas en *m*,  $CN$  es el número de curva SCS (se obtiene de la cobertura del suelo) y  $S$  es la pendiente promedio de la cuenca en *m/m*.

#### t. Curva hipsométrica

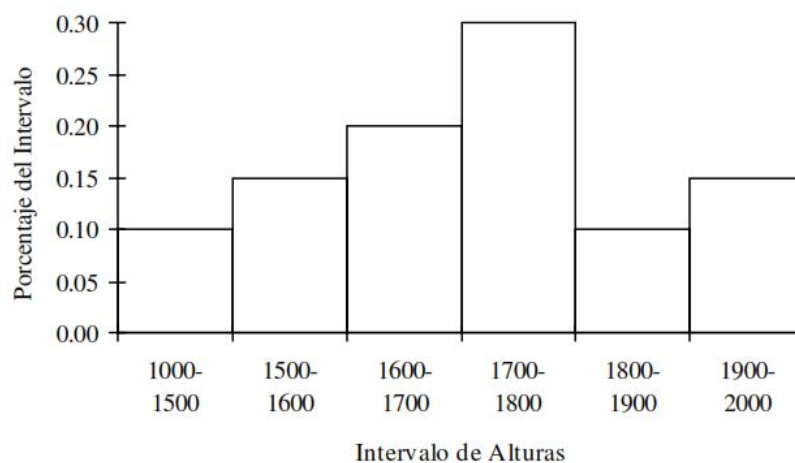
(Ortiz, 2008) la define como una gráfica que representa algo similar a un perfil longitudinal promedio de la cuenca. Es el resultado de plotear el área acumulada que queda por encima de cada curva de nivel en el eje de las abscisas versus las alturas correspondientes en el eje de las ordenadas.



**Figura 8:** Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río  
*Fuente: Ibáñez et al. (2011)*

#### u. Frecuencia de altitudes

(Ordoñez, 2011). Es un gráfico que representa el grado de incidencia de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al total del área de la cuenca.



**Figura 9:** Representación de un Histograma Frecuencias de altitudes  
*Fuente: Ibáñez et al. (2011)*

v. **Orientación de la cuenca**

(Ortiz, 2008; Moreno Grande *et al.*, 2015) la definen como la orientación de la cuenca se determina de con la orientación del cauce principal en relación al Norte. Es un parámetro poco estudiado y sin embargo es de gran importancia pues da indicios de la cantidad de radiación solar que recibe la cuenca, así como las corrientes de aire, factores de gran influencia en el aprovechamiento de energía solar y eólica, además que influyen considerablemente en la evapotranspiración.

w. **Centro de gravedad (C.G)**

Está dado por las coordenadas  $x$  e  $y$  de la cuenca, basándonos en la forma de su perímetro. Si la posición del centro de gravedad es equidistante a la línea del perímetro, este señala cierta simetría y por lo tanto un grado de redondez.

Basado en Jardí Porqueras (1985), podemos clasificar algunos de los parámetros descritos anteriormente de la siguiente manera:

- **Parámetros que definen el tamaño de la cuenca.** Área  $A$  y Perímetro  $P$ .
- **Parámetros que definen la simetría de la cuenca.** Centro de gravedad  $C.G$ .
- **Parámetros que definen la elongación de la cuenca.** Longitud del cauce principal  $L$ , Factor de forma  $R_f$  y el Ancho promedio  $B$ .
- **Parámetros que definen la forma del contorno o perímetro de la cuenca.** Coeficiente o índice de compacidad  $K_c$ .

Finalmente, los parámetros Relación de confluencias  $r_c$ , Relación de longitudes  $r_L$  y Densidad de drenaje  $D_d$  corresponden a las *Leyes de Horton*.

## 2.5 TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

Ortiz (2008) Señala que toda información recopilada debe pasar por un análisis de confiabilidad de la misma para convertirla en un producto fiable. Recomienda que el análisis de información debe estar relacionado con la *confiabilidad* (calidad), *continuidad* (datos faltantes) y *longitud* (años de registro). Por lo tanto, todo proceso de análisis debe cumplir con analizar la consistencia y homogeneidad (que incluye la detección y corrección de posibles errores sistemáticos), completación de datos faltantes y extensión de series cortas a períodos largos. Estos dos últimos términos se verán en el apartado siguiente debido a la gran cantidad de metodologías difundidas actualmente.

El mismo autor indica que la inhomogeneidad e inconsistencia son de gran importancia en el análisis, pues un error significativo puede alterar los resultados correctos. En cuanto a la definición de estos términos, la literatura existente es similar, pero sus definiciones exactas varían en algunos aspectos.

Ortiz (2008) y Villón Béjar (2002b) hacen una diferenciación entre los términos *inconsistencia* e *inhomogeneidad*: definen al primero como aquel que se debe a los *errores sistemáticos*, es decir, que se producen en todas las mediciones y se presenta en forma de saltos y tendencias; y al segundo como aquel proveniente de *errores aleatorios*, es decir, que se deben a la inexactitud de las mediciones y a diversas causas tales como los aparatos descalibrados o mal instalados, cambios en la vegetación, reubicación de la estación, entre otros de causas naturales o artificiales.

Otros autores como Heino (1996), Herrera (2004), o Caussinus y Mestre (1996) engloban las causas que originan lo que otros autores definen como inconsistencia e inhomogeneidad únicamente dentro de las causas que generan la inhomogeneidad. Es decir, consideran que la inhomogeneidad es ocasionada por errores tanto sistemáticos como aleatorios y se presenta tanto en saltos como en tendencias, quedando bajo esta definición, incluidos los términos inhomogeneidad e inconsistencia dentro del término *inhomogeneidad y homogeneidad*.

A pesar de la diferenciación en esta terminología, se puede ver que no existe conflicto en la forma de proceder al momento de analizar una serie hidrológica, puesto que es importante corregir tanto los errores sistemáticos como los aleatorios.

Finalmente, para poder evaluar o analizar la confiabilidad de las series hidrológicas a emplear, en este trabajo de investigación se tomará como base tanto las definiciones como las metodologías estipuladas en el libro “*Hydrologic Time Series Analysis*”, de Machiwal y Jha (2012). Estos autores indican que tanto la **homogeneidad** o la **consistencia** implican que todo el registro hidrológico recolectado debe pertenecer a la misma población estadística, con una media invariante en el tiempo. Por lo tanto, las pruebas para verificar la homogeneidad o consistencia de las series de datos se basan en la evaluación de la importancia de los cambios en el valor medio.

**a. Series de tiempo hidrológicas**

Tal como lo define Machiwal y Jha (2012), el término series de tiempo es definido como una secuencia de valores recolectados a lo largo del tiempo sobre una variable en particular. Una serie de tiempo puede consistir en los valores de una variable observada en momentos discretos, promediada en un intervalo de tiempo dado, o grabada continuamente con el tiempo. (Bustamante, 2013) indica que frecuentemente, una serie de tiempo puede ser representada como una función de cuatro componentes: *tendencia*, *estacionalidad*, *componente estocástica dependiente* y *componente residual independiente*, pudiendo representarse a través de un modelo aditivo (ecuación 32) o multiplicativo (ecuación 33).

$$X_t = m_t + s_t + \varepsilon_t + \eta_t \tag{32}$$

$$X_t = m_t \times s_t \times \varepsilon_t \times \eta_t \tag{33}$$

donde  $X_t$  es el valor de la serie temporal en el período  $t$ ,  $m_t$  es la componente de tendencia en el período  $t$ ,  $s_t$  es la función que representa la componente estacional,  $\varepsilon_t$  es la componente estocástica dependiente y  $\eta_t$  es la componente residual independiente.

**b. Detección y eliminación de valores atípicos o “outliers”**

En estadística, un valor atípico es un valor distante del resto de observaciones, pudiendo provenir de extremos o de errores de medición. Este valor puede ocasionar distorsión en las medidas estadísticas, por esta razón es recomendable identificarlos y en ocasiones corregirlos o eliminarlos. Por la naturaleza de la información hidrome-

teorológica recopilada en nuestro país, y teniendo en cuenta que no existen información concerniente a metadatos, se recomienda eliminar estos valores atípicos con la finalidad de ser lo más conservadores en nuestra caracterización estadística.

(Minnaard *et al.*, 2005) indica que el método (Tukey, 1977) consiste en elaborar un gráfico estadístico conocido como gráfico de caja o *boxplot*. En este gráfico se representan cinco medidas estadísticas: el valor mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil y el valor máximo.

El cuerpo de la caja queda representado por el rango intercuartílico (*RIC*), es decir, entre el primer y tercer cuartil, con la mediana representada por una línea dentro de la misma. Los valores máximo y mínimo corresponden respectivamente a los estimados de las ecuaciones 34 y 35.

$$Val_{max} = Q_3 + 1.5RIC \quad (34)$$

$$Val_{min} = Q_1 - 1.5RIC \quad (35)$$

donde  $Val_{max}$  y  $Val_{min}$  son los valores máximo y mínimo,  $Q_3$  y  $Q_1$  son los valores correspondientes al tercer y primer cuartil respectivamente, y *RIC* es el rango intercuartílico, que se calcula de la ecuación 36.

$$RIC = Q_3 - Q_1 \quad (36)$$

Todo valor por sobre o bajo el valor máximo y mínimo se considera un valor *atípico*. Además se consideran valores *extremadamente atípicos* aquellos que sobrepasen los valores de calculados de las ecuaciones 37 y 38.

$$Ext_{max} = Q_3 + 3RIC \quad (37)$$

$$Ext_{min} = Q_1 - 3RIC \quad (38)$$

donde  $Ext_{max}$  y  $Ext_{min}$  son los valores extremos máximos y mínimos.

### c. Estadística no-paramétrica

Se ha creído conveniente crear un apartado para explicar las diferencias entre la estadística paramétrica y no-paramétrica debido a que en la mayoría de trabajos de investigación y bibliografía en general existente en nuestro país se emplea la misma metodología de análisis de información hidrometeorológica basado en pruebas paramétricas que se emplean indiscriminadamente sin una previa evaluación de aplicabilidad de las mismas en la información disponible.

(Kvam y Vidakovic, 2007) señala que Jacob Wolfowitz en 1942 quien acuñó el término “no-paramétrica” diciendo: “Podemos referirnos a la situación donde una distribución es determinada a través del pleno conocimiento de su conjunto de parámetros finitos, como el caso paramétrico, y denotar el caso opuesto, donde las formas funcionales de las distribuciones son desconocidas, nombrándolo caso no-paramétrico” . Partiendo de este punto, la estadística no-paramétrica puede ser definida por lo que no es: estadística tradicional basada en el conocimiento de las distribuciones y sus parámetros estadísticos.

La ventaja de usar pruebas no-paramétricas es que son más robustas que las paramétricas, ya que exigen menos condiciones de validez o supuestos, sin embargo, la ventaja de usar pruebas paramétricas es que son más potentes que las no-paramétricas, es decir que tienen una mayor capacidad para conducir a un rechazo de hipótesis nulas ( $H_0$ ). Esto nos permite aplicar las pruebas no-paramétricas sin la necesidad de hacer asunciones de validez para aplicarlas, tales como normalidad de las series, estacionalidad u homogeneidad de varianzas, sin embargo, de estar seguros de que se cumplen estas condiciones de validez, es más conveniente aplicar las pruebas paramétricas puesto que conducirán a una mayor seguridad en el rechazo o aceptación de la hipótesis nula.

Según (Rojas, 2003), teniendo en cuenta lo anterior, interesa comprender bajo las definiciones dadas, que pruebas como *T-Student* o *F-Fisher* corresponden a *pruebas paramétricas*, cuya asunción principal es la *normalidad* de las muestras y aun más, en el caso de *T-Student* se requiere la condición de homogeneidad de varianzas (*homocedasticidad*). Por esta razón, en esta investigación, para poder saltar la verificación de normalidad en las muestras hidrológicas recopiladas se opta por emplear las pruebas

homólogas no-paramétricas.

d. **Detección y corrección de inconsistencia e inhomogeneidad**

- **Análisis gráfico.** Es un análisis visual de la información en general, para lo cual es necesario graficar el valor de la variable en el eje de las ordenadas versus el tiempo en el eje de las abscisas. Cuando la variable corresponde a precipitación o descarga el gráfico se llama *hidrograma*.
- **Gráfico de doble masa.** (Ortiz, 2008), es un gráfico sencillo propuesto por Searcy & Hardison, 1960. Consiste en graficar el promedio acumulado de estaciones índice en el eje de las abscisas y el acumulado de la estación de estudio en las ordenadas. En condiciones de homogeneidad y consistencia, el gráfico resultante es un línea sin quiebres (Buishand, 1982). En el Perú, debido a que los registros históricos son cortos, incompletos e inconsistentes, estos gráficos no siempre resultan ser líneas bien definidas.
- **Test de Desviaciones acumuladas - Media.** (Buishand, 1982). Llamado también *Test de Buishand* o *Test de rangos de Buishand*, es una prueba no-paramétrica que por su origen bayesiano puede emplearse en variables con cualquier tipo de distribución. Sirve para identificar cambios en la media de la serie de datos. Fue propuesto por T.A. Buishand en 1982. Su autor menciona que esta prueba se basa en las desviaciones acumuladas de la media (ecuación 39).

$$S_0^* = 0; \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}), \quad k = 1, \dots, n \quad (39)$$

En caso de homogeneidad, los valores de  $S_k$  se encuentran alrededor de 0. Al existir una discontinuidad en la posición  $k$ , entonces  $S_k$  tendrá un valor máximo o un mínimo alrededor de esa posición. Se pueden escalar las sumas parciales mediante la ecuación 40.

$$S_k^{**} = S_k^*/D_Y \quad k = 0, \dots, n \quad (40)$$

done  $D_Y$  es la desviación estándar de la muestra  $(Y_1, \dots, Y_n)$ . Los valores de  $S_k^{**}$  no están influenciados por la transformación lineal de los datos, es decir, no de-



penden de la unidad de la variable hidrológica. La sensibilidad a las desviaciones de la homogeneidad se define mediante la siguiente estadística:

$$Q = \max_{0 \leq k \leq n} |S_k^{**}| \quad (41)$$

los valores altos de  $Q$  son un indicio de cambios en la media. Los valores críticos de  $Q$  se dan en la tabla 6. También se puede usar el rango  $R$  como otro estadístico de prueba.

$$R = \max_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} \quad (42)$$

**Cuadro 6:** Valores críticos del test de Desviaciones acumuladas

Tamaño de muestra n	$Q/\sqrt{n}$			$R/\sqrt{n}$		
	90 %	95 %	99 %	90 %	95 %	99 %
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.5	1.70
40	1.13	1.26	1.5	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
$\infty$	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.0

Fuente: Buishand (1982)

- **Test de Fligner-Killeen - Varianza.** (Zaiontz, 2018), es una prueba no-paramétrica que sirve para verificar la homogeneidad de un grupo de varianzas, basándonos en los rangos. Se utiliza comúnmente en información que no se ajusta a una distribución normal o en la cual existen valores atípicos o *outliers*. Este test compara la varianzas basándose en la mediana. El procedimiento de Fligner-Killeen (1976), modificado por Conover et al. (1981), para probar la homogeneidad de varianzas consiste en lo siguiente:

1. Se ordenan las variables  $|X_{ij} - \tilde{X}_i|$  de menor a mayor, donde  $\tilde{X}_i$  es la mediana de las  $n_i$  observaciones de la población  $i$ .

2. Se define:

$$a_{N,i} = \Phi^{-1} \left( \frac{1}{2} + \frac{i}{2(N+1)} \right) \quad \text{para } i = 1, \dots, N \quad (43)$$

donde  $\Phi(z)$  es la distribución acumulada  $N(0, 1)$  de  $-\infty$  a  $z$  y así  $\Phi^{-1}(p)$  es el percentil 100p de la distribución  $N(0,1)$ .

3. Sea

$$\bar{a}_i = \sum_{j \in G_i} \frac{a_{N,j}}{n_i} \quad (44)$$

donde  $G_i$  denota la muestra de la población  $i, i = 1, \dots, k$ . Y

$$\bar{a} = \sum_{j=1}^N \frac{a_{N,j}}{N} \quad (45)$$

Entonces el estadístico de prueba es:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{a}_i - \bar{a})^2}{\sum_{j=1}^N (a_{N,j} - \bar{a})^2 / (n - 1)} \quad (46)$$

(Correa *et al.*, 2006). Este estadístico bajo  $H_0$  se distribuye aproximadamente  $\chi_{k-1}^2$ . La prueba de Fligner es menos sensible a desviaciones del supuesto de normalidad.

- **Correcciones.** (Ortiz, 2008) señala que de obtenerse un alto grado de significación en las pruebas de homogeneidad y consistencia, es decir, que se cumplieron las hipótesis alternas, es necesario realizar correcciones a la información. Para ello se debe identificar el período dudoso y el período confiable que permita realizar las correcciones. Puede emplearse la ecuación 47.

$$x'_i = \left( \frac{x_i - \bar{X}_d}{S_d} \right) S_c + \bar{X}_c \quad (47)$$

donde  $x'_i$  es el dato corregido,  $x_i$  es el dato a corregir y  $\bar{X}$  y  $S$  son la media y la desviación estándar de los períodos confiable (subíndice  $c$ ) y dudoso (subíndice  $d$ ).

La aplicación de la ecuación 47 muchas veces no brinda los resultados esperados, aún cuando iguala la media  $\bar{X}$  y la varianza  $S$ , en ocasiones resulta alterando los datos, generando subidas abruptas en la media debido al modelo aditivo empleado para este parámetro bajo esta ecuación.

Para evitar este inconveniente es recomendable verificar los datos una vez corregidos y evaluar nuevamente si las pruebas resultan o no significativas. Este proceso, en el caso de usar pruebas paramétricas, no detectará el error antes mencionado si se emplea la ecuación 47.

(Gama, 2016) recomienda que si el modelo anterior no es aplicable a los datos, pueden emplearse modelos aditivos o multiplicativos, para corregir la media del período dudoso. Para ello se emplean las ecuaciones 48 (modelo aditivo) y 49 (modelo multiplicativo).

$$x'_i = x_i + (\bar{X}_c - \bar{X}_d) \quad (48)$$

$$x'_i = x_i \left( \frac{\bar{X}_c}{\bar{X}_d} \right) \quad (49)$$

En (Verdoy *et al.*, 2006), se indica que para el caso de la varianza la corrección correspondería a un proceso de eliminación de heterocedasticidad, el cual implicaría también la corrección de la tendencia en este parámetro estadístico. Por esta razón, si lo que se quiere únicamente es igualar las varianzas del período dudoso y el confiable, se puede recurrir a una transformación lineal de los datos, considerando un modelo multiplicativo derivado de las siguientes ecuaciones:

$$x'_i = \left( \frac{x_i - \bar{X}}{S} \right) S_b + \bar{X}_b \quad (50)$$

donde  $x'_i$  es el dato corregido,  $x_i$  es el dato a corregir,  $S$  es la desviación estándar de la muestra y  $\bar{X}$  es la media.  $S_b$  es la desviación estándar buscada y  $\bar{X}_b$  es la media buscada. La ecuación 50 puede simplificarse de la siguiente manera:

$$x'_i = \alpha + \beta x_i \quad (51)$$

donde  $x'_i$  corresponde al dato confiable,  $x_i$  al dato dudoso y  $\alpha$  y  $\beta$  vendrían a ser

factores de corrección relacionados con la media y la desviación estándar de las muestras.

$$\alpha = (\bar{X} - \bar{X}_d) \left( \frac{S_d}{S} \right) \quad y \quad \beta = \left( \frac{S_d}{S} \right) \quad (52)$$

Si lo que se desea es mantener tanto la asimetría como la curtosis de la variable, es decir, no modificar la *forma* de la distribución, se procurará obtener una transformación que tenga una media de 0 y una varianza y desviación estándar de 1, en cuyo caso la ecuación 50 tendrá la siguiente forma:

$$y_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S} \quad \text{para } i = 1, \dots, n \quad (53)$$

Finalmente, si lo que se busca es modificar únicamente la varianza y desviación estándar de los datos sin alterar la media, basándonos en la ecuación 51, el coeficiente  $\alpha$  podría tomar el valor de 0 y el coeficiente  $\beta$  la forma de la ecuación 54.

$$x'_i = x_i \left( \frac{S_c}{S_d} \right) \quad (54)$$

en donde  $S_c$  es la desviación estándar del período confiable y  $S_x$  la del período dudoso.

#### e. **Detección y corrección de tendencias**

- **Test de Mann-Kendall** Es una prueba no-paramétrica para explorar la tendencia de una serie temporal, sin necesidad de especificar el tipo de tendencia, es decir, lineal o no-lineal. Fue propuesta por Mann en 1945 y Kendall en 1975 obtuvo su distribución estadística. Se ha encontrado que es una herramienta excelente para la detección de tendencias. Considerando la serie temporal  $x(t = 1, 2, \dots, n)$ , cada valor de la serie ( $x_t$ ) es comparado con los valores consecutivos ( $x_{t+1}$ ) y una nueva serie  $z_k$  es generada como sigue:

$$\begin{aligned}
z_k &= 1 && \text{para } x_t > x_{t'} \\
z_k &= 0 && \text{para } x_t = x_{t'} \\
z_k &= -1 && \text{para } x_t < x_{t'}
\end{aligned} \tag{55}$$

donde  $k$  es dado por:

$$k = (t' - 1)(2n - t')/2 + (t - t') \tag{56}$$

El estadístico Mann-Kendall ( $S$ ) es definido como sigue:

$$S = \sum_{t'=1}^{n-1} \sum_{t=t'+1}^n Z_k \tag{57}$$

Así, este estadístico representa el número de diferencias positivas menos el número de diferencias negativas para todas las diferencias consideradas. Además, la estadística de prueba anterior para  $n > 40$  se puede escribir como:

$$u_c = \frac{S + m}{\sqrt{V(S)}} \tag{58}$$

donde:

$$V(S) = \frac{1}{18} \left( n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^g e_i(e_i-1)(2e_i+5) \right) \tag{59}$$

En la ecuación 58 y 59,  $m = 1$  para  $S < 0$  y  $m = -1$  para  $S > 0$ ,  $g$  es el número de grupos vinculados, y  $e_i$  es el número de datos en el  $i^{\text{esimo}}$  grupo vinculado. El valor de la prueba estadística  $u_c$  es tomado como cero para  $S = 0$ . Ahora, si el valor absoluto calculado de  $u_c$  es mayor que el valor crítico de la distribución normal estándar, no se puede rechazar la hipótesis de una tendencia ascendente o descendente en el nivel de significancia  $\alpha$ . Cabe señalar que Kendall (1975) sugirió usar la prueba de Mann-Kendall incluso para  $n$  valores tan bajos como 10, siempre que no haya demasiados valores vinculados. Hirsch et al. (1982) informaron la aplicación de esta prueba a series temporales estacionales.

- **Correcciones.** Si la prueba de Mann-Kendall resultara significativa, es decir, si existiese tendencia, esta puede corregirse, sin embargo, antes de abordar los

métodos de corrección debe recordarse que se tiene que evaluar los metadatos de la estación para determinar si una tendencia es correspondiente al cambio climático o es un posible error progresivo en la medición. Siendo el primer caso (de que la tendencia corresponda al cambio climático) probablemente se visualice una tendencia total en la serie de datos, lo cual simplifica el proceso de corrección; mientras que en el segundo caso (correspondiente a problemas en la recopilación de datos) podría llegarse a observar algún punto de cambio, el cual debe pasar en primer lugar por un proceso de detección. Es más recomendable realizar un ajuste de la tendencia en lugar de una eliminación debido a que este último procedimiento pasa por una estandarización de la serie y altera la media de los datos. En (Ortiz, 2008), podemos encontrar uno de los procesos más empleados y difundidos para el ajuste o corrección de tendencias consiste en ajustarla a una línea recta (tendencia lineal ecuación 60) y extraerla de la serie original.

$$Y_t = X_t - T_m - \overline{T_m} \quad (60)$$

donde  $Y_t$  es el dato sin tendencia,  $X_t$  corresponde al dato original con la componente de tendencia,  $T_m$  es la componente de tendencia y  $\overline{T_m}$  es el promedio de las tendencias individuales.  $T_m$  se determina de la ecuación 61 correspondiente a una regresión lineal simple.

$$T_m = A_m + B_m t \quad (61)$$

donde  $t$  es el tiempo iniciado en 1 y con cambio anual, y  $A_m$  y  $B_m$  son coeficientes de los polinomios de regresión, que deben ser estimados de los datos.

$$A_m = \overline{T_{m,p,\tau}} - B_m \bar{t} \quad (62)$$

$$B_m = R \frac{S_{T_m}}{S_t} \quad (63)$$

$$R = \frac{\bar{t} \times \overline{T_{m,p,\tau}} - \bar{t} \times \overline{T_{m,p,\tau}}}{S_t \times S_{T_m}} \quad (64)$$

donde  $\overline{T_{m,p,\tau}}$  es el promedio de las tendencias (datos libres de saltos),  $\bar{t}$  es el

promedio del tiempo,  $S_{T_m}$  es la desviación estándar de la tendencia (datos libres de saltos),  $S_t$  es la desviación estándar del tiempo  $t$  y  $R$  es llamado coeficiente de correlación lineal entre la variable estudiada y el tiempo.

Además  $\overline{t \times T_{m_p, \tau}}$  se calcula de la siguiente expresión:

$$\overline{t \times T_{m_p, \tau}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{m_p, \tau})_i \times t_i \quad (65)$$

## 2.6 COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE SERIES TEMPORALES

Para realizar la completación y extensión de series hidrológicas, es necesario contar con un registro que debe pasar el análisis de confiabilidad, debe ser información libre de saltos y tendencias (homogénea y estacionaria). Las metodologías de completación y extensión son diversas debido a la naturaleza de la información faltante o extendible. Se revisarán a continuación los más comunes.

### a. Promedio aritmético

(Cahuana y Yugar, 2009). Si la precipitación media anual en estaciones índice está dentro de un 10 % de la registrada en la estación incompleta (X), se utilizará el “promedio aritmético simple” de 03 estaciones índices para estimar el dato faltante diario. Este método también es aplicable datos anuales o mensuales faltantes.

### b. Método del U.S. Weather Bureau

(Cahuana y Yugar, 2009). Este procedimiento ha sido verificado tanto teórica como empíricamente y considera que el dato faltante de una estación X, por ejemplo, puede ser estimada en base a los datos observados en las estaciones circundantes, el método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes. Consiste en ponderar los valores observados en una cantidad  $W$ , igual al recíproco del cuadrado de la distancia  $D$  entre cada estación vecina y la estación X, y por lo tanto la precipitación buscada será:

$$P_x = \frac{\sum (P_i W)_i}{\sum W_i} \quad (66)$$

donde  $P_i$  es la precipitación observada par ala fecha faltante en las estaciones auxiliares circundantes (02 como mínimo) en milímetros,  $D_i$  es la distancia entre cada estación circundante en  $Km$  y  $W_i$  se determina de la siguiente expresión:

$$W_i = \frac{1}{D_i^2} \quad (67)$$

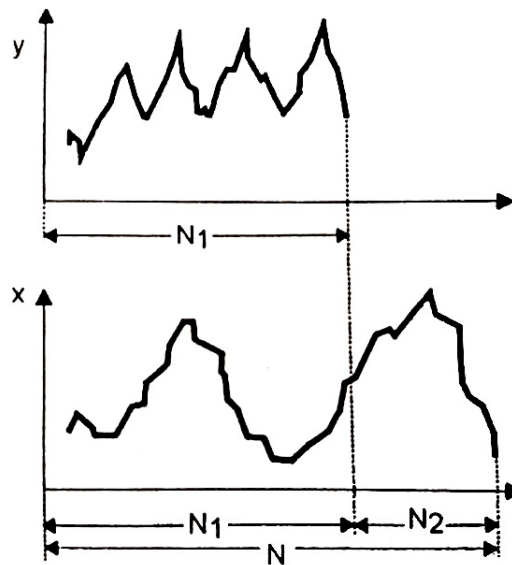
### c. Regresión lineal simple

(Villón Béjar, 2002b). En este caso debe tenerse en cuenta que la completación no es



más que un caso particular de la extensión de series de tiempo. El proceso es tal como sigue:

1. Obtener la serie de tamaño  $N_1$  a completar o extender:  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_{N_1}$
2. Seleccionar la estación, que guarde una buena relación con la estación de interés y cuya longitud sea mayor, como por ejemplo:  $N = N_1 + N_2$ , de tal manera que:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{N_1}, x_{N_1+1}, \dots, x_{N_1+N_2}$ , como lo muestra la figura 10.



**Figura 10:** Series de tamaño  $N_1$  y  $N = N_1 + N_2$ .  
Fuente: Villón Béjar (2002b)

3. Seleccionar el modelo de correlación, en este caso la ecuación de regresión lineal:

$$y_t = a + bx_t \quad (68)$$

donde  $y_t$  es la variable hidrológica dependiente (dato faltante o serie de registro corto),  $x_t$  la variable hidrológica independiente (dato para completar o serie de registro largo) y  $a$  y  $b$  son los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple.

4. Estimar los parámetros  $a$  y  $b$ , con las siguientes ecuaciones:

$$b = r \frac{S_1(y)}{S_1(x)} \quad (69)$$

$$b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (70)$$

$$a = \bar{y}_1 - b\bar{x}_1 \quad (71)$$

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum y_i}{N_1} \quad ; \quad \bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{N_1} \quad (72)$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (73)$$

$$S_{1(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left( \sum_{i=1}^{N_1} (y_i - \bar{y}_1)^2 \right)} \quad (74)$$

$$S_{1(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left( \sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right)} \quad (75)$$

donde  $\bar{y}_1$  y  $\bar{x}_1$  son los estimados de las medias, de los períodos comunes, de tamaño  $N_1$  de las variables  $y_t$  y  $x_t$ ;  $S_{1(y)}$  y  $S_{1(x)}$  son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar de  $y_t$  y  $x_t$  de los períodos comunes de tamaño  $N_1$ ; y finalmente  $r$  es el coeficiente de correlación, se recomienda que en el caso de correlación cruzada sea mayor a 0.9.

5. Ecuación de completación o extensión, sustituyendo valores en la ecuación 68, resulta:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_1) \quad (76)$$

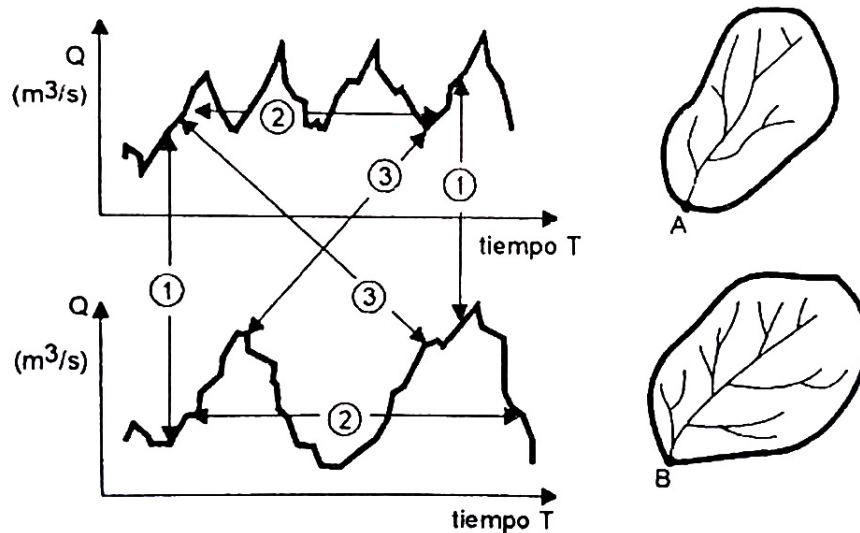
La ecuación 76 puede mejorar si se le agrega una componente aleatoria, sobre todo en el caso de extender la información a un período largo, (20 o 30 años), se puede expresar de la siguiente forma:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_1) + \alpha \theta \sqrt{1 - r^2} \cdot S_{1(y)} \varepsilon_t \quad (77)$$

donde  $\bar{y}_1$  y  $\bar{x}_1$  son los estimados de las medias de los períodos comunes de tamaño  $N_1$  de las variables  $y_t$  y  $x_t$ ,  $S_{1(y)}$  y  $S_{1(x)}$  son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar de  $y_t$  y  $x_t$  de los períodos comunes de tamaño  $N_1$ .  $\varepsilon_t$  es la variable aleatoria normal e independiente, con media 0 y varianza 1. Los valores de  $\theta$  son 0 en el caso de completación y 1 en el caso de extensión. La variable  $\alpha$  es función del tamaño de las muestras y se emplea para corregir el sesgo en la varianza del proceso, se calcula de la ecuación 78 (Villón Béjar, 2002b).

$$\alpha = \frac{N_2(N_1 - 4)(N_1 - 1)}{(N_2 - 1)(N_1 - 3)(N_1 - 2)} \quad (78)$$

Finalmente, las técnicas adecuadas para el proceso de completación o extensión mediante regresión se explican en la figura 11.



**Figura 11:** Técnicas de regresión.

- (1) es el proceso de correlación cruzada sin desfase (*correlación espacial*)
- (2) es la correlación serial con desfase (*correlación temporal o autocorrelación*) y
- (3) es la correlación cruzada con desfase (*correlación espacial y temporal*)

*Fuente: Villón Béjar (2002b)*

#### d. Método HEC-4

(US Army Corps of Engineers, 1971). Basado en la regresión múltiple, el método originado en el Laboratorio de Ingeniería Hidrológica del “Corps of Engineers”, fue creado principalmente para realizar procesos de estimación de caudales mensuales y regionalización. Los resultados se plasmaron en un software denominado HEC-4, escrito en lenguaje FORTRAN. Además, debido a su método de cálculo, es útil también en la completación y extensión de series mensuales de precipitación, evaporación y demanda de agua, combinando las variables o empleándolas independientemente. Este programa puede analizar valores mensuales de un número interrelacionado de estaciones para determinar sus características estadísticas y generar una secuencia de valores hipotéticos de cualquier longitud deseada conservando estas características. El método de cálculo, tal como lo especifica el manual de usuario de HEC-4, se describe a continuación.

1. En la parte estadística, los valores para cada mes en cada estación se incrementan al uno por ciento (1 %) de la media del promedio de cada mes calendario, con la finalidad de prevenir valores negativos en los logaritmos de los valores mensuales iguales a 0 (ecuación 79). Este incremento es luego sustraído. Se calculan también la media ( $\bar{x}_i$ ), desviación estándar ( $S_i$ ) y coeficiente de sesgo ( $g_i$ ) para cada mes y cada estación.

$$x_{i,m} = \log(Q_{i,m} + q_i) \quad (79)$$

donde  $i$  es el mes y  $m$  el año.  $Q$  es el valor mensual y  $q$  el pequeño incremento de uno por ciento.

2. Para cada estación y mes con registro incompleto, se realiza una búsqueda de registros más largos entre las estaciones utilizadas, para encontrar aquello que contribuirá más a aumentar la confiabilidad de las estadísticas calculadas a partir del registro incompleto. La media y la desviación estándar se ajustan. La ecuación 80 se utiliza para calcular el registro equivalente requerido para obtener estadísticas igualmente confiables para estas estadísticas ajustadas y es la base para seleccionar el mejor registro que se utilizará en el ajuste. Las ecuaciones 81 y 82 son las ecuaciones de ajuste.

$$N_1' = \frac{N_1}{1 - \frac{N_2' - N_1}{N_2'} R^2} \quad (80)$$

$$\overline{X_1}' - \overline{X_1} = (\overline{X_2}' - \overline{X_2}) R S_1 / S_2 \quad (81)$$

$$\overline{S_1}' - \overline{S_1} = (\overline{S_2}' - \overline{S_2}) R^2 S_1 / S_2 \quad (82)$$

Las primas indican el registro largo y sin primas indican el registro corto, los períodos analizados deben ser comunes. Además  $N$  es la longitud del registro y  $R$  es el coeficiente de correlación lineal.

3. Cada valor individual es convertido para conseguir una variable normalizada, se emplea para esto una aproximación de la distribución Pearson Tipo III.

$$t_{i,m} = (x_{i,m} - \bar{x}_i) / s_i \quad (83)$$

$$K_{i,m} = 6/g_i [((g_i t_{i,m}/2) + 1)^{1/3} - 1] + g_i/6 \quad (84)$$

donde  $K$  es la desviación estándar normal,  $t$  la desviación estándar Pearson Tipo III y  $g$  es el coeficiente de sesgo.

4. Después de normalizar los valores de todos los meses y estaciones, los coeficientes de correlación simple  $R$  entre todos los pares de estaciones para cada mes actual y precedente son calculados empleando la ecuación 85.

$$R_{i,i-1} = \left\{ 1 - [1 - \left( \frac{\sum_{m=1}^N x_{i,m} x_{i-1,m}}{\sum_{m=1}^N x_{i,m}^2 \sum_{m=1}^N x_{i-1,m}^2} \right)] (N-1)/(N-2) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (85)$$

en donde:  $x = X - \bar{X}$

5. Si hay observaciones simultáneas insuficientes de cualquier par de variables para calcular un coeficiente de correlación requerido, ese valor debe estimarse. Cada va-

lor faltante se estima al examinar su relación con los pares de valores relacionados en el mes actual y el mes anterior mediante el uso de la ecuación 86 que utiliza los subíndices  $i, j$  y  $k$  para indicar las variables utilizadas en la correlación simple.

$$R_{ij} = R_{ki}R_{kj} \pm \sqrt{(1 - R_{ki}^2)(1 - R_{kj}^2)} \quad (86)$$

Debido a que para ser consistente con los dos coeficientes de correlación relacionados, el coeficiente de correlación debe estar entre los límites dados por la ecuación 86, el límite superior más bajo y el límite inferior más alto se establecen para todos los pares relacionados, y el promedio de estos dos límites es tomado como el coeficiente de correlación estimado.

6. Los valores mensuales que faltan en los registros de las diversas estaciones se estiman para todas las estaciones para cada mes por turno. En consecuencia, siempre que se esté reconstituyendo un valor faltante, existe un valor válido para todas las estaciones ya examinadas ese mes y para todas las estaciones restantes en el mes actual o en el mes anterior. Para estas estaciones restantes, el valor actual se selecciona donde esté disponible, de lo contrario se usa el valor anterior. Para reconstituir el valor perdido, se calcula una ecuación de regresión en términos de variables estándar normales seleccionando los coeficientes requeridos de la matriz de correlación completa para ese mes y resolviendo mediante el método Crout. El valor perdido se calcula a partir de esta ecuación de regresión, introduciendo un componente aleatorio igual a la re-determinación de la ecuación, como se discutió en el procedimiento de generación de flujo.
7. Se ha encontrado que el uso válido de la técnica de regresión requiere que todos los coeficientes de correlación concuerden con los datos que se sustituirán en las ecuaciones y que los coeficientes de correlación sean mutuamente consistentes. La inconsistencia en los coeficientes de correlación hace que la variable dependiente esté sobre-definida y se evidencia por un coeficiente de determinación mayor que 1. Si esto ocurre (debido a datos incompletos), la variable independiente que contribuye menos a la correlación se descarta y se calcula una nueva ecuación de regresión. Este proceso se repite según sea necesario hasta que se alcanza la consistencia (que debe ocurrir cuando solo queda una variable independiente). Para hacer que la ma-

triz de correlación sea coherente con la matriz de datos, todos los coeficientes de correlación afectados se vuelven a calcular después de cada estimación de datos faltantes.

8. Las desviaciones estándar normales se convierten luego en los valores mensuales (precipitación, caudal, evaporación, entre otras) mediante las siguientes ecuaciones:

$$t_{i,m} = \{[(g_i/6)(K_{i,m} - g_i/6) + 1]^3 - 1\} 2/g_i \quad (87)$$

$$x_{i,m} = \bar{X} + t_{i,m}S_i \quad (88)$$

$$Q_{i,m} = \log(X_{i,m} - q_i) \quad (89)$$

## 2.7 BALANCE HIDROLÓGICO DE CUENCAS

Para (Chereque, 1990), los estudios de hidrología superficial son orientados hacia dos tipos de proyectos, los que se refieren al uso del agua y los que se refieren a la prevención de daños ocasionados por el agua: disponibilidad hídrica y máximas avenidas, respectivamente.

Se debe analizar las variables que componen los sistemas hidrológicos, las cuales finalmente determinan el balance hídrico y el caudal de escorrentía, para este trabajo de investigación con redes neuronales artificiales es indispensable este análisis. El *modelo de cuenca* hidrológica que se planteará es el más *elemental*, considerando la disponibilidad de la información en nuestro caso en específico. Por lo tanto, este modelo simple se plantea por dos razones: en primer lugar por la disponibilidad de información y en segundo lugar, para observar la robustez de las redes neuronales para resolver problemas en los que se desprecian algunas variables que en proporcionalidad son menos influyentes en la respuesta de los sistemas.

### a. Modelo hidrológico de cuenca

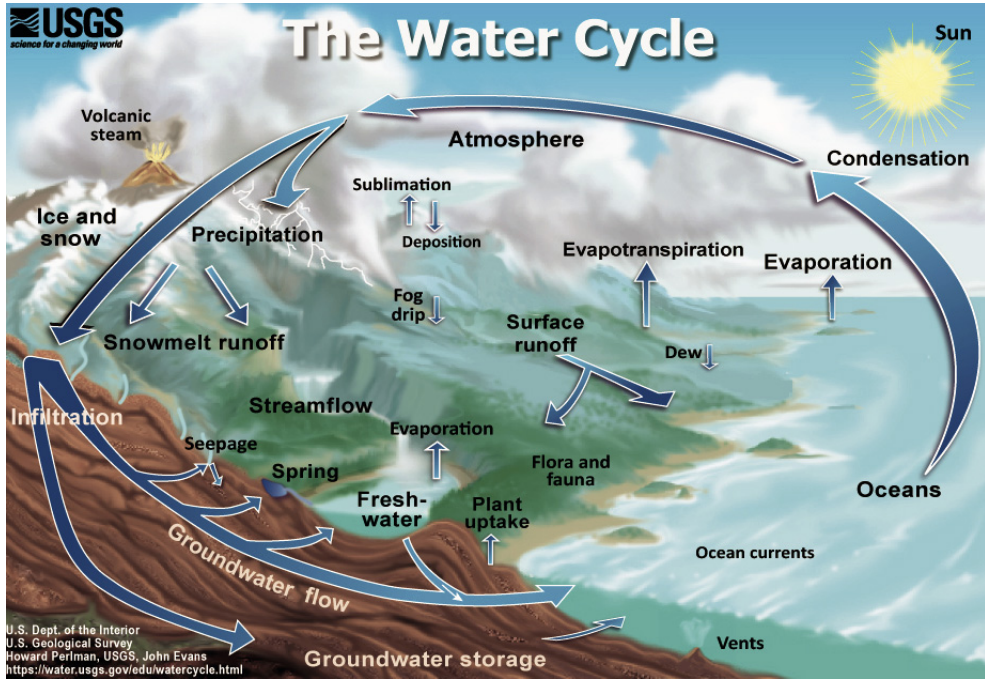
Según (Fattorelli y Fernández, 2007), el modelo hidrológico de una cuenca (figura 13) está fundamentado en los procesos que integran las fases del *ciclo hidrológico* (figura 12). En una cuenca podemos encontrar diversas variables, las cuales clasificaremos como entradas (precipitación), salidas (escorrentía, flujo subterráneo que sale, evapotranspiración real) y la variación del almacenamiento. Todas estas variables están presentes en la cuenca, y se interrelacionan tal como lo muestran las ecuaciones 90 y 91.

$$\text{Entrada} - \text{Salida} = \text{Almacenamiento} \quad (90)$$

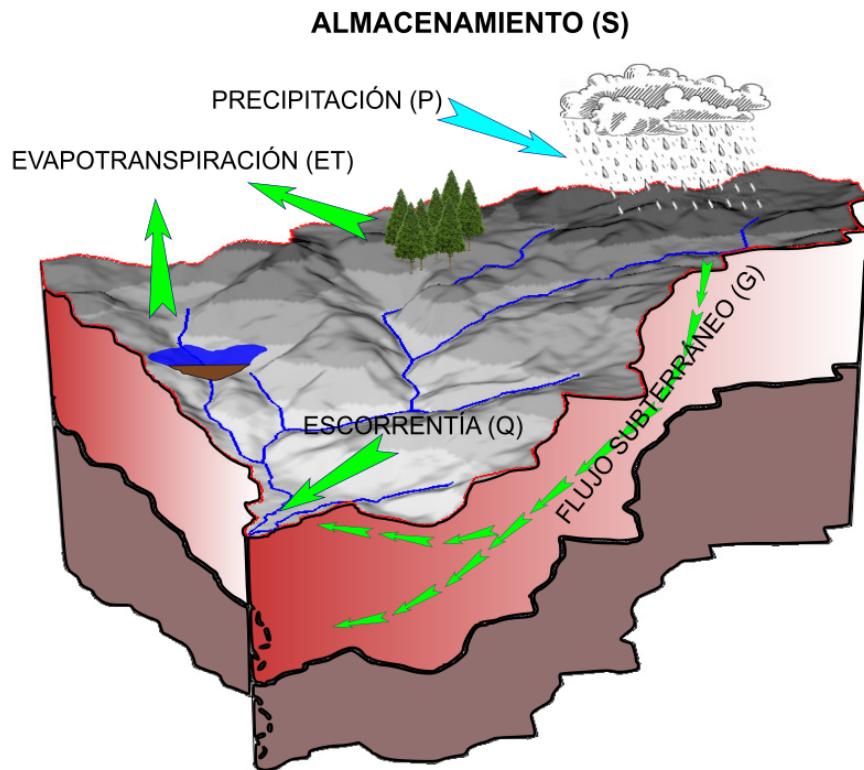
$$\Delta S = P - Q - G - ET \quad (91)$$

donde  $P$  es la precipitación,  $Q$  es el caudal superficial que sale de la cuenca,  $G$  constituye el flujo neto de aguas subterráneas desde la cuenca hacia el exterior,  $ET$  representa la evapotranspiración de la cuenca y  $\Delta S$  es el cambio en el almacenamiento superficial y subterráneo, que incluye el almacenamiento en cauce, embalses, suelo y acuíferos.





**Figura 12:** Ciclo hidrológico.  
*Fuente: United States Geological Survey - USGS (2018)*



**Figura 13:** Modelo hidrológico de cuenca.  
*Fuente: Elaboración propia.*

## b. Variables que afectan la escorrentía

Como ya se mencionó, se ha tomado un modelo hidrológico de cuenca elemental en cuanto a variables, sin embargo se considera que estas son las más influyentes en el caudal medio mensual para la cuenca en estudio, por ello se describe a continuación la interrelación que existe entre dichas variables. Parte del agua que llega a la cuenca en forma de *precipitación*, se mueve por la superficie en forma de *escurrimiento*, otra parte se infiltrará a través del suelo como *flujo subterráneo*, además, la precipitación anteriormente caída sobre las plantas y el suelo mismo será transpirada por la cuenca en forma de vapor hacia la atmósfera, juntándose con la evaporación de las masas o cuerpos de agua (lagos y embalses), proceso conocido como *evapotranspiración* que está íntimamente relacionado con la temperatura, la radiación solar, el viento, la humedad y la presión atmosférica. Finalmente una parte quedará retenida por la cuenca en lagos, embalses, suelo saturado, entre otros, teniendo la variable final: *almacenamiento*.

Entonces la ecuación 91 quedaría expresada de la siguiente manera:

$$Q = P - G - ET - \Delta S \quad (92)$$

- **Precipitación.** En una cuenca es de considerable interés para el diseño hidrológico y su evaluación. Es muy importante en la simulación de los procesos de precipitación-escorrentía, tanto en modelos de pronóstico como en diseño. Según sean las necesidades del estudio, puede usarse el valor de la precipitación media anual, mensual, diaria o de una tormenta distribuida sobre un área. Se considera independiente de otras variables, su comportamiento obedece a la aleatoriedad y fenómenos atmosféricos de mucha complejidad predictiva, razón por la cual su medición y análisis es de vital importancia pues, bajo estas circunstancias, no se puede inferir con ningún proceso.
- **Flujo subterráneo.** En el modelo hidrológico de cuenca considerado, la precipitación es la única que aporta agua a la cuenca, por lo que de igual manera, el flujo subterráneo se considera proveniente únicamente de la precipitación, la cual se infiltra a través del subsuelo quedando, en términos sencillos, a poca y mucha profundidad. Esta variable es muy compleja de analizar debido a los procesos

naturales que ocurren al ras de la superficie de la cuenca, sin embargo, interesa evaluar los aspectos que condicionan su comportamiento, magnitud o influencia en la escorrentía. Aquí están considerados la infiltración (dependiente de la cobertura del suelo) y el almacenamiento subterráneo (dependiente de las formaciones geológicas), que en un período largo de tiempo, volverán como flujo base en la escorrentía. Debido a que la escorrentía se evaluará en forma mensual, se considerará que toda el agua infiltrada al subsuelo retornará a la cuenca en el punto emisor y el almacenamiento estará en función de la capacidad de la cuenca para infiltrar y retener el flujo. Por lo tanto podemos expresar:

$$G = f(CS, TS, FG) \quad (93)$$

donde  $CS$  es la cobertura del suelo,  $TS$  es el tipo de suelo y  $FG$  la geología de la cuenca. La cobertura del suelo es cuantificable para fines hidrológicos, puede hacerse uso del número de curva, planteado por el Soil Conservation Service - SCS o mediante el NVDI o índice diferencial de vegetación normalizado. El tipo de suelo presenta una variabilidad que se considera imperceptible en la escala y períodos de tiempo analizados y de la misma manera la geología. Por lo tanto, el tipo de suelo y la geología se considerarán a partir de ahora como constantes.

- **Evapotranspiración.** (Allen *et al.*, 1990) señala que se conoce como evapotranspiración (ET) a la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo. Existen diversas ecuaciones y métodos para su determinación, algunas muy complejas ya que abarcan muchas variables climáticas, como el más utilizado de Penman-Monteith de 1948, y otras simplificadas, como la de Hargreaves de 1985, o los más simple como el de Thornthwaite, dependiente únicamente de la temperatura. Debido a la disponibilidad de información, como ya se mencionó, emplearemos para esta variable su conceptualización mas simplificada (Thornthwaite, 1948).

$$ET = 16 \cdot (10 \times T/I)^a \quad (94)$$

donde  $^{\circ}T$  es la temperatura mensual en  $^{\circ}C$  e  $I$  es el índice de calor anual, el cual se determina de las ecuaciones 95 y 96.

$$I = \sum i_j \quad (95)$$

donde  $j = 1, \dots, 12$ , además:

$$i_j = (^{\circ}T_j/5)^{1.514} \quad (96)$$

Finalmente  $a$  es un parámetro que se obtiene de la siguiente expresión:

$$a = 0.0,000000675 \cdot I^3 - 0.0000771 \cdot I^2 + 0.01792 \cdot I + 0.49239 \quad (97)$$

De esta manera, podemos observar que la evapotranspiración, aun siendo función de muchas otras variables como la temperatura, la radiación solar, el viento, la humedad y la presión atmosférica puede quedar simplificada y determinarse en función de la temperatura:

$$ET = f(^{\circ}T) \quad (98)$$

- **Almacenamiento.** La última variable, como ya se explicó en los puntos anteriores, está relacionada con complejos procesos en los cuales se debe tener en cuenta la cobertura del suelo, el tipo de suelo, la geología, la infraestructura, entre otros. Sin embargo, su variabilidad tampoco tiene mayor influencia a la escala y período de tiempo analizados, por lo cual se considerará una constante.

### c. Disponibilidad hídrica y demanda de agua

No se ha podido encontrar bibliografía referente al término en la cual se pueda precisar una definición clara del mismo, sin embargo, en los estudios de disponibilidad hídrica existen diferentes interpretaciones dependiendo de la naturaleza del proyecto, la fuente de agua y el criterio del profesional. Es así que se entremezclan puntos de vista entre los cuales algunos consideran como agua disponible a toda el agua de la cuenca (almacenamiento superficial, subterráneo y precipitaciones) o en los que se considera como agua disponible o *disponibilidad hídrica* en un sentido más literal del término, indicando que es el agua disponible para su aprovechamiento inmediato.

En el Perú, la Ley de Recursos Hídricos - Ley No. 29338, establece las pautas para la determinación de disponibilidad hídrica para el aprovechamiento del recurso hídrico en proyectos hidráulicos, sin llegar a dar una definición específica del término. Se considera que todo proyecto debe respetar la demanda de agua de otros usos antropogénicos y del medio ambiente que dependan de la fuente de agua de interés (*caudal ecológico*).

La misma ley y la Resolución Jefatural 007-2015-ANA establecen como caudal disponible, el caudal de persistencia al 75 % restado de las demandas de otros usos y la demanda ambiental.

Teniendo en cuenta las pautas de la Ley de Recursos Hídricos y la Resolución Jefatural 007-2015-ANA, y ya que la fuente hídrica investigada corresponde a un río, podemos definir que la *disponibilidad hídrica* de ese río corresponde a toda el agua aprovechable al 75 % de persistencia hidrológica en el punto de interés, restada de los **usos o demanda aguas abajo** de ese mismo punto del río.

Entonces, la metodología a emplear para determinar el caudal disponible deberá considerar que la demanda aguas arriba ha sido satisfecha, y para obtener la disponibilidad hídrica habrá que estimar la demanda aguas abajo del punto y restarla del caudal obtenido al 75 % de persistencia del registro obtenido mediante el entrenamiento de la red neuronal artificial.

Cabe mencionar que para la determinación del **caudal ecológico** existen un número considerable de fórmulas estadísticas, modelos hidrológicos y de simulación de hábitat, sin embargo, ya que no es motivo de esta investigación, se determinará el caudal

ecológico en base a la Resolución Jefatural 098-2016-ANA, emitida por la Autoridad Nacional del agua, en la que se indica que el caudal ecológico es el equivalente al calculado en una persistencia del 95 % del registro histórico de como mínimo 20 años del caudal medio mensual.

- **Curva de variación estacional**

(Villón Béjar, 2002a). Estas curvas proporcionan una información sobre la distribución de los valores hidrológicos, respecto al tiempo y la probabilidad de que dichos eventos o valores ocurran. Permiten por ejemplo, determinar cuál sería el caudal que se puede presentar con una determinada probabilidad.

Una de las aplicaciones prácticas de la construcción de la curva de variación estacional es el cálculo del balance hidrológico de una región, ya que permite determinar la disponibilidad de agua mes a mes, con cierta probabilidad de ocurrencia.

Las curvas se inician determinando la probabilidad de ocurrencia de los diferentes datos de la muestra, sin embargo estos también deben ser ajustados a una distribución de probabilidad teórica.

- **Probabilidad y período de retorno**

El período de retorno  $T$  en años, es una medida inversa a la probabilidad de no excedencia  $P(X < x)$  de un evento. Además, está vinculado con el riesgo  $R$  y el período de tiempo  $n$  mediante la siguiente ecuación:

$$R = 1 - (1 - P(X \geq x))^n \quad (99)$$

- **Distribuciones teóricas y pruebas de bondad de ajuste**

Las variables hidrológicas deben ajustarse a modelos probabilísticos que representen de forma satisfactoria su comportamiento. Para poder utilizar estos modelos, se deben calcular sus parámetros y realizar las pruebas de bondad de ajuste. Si el ajuste es bueno, se puede utilizar la distribución evaluada y se podrá predecir con determinado grado de certeza, la ocurrencia de la magnitud determinada de un fenómeno hidrometeorológico.

También se podrá determinar la magnitud de un fenómeno para un determina-

do período de retorno. La prueba de bondad de ajuste más empleada es la de Smirnov-Kolmogorov.

Las distribuciones teóricas más comunes son: Normal, Log-Normal, Gamma, Log-Pearson, Gumbel y Log-Gumbel.

## 2.8 REDES NEURONALES ARTIFICIALES

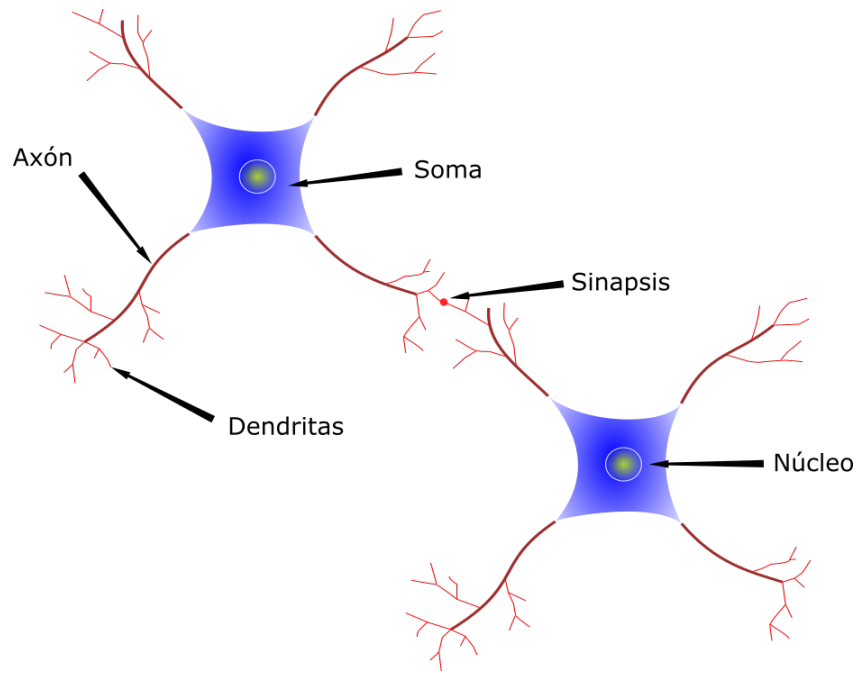
Para (Delgado, 1998), las redes neuronales son una alternativa a la computación clásica, basadas en algoritmos inspirados en el funcionamiento del cerebro y sus neuronas, éstas tienen un buen desempeño en problemas que la segunda no puede resolver, principalmente es empleada en campos relacionados con el reconocimiento de patrones, planeamiento, predicción, control y optimización. A diferencia de la computación clásica que es secuencial, la red neuronal trabaja con entradas paralelas y el resultado no es almacenado, es un estado de la red cuando se logra el equilibrio. Su aprendizaje no se almacena en instrucciones, sino en topología y los valores de sus conexiones. Sin embargo no son un reemplazo a los sistemas tradicionales, sino más bien se consideran un complemento. Pueden resolver problemas físicos sin conocer, valga la redundancia, las relaciones físicas de las variables. Para entrenarlas, se presentan de manera repetitiva y sistemática una serie de entradas y sus respectivas salidas.

### a. Analogía entre RNA y Redes neuronales biológicas

Cajal, 1991, demostró que el tejido del cerebro no es una masa continua sino una red de unidades discretas denominadas neuronas (figura 14). Una neurona biológica está compuesta por el *soma* o cuerpo que contiene el núcleo y recibe información de otras neuronas a través de la sinapsis en su superficie. Las *dendritas* son estructuras que parten del soma con ramificaciones, se especializan en la recepción de señales de otras células nerviosas por medio de conexiones sinápticas. El *axón* permite enviar impulsos a otras células nerviosas. La *sinapsis* es una conexión entre dos células nerviosas. Las sinapsis pueden ser excitativas o inhibitorias según el neurotransmisor que se libere, cada neurona recibe de 10000 a 100000 sinapsis y su axón realiza una cantidad similar de sinapsis.

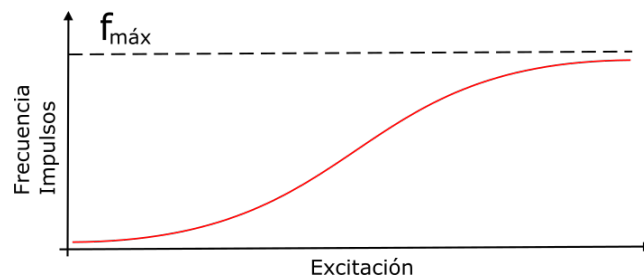
En estado de reposo, la membrana de la neurona mantiene una diferencia de potencial de -70mv. En este estado es más permeable a los iones de potasio que a los iones de sodio. Cuando se estimula la célula, la permeabilidad al sodio se incrementa, y entonces se produce una entrada de cargas positivas que produce un impulso y cuando éste alcanza los terminales del axón de la neurona presináptica, este induce la liberación de moléculas neurotransmisoras. Los transmisores se difunden y alcanzan los receptores de la membrana postsináptica. La frecuencia de los impulsos y la intensidad de





**Figura 14:** Neuronas biológicas.  
Fuente: *Elaboración propia.*

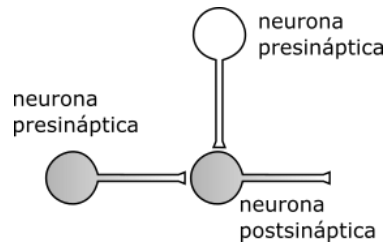
excitación obedecen a una función (figura 15).



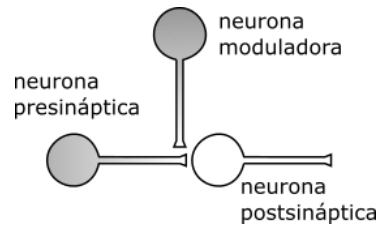
**Figura 15:** Variación de la frecuencia de descarga neuronal según la excitación.  
Fuente: *Delgado (1998).*

El psicólogo Hebb en 1949, propone que el aprendizaje en las neuronas ocurre por la actividad neuronal coincidente, esto se conoce como la **ley de Hebb o aprendizaje Hebbiano**: “Cuando el axón de la célula A excita a la célula B y repetidamente toma lugar en su activación, ocurre algún proceso de crecimiento o cambio metabólico en una o ambas células tal que la eficacia de A, como una de las células que dispara a B, se incrementa”, esto se conoce como mecanismo asociativo pre-post, figura 16.

Tauc y Kandel en 1963 propusieron una segunda regla de aprendizaje, encontraron que la conexión sináptica entre dos neuronas se puede fortalecer sin actividad de la célula postsináptica, una tercera neurona, denominada neurona moduladora, incrementa la liberación del neurotransmisor de la célula presináptica, figura 17.

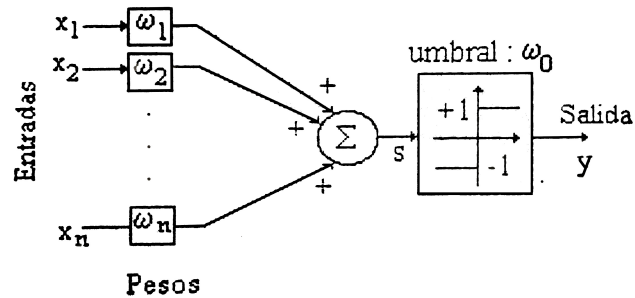


**Figura 16:** Coincidencia pre-post.  
Fuente: Delgado (1998).



**Figura 17:** Coincidencia pre-moduladora.  
Fuente: Delgado (1998).

W.S. McCulloch y W. Pitts en 1943 proponer un modelo simple de la neurona biológica.



**Figura 18:** Modelo de neurona artificial.  
Fuente: Delgado (1998).

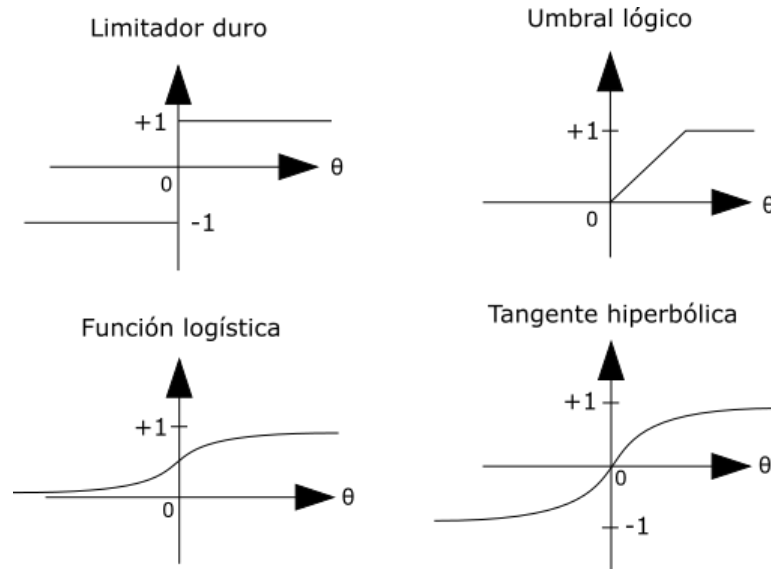
Las entradas son  $x_i, i = 1, \dots, n$ , las sinapsis se modelan por los pesos  $\omega_i$ . La neurona se dispara si la suma ponderada de las entradas excede el valor umbral  $\omega_0$ , en este caso la salida de la neurona toma dos valores  $(-1, +1)$ . En notación matemática:

$$y = \sigma\left(\sum_{i=1}^n \omega_i \cdot x_i + \omega_0\right) \quad (100)$$

donde:

$$\sigma(\theta) = \begin{cases} -1, & \theta < 0 \\ +1, & \theta \geq 0 \end{cases} \quad (101)$$

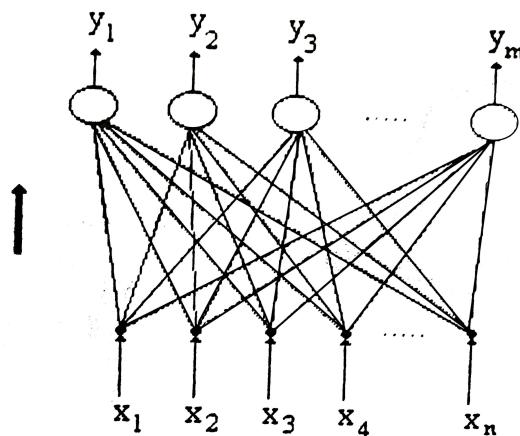
la función  $\sigma(\theta)$  se denomina función de activación. Hay varios tipos de funciones de activación, se muestran en la figura 19.



**Figura 19:** Funciones de activación comunes.  
Fuente: Delgado (1998).

### b. Red Neuronal de una Capa

En la figura 20 se muestra una red neuronal con nodos de entrada y una capa de neuronas a la salida. Cada círculo de la figura 20 corresponde al modelo de la figura 18. Sin embargo estas redes neuronales tienen una importante limitación: sólo pueden resolver problemas separables linealmente. Esta limitación de las redes neuronales de una capa causó que la investigación en redes neuronales entrara en un período de hibernación científica que duró un aproximado de 20 años.



**Figura 20:** Red Neuronal de una Capa.  
Fuente: Delgado (1998).

### c. Algoritmos para el entrenamiento de una neurona

Existen dos tipos de algoritmos: (i) Supervisados: algoritmos de corrección del error y el descenso de gradiente y (ii) No supervisados: no requieren patrones entrada-salida, la neurona establece sus propios pesos a partir de los datos de entrada.

A continuación pasaremos a describir los supervisados, que son lo más comunes.

#### i. Algoritmos de corrección del error

- **$\alpha$ -Least Mean Square ( $\alpha$ -LMS).** Este algoritmo no funciona correctamente para datos fuertemente correlacionados debido a que en estos casos su aprendizaje es muy lento, razón por la cual no se verá a profundidad.
- **Regla del perceptrón.** Se emplea en neuronas con función de activación, en estos casos “ $S$ ” es la salida de las neuronas y “ $y$ ” es la salida de la función de activación. El error estará dado por:

$$\hat{e}^k = d^k - y^k, \quad (102)$$

en donde:

$$y^k = \sigma(S^k) \quad (103)$$

y  $d^k$  es la salida deseada. Es importante resaltar que el superíndice  $k$  no representa exponente, es sólo un indicador del número de iteración. La actualización del vector de pesos se hace con la ecuación 104.

$$\omega^{k+1} = \omega^k + \alpha \cdot \hat{e}^k \cdot x^k \quad (104)$$

- ii. **Algoritmos basados en el gradiente** De igual manera se emplean los dos tipos anteriores. Se enuncia: “Un algoritmo basado en el gradiente toma un vector de pesos inicial, calcula la función de error y su gradiente, y luego obtiene un nuevo vector de pesos modificando el vector de pesos inicial en dirección opuesta al gradiente de la función de error, por lo general, la función de error cuadrático. El proceso se repite hasta que el error se encuentra en el límite establecido”. La regla está dada por:

$$\omega^{k+1} = \omega^k + \alpha(-\nabla^k) \quad (105)$$

donde  $\alpha$  es la tasa o tasa de aprendizaje y  $\nabla$  es el gradiente de la función de error respecto de  $\omega^k$

- $\alpha$ -LMS. No se emplea una función de propagación, emplea un combinador lineal. Para el patrón de entrada  $x^k$ , el error cuadrático es:

$$(e^k)^2 = \{d^k - (\omega^k)^T \cdot x^k\}^2 \quad (106)$$

de esta función debe obtenerse su vector gradiente:

$$\nabla^k = \frac{\partial (e^k)^2}{\partial \omega^k} = \left[ \frac{\partial (e^k)^2}{\partial \omega_0^k} \cdot \frac{\partial (e^k)^2}{\partial \omega^k} \cdots \frac{\partial (e^k)^2}{\partial \omega_n^k} \right]^T \quad (107)$$

por supuesto, al hablar de vector “T” significa transpuesta, y el nuevo vector de pesos será:

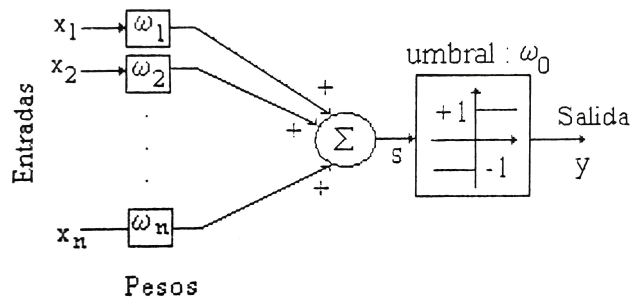
$$\omega^{k+1} = \omega^k - \alpha \cdot \frac{\partial (e^k)^2}{\partial \omega^k} \quad (108)$$

Derivando la ecuación 108 y reemplazando en 105, finalmente se obtiene:

$$\omega^{k+1} = \omega^k + 2 \cdot \alpha \cdot e^k \cdot x^k \quad (109)$$

Finalmente la ecuación 109 se utiliza para activar los pesos de una neurona sin función de activación.

- **Propagación inversa o “Back Propagation”**. En este tipo de algoritmos se necesita una función de activación. La figura 21 muestra una neurona con función de activación *tangente hiperbólica*, la cual es una función derivable por ser continua.



**Figura 21:** RNA con función de activación tangente hiperbólica.

*Fuente: Delgado (1998).*

La salida de esta neurona estará dada por:

$$y^k = \tanh(S^k) = \sigma(S^k) \quad (110)$$

El error no-lineal está dado por:

$$\tilde{e}^k = d^k - \sigma(S^k) = d^k - \sigma((\omega^k)^T \cdot x^k) \quad (111)$$

El gradiente del error cuadrático es:

$$\nabla^k = \frac{\partial(\tilde{e}^k)^2}{\partial\omega^k} = 2 \cdot \tilde{e}^k \frac{\partial\tilde{e}^k}{\partial\omega^k} \quad (112)$$

Reemplazando el error (ecuación 111) en la derivada y empleando la regla de la cadena, finalmente tendremos:

$$\nabla^k = -2\alpha\tilde{e}^k\sigma'(S^k) \cdot x^k \quad (113)$$

Sustituyendo en la ecuación 109 (ecuación de actualización de pesos):

$$\omega^{k+1} = \omega^k + 2\alpha^k\sigma'(S^k)x^k \quad (114)$$

La derivada de la función de activación tangente hiperbólica es:

$$\sigma'(S^k) = \frac{d\tanh(S^k)}{dS^k} = 1 - (y^k)^2 \quad (115)$$

Se concluye que la expresión para actualizar el vector de pesos en una neurona con función de activación tangente hiperbólica es:

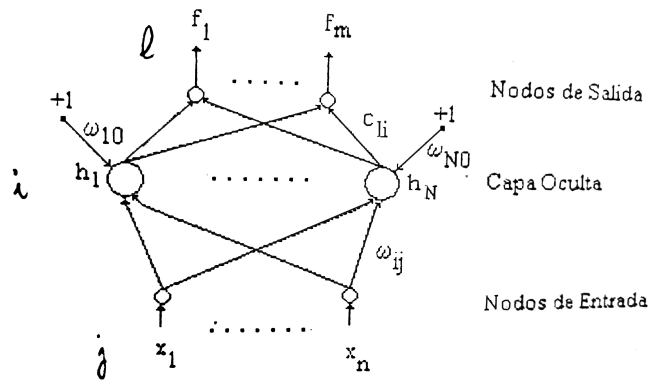
$$\omega^{k+1} = \omega^k + 2\alpha^k \{1 - (y^k)^2\} \cdot x^k \quad (116)$$

#### d. Neuronas estáticas

Los problemas adecuados para solucionar mediante redes neuronales son aquellos que no tienen solución computacional precisa o requieren algoritmos muy extensos, como en el caso del reconocimiento de imágenes. Entre las ventajas de las redes neuronales

se tiene: sintetizar algoritmos a través de un proceso de aprendizaje, no se requiere conocer los detalles matemáticos, sólo estar familiarizado con los datos de trabajo, es óptimo para desarrollar problemas no-lineales y es robusta. Entre las desventajas están: deben entrenar para cada problema y consumen mucho CPU, necesitan muchos datos y finalmente, su aspecto es complejo para un observador externo.

- i. **Red tipo perceptrón.** Poseen una capa de conexiones modificables entre sus nodos de entrada y las neuronas de salida, el conocimiento se almacena en el patrón de conexiones.
- ii. **Red multicapa.** La red neuronal multicapa (figura 22) puede resolver problemas de clasificación de patrones no separables linealmente como la función lógica XOR.



**Figura 22:** RNA Multicapa n-N-m  
Fuente: Delgado (1998).

Para esta red neuronal, la salida de las neuronas está dada por:

$$h_i = \sigma(S_i) = \sigma\left(\sum_{j=1}^N \omega_{ij} \cdot x_{ij} + \omega_{i0}\right) \quad (117)$$

donde  $i = 1, \dots, N$ ,  $\omega_{ij}$  es el peso que une la neurona  $i$  con la entrada  $j$  y  $\omega_{i0}$  es el peso asociado a la entrada umbral  $x_0 = 1$ . Las salidas de la red son:

$$f_l = \sum_{i=1}^N c_{li} h_i \quad (118)$$

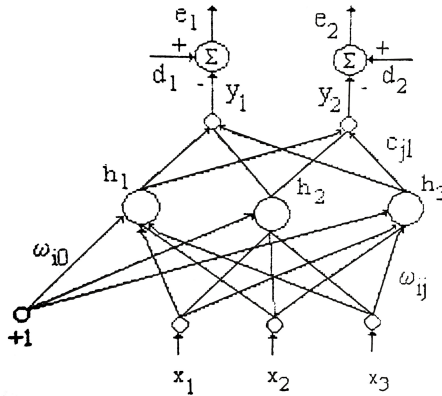
donde  $l = 1, \dots, m$ ,  $c_{li}$  es el peso que une la salida  $l$  con la neurona  $i$ . La red no tiene entradas umbral ni pesos umbral en las salidas cuando se trata de nodos. Es

posible tener neuronas en la capa de salida, en este caso:

$$f_i = \sigma \left( \sum_{i=1}^N c_{ij} h_i + c_{i0} \right) \quad (119)$$

Esto es, la suma ponderada pasa por la función de activación y existe un peso umbral por neurona de salida.

- iii. **Entrenamiento con algoritmo de propagación inversa.** Se necesita que las neuronas tengan una función de activación continua, se utiliza el gradiente de la función de error para actualizar los pesos.



**Figura 23:** RNA Multicapa 3-3-2.  
Fuente: Delgado (1998).

Durante la presentación de un patrón, el error cuadrático de las salidas será:

$$e^2 = (d_1 - y_1)^2 + (d_2 - y_2)^2 \quad (120)$$

Donde  $d_1$  y  $d_2$  son las salidas deseadas:

$$y_1 = c_{11}h_1 + c_{12}h_2 + c_{13}h_3 \quad (121)$$

$$y_2 = c_{21}h_1 + c_{22}h_2 + c_{23}h_3 \quad (122)$$

Calculando el gradiente del error cuadrático:

$$\frac{\partial e^2}{\partial c_{li}} = -2e_i h_i \quad (123)$$



Entonces la regla para actualizar los pesos de salida es:

$$c_{li}^{k+1} = c_{li}^k + 2\alpha e_i h_i \quad (124)$$

donde  $l$  va desde  $1, \dots, m$  e  $i$  desde  $1, \dots, N$ . La salida de las neuronas ocultas está dada por:

$$h_1 = \sigma(S_1), \quad h_2 = \sigma(S_2), \quad h_3 = \sigma(S_3) \quad (125)$$

El gradiente del error cuadrático respecto de los pesos de la capa oculta de la red neuronal es:

$$\frac{\partial e^2}{\partial \omega_{ij}} = -2\delta_l \sigma'(S_i) x_j \quad (126)$$

donde  $\delta$  es el error y está dado por:

$$\delta_i = \sum_{l=1}^m c_{li} e_i = \sum_{l=1}^m c_{li} (d_l - y_l) \quad (127)$$

Entonces, la regla para actualizar los pesos de entrada es:

$$\omega_{ij}^{k+1} = \omega_{ij}^k + 2\alpha \delta_i \sigma'(S_i) x_i \quad (128)$$

donde  $j$  va desde  $1, \dots, n$  y la derivada de la función de activación es:

$$\sigma'(\theta) = \frac{\partial \sigma(\theta)}{\partial \theta} \quad (129)$$

El algoritmo se denomina propagación inversa porque los errores se propagan en sentido inverso a las entradas para actualizar los pesos de la red

- iv. **Generalización en RNA.** Uno de los aspectos más sobresaliente de las RNA es su habilidad para reconocer o clasificar patrones nunca antes presentados a la red.

## 2.9 TELEDETECCIÓN CON QGIS

Para poder realizar el análisis de imágenes multiespectrales con QGIS es necesario seguir los siguientes pasos:

1.- Instalar los paquetes SCP (Semi-Automatic Classification plugin) y Temporal/Spectral profile:

2.- Añadir las bandas de la imagen satelital multiespectral seleccionada para el análisis.

- Entradas: Bandas de la imagen multiespectral.
- Salidas: ninguna.

3.- Ejecutar el complemento SCP y buscar la pestaña Pre-procesamiento, en la cual se pueden ubicar los diferentes sensores.

4.- Realizar la “Conversión a reflectancia TOA y Temperatura de Brillo”, aplicando al mismo tiempo la corrección atmosférica.

- Entradas: todas las bandas de la imagen multiespectral y el archivo de metadatos.
- Salidas: bandas calibradas radiométricamente y con corrección atmosférica.

5.- Agregar el archivo en formato “shapefile” que contiene delimitada el área de estudio y utilizarlo para recortar las bandas procesadas en el paso anterior haciendo uso de la herramienta “Recortar Múltiples Ráster”.

- Entradas: bandas corregidas, límite del área de estudio en formato “shapefile”.
- Salidas: bandas corregidas recortadas al límite del área de estudio.

6.- Cálculo del índice normalizado de vegetación haciendo uso de la “Calculadora raster”

- Entradas: Bandas IR ó NIR y Red.
- Salidas: Ráster conteniendo el índice normalizado de vegetación por cada celda.

7.- Determinación del NDVI promedio en el área de estudio, disponible en las propiedades del archivo ráster.

- Entradas: Ráster que contiene el valor del NDVI en cada celda.
- Salidas: NDVI promedio de la zona de estudio.

## 2.10 ANÁLISIS DE DATOS CON R

1.- Instalación y activación de los paquetes: “Climtrends”, “Trend” y “Climatol”.

2.- Realización de los gráficos de cajas, comando “boxplot()”.

- Entradas: archivo “dataframe” en formato de R que contenga los valores de la variable a graficar ordenada en meses y años.
- Salidas: gráficos de caja del registro histórico de la variable por cada mes.

3.- Aplicación del Test de Buishand, comandos: “bu.test()” y “br.test”.

- Entradas: valores de la variable analizada, ordenados cronológicamente.
- Salidas: resultados de la prueba no-paramétrica, principalmente el “p-value”.

4.- Detección del punto de quiebre, comandos: “BuishandRangeTest()”.

- Entradas: valores de la variable analizada, ordenados cronológicamente.
- Salidas: valores del test de Buishand de la variable analizada, ordenados cronológicamente.

5.- Aplicación del Test de Fligner-Killeen, comando: “fligner.test()”.

- Entradas: archivo “dataframe” en formato de R que contenga los valores de la variable a analizar, organizados en los períodos dudoso y confiable.
- Salidas: resultados de la prueba no-paramétrica, principalmente el “p-value”.

6.- Aplicación del Test de Mann-Kendall, comando: “mk.test()”.

- Entradas: valores de la variable analizada, ordenados cronológicamente.
- Salidas: resultados de la prueba no-paramétrica, principalmente el “p-value”.

## 2.11 REDES NEURONALES ARTIFICIALES CON MATLAB

1.- Utilización de la herramienta para entrenamiento de redes neuronales artificiales del tipo perceptrón multicapa, comando: “nntool”

- Entradas: matriz en formato de Matlab, que contenga en filas y columnas los datos de las variables componentes del fenómeno físico, además de un vector o matriz que contenga las respuestas esperadas para esos datos. También debe seleccionarse las configuraciones de la red neuronal: número de capas, tipo de aprendizaje y función de activación.
- Salidas: red neuronal artificial entrenada.

2.- Extensión del período para patrones no entrenados.

- Entradas: matriz con los datos de las variables de los períodos de respuestas desconocidas.
- Salidas: matriz con las respuestas esperadas para dichos datos.

3.- Predicción de series de tiempo, comando: “ntstool”.

- Entradas: datos de la variable temporal a pronosticar en matriz de Matlab. Configuraciones básicas de la red neuronal: tipo de modelo, tipo de aprendizaje, número de retrasos para la generación de patrones (filtro adaptativo).
- Salidas: datos extendidos en el período de tiempo elegido.

## 2.12 TÉRMINOS BÁSICOS

- **Redes neuronales artificiales.** Según (Delgado, 1998), son una alternativa a la computación clásica, basadas en algoritmos inspirados en el funcionamiento del cerebro y sus neuronas, éstas tienen un buen desempeño en problemas que la segunda no puede resolver, principalmente es empleada en campos relacionados con el reconocimiento de patrones, planeamiento, predicción, control y optimización. Pueden resolver problemas físicos sin conocer, valga la redundancia, las relaciones físicas de las variables. Para entrenarlas, se presentan de manera repetitiva y sistemática una serie de entradas y sus respectivas salidas.
- **Disponibilidad hídrica.** Según la Ley de Recursos Hídricos - Ley 29338 de la Autoridad Nacional del Agua, es la cantidad de agua disponible para su aprovechamiento en proyectos relacionados con los recursos hídricos. Se indica que se debe respetar la demanda de agua de otros usos antropogénicos y del medio ambiente que dependan de la fuente de agua de interés (*caudal ecológico*), lo sobrante es el agua disponible o disponibilidad hídrica para su aprovechamiento en otros proyectos.
- **Series de tiempo hidrológicas.** Machiwal y Jha (2012) las define como una secuencia de valores recolectados a lo largo del tiempo sobre una variable en particular. Una serie de tiempo puede consistir en los valores de una variable observada en momentos discretos, promediada en un intervalo de tiempo dado, o grabada continuamente con el tiempo.
- **Precipitación.** Según (Monsalve Sáenz, 1999), la precipitación es, en general, el término que se refiere a todas las formas de humedad emanadas de la atmósfera y depositadas en la superficie terrestre, tales como lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada.
- **Evapotranspiración.** Para (Monsalve Sáenz, 1999) es el conjunto de los fenómenos de evaporación y transpiración.
- **Evaporación** (Monsalve Sáenz, 1999), señala que es la máxima pérdida de agua hacia la atmósfera de una superficie líquida (o sólida saturada) expuesta libremente a condiciones ambientales. En el caso de una superficie sólida saturada, debe haber abastecido de humedad de agua al suelo en todo momento.

- **Transpiración** (Monsalve Sáenz, 1999), lo define como la pérdida de agua hacia la atmósfera en forma de vapor, dependiente de las acciones físicas y fisiológicas de los vegetales (estomas).
- **Escorrentía superficial.** (Monsalve Sáenz, 1999) define el término como el fenómeno más importante desde el punto de vista de ingeniería, y consisten en la ocurrencia y transporte de agua en la superficie terrestre.
- **Caudal.** Según (Monsalve Sáenz, 1999), el caudal es definido como el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo, es la principal variable que caracteriza la escorrentía superficial.
- **Teledetección.** Según la (Agencia Espacial Europea - ESA, 2018), es un modo de obtener información acerca de objetos tomando y analizando datos sin que los instrumentos empleados para adquirir los datos estén en contacto directo con el objeto.
- **Balance hídrico.** (Adaptado de (Fattorelli y Fernández, 2007)), es todo proceso en el cual se interrelacionan las diversas variables que componen el ciclo hidrológico con la finalidad de obtener salidas, entradas o el almacenamiento hídrico en un sistema hidrológico.
- **Caudal ecológico.** (Cantera Kintz *et al.*, 2009) indica que es el caudal mínimo necesario en una fuente o curso fluvial para preservar la conservación de los ecosistemas fluviales actuales, en atención a los usos de agua comprometidos, a los requerimientos físicos de la corriente fluvial, para mantener su estabilidad y cumplir sus funciones tales como, dilución de contaminantes, conducción de sólidos, recarga de acuíferos y mantenimiento de las características paisajísticas del medio.

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

#### a. Equipos

- Computadora de sobremesa
- Cámara fotográfica
- GPS navegador o de mano

#### b. Materiales y equipo de gabinete

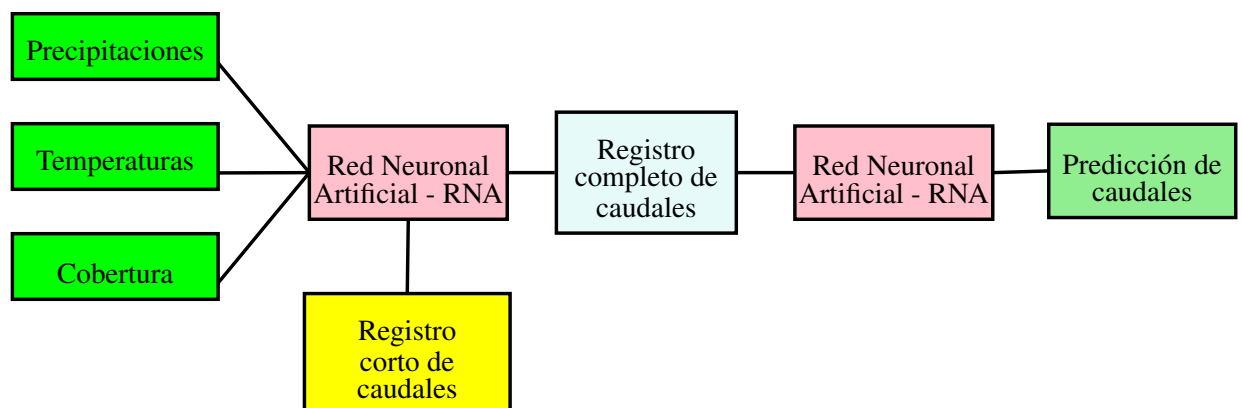
- Materiales de escritorio
- Estaciones hidrometeorológicas
- Modelos digitales de elevación (DEM)
- Imágenes satelitales multiespectrales del programa Landsat
- Software de SIG y Teledetección: ArcGIS 10.2.1 y QGIS 2.18.17 - Las Palmas con complementos: Temporal/Spectral Profile y Semi-Automatic Classification Plugin.
- Software estadístico: R Studio 2017, con R versión 3.4.0 y complementos: trend y climtrends
- Software para ajuste estadístico: EasyFit versión 5.6
- Software para completación y extensión: HEC-4, ejecutado en máquina virtual, con software Virtual Box.
- Software para procesamiento de RNA: Matlab 2015
- Hoja de cálculo: Excel 2016
- Software de programación: Visual Studio 2012, con lenguaje VB.net
- Software de redacción: Texmaker 2017, para editar en  $\text{\LaTeX}2\text{e}$

### 3.2 ALCANCES METODOLÓGICOS

Basado en el fundamento teórico de esta investigación, se propone como metodología para determinar el caudal promedio mensual multianual o histórico el entrenamiento de la red neuronal artificial teniendo como datos de entrada las siguientes variables:

- **Precipitaciones.** Obtenidas del registro mensual de 12 estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio (límite de la cuenca y alrededores).
- **Temperaturas.** Obtenidas de 05 de las 12 estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio.
- **Cobertura del suelo.** Cuantificada a partir del índice normalizado de vegetación (NDVI) y obtenida de las imágenes multiespectrales de cada mes del año hidrológico. En este caso en específico, y debido a la magnitud de la cuenca, ha sido complicado emplear imágenes del mismo año debido a la gran cantidad de nubosidad.
- **Caudales promedio mensuales.** De corto período de registro, utilizados en dos períodos: uno para el entrenamiento y el otro para la validación de resultados.

Como salida se obtiene los caudales promedio mensuales multianuales o históricos. El diagrama propuesto en la figura 24 muestra la metodología propuesta, extrapolable para utilizar en otros sistemas hidrológicos con similar registro hidrometeorológico. Dichos caudales pueden volver a usarse como patrón de entrenamiento para otra red cuya salida sean los caudales de predicción.



**Figura 24:** Diagrama: Esquema metodológico planteado para la generación de caudales.



### 3.3 ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Crisnejas se encuentra ubicada en toda su extensión dentro del territorio peruano, abarca parte de los departamentos de Cajamarca (por la parte sur) y La Libertad (por la parte norte). Las provincias de Celendín, Cajamarca, San Marcos, Cajabamba, Gran Chimú, Sánchez Carrión, Otuzco y Santiago de Chuco también están en el ámbito de la cuenca, además de los distritos de Huasmin, Encañada, Sorochuco, Cajamarca, Sucre, Oxamarca, Los baños del inca, Jose sabogal, Chetilla, Namora, Gregorio pita, Llacanora, Magdalena, Jesus, San juan, Matara, Pedro galvez, Asuncion, Jose manuel quiroz, Sitacocha, Ichocan, Cospan, Cachachi, Chancay, Eduardo villanueva, Condebamba, Sayapullo, Cajabamba, Marcabal, Huaranchal, Sanagoran, Usquil, Huamachuco, Curgos, Sarin, Quiruvilca y Cachicadan.

Para este trabajo se ha tomado como punto de delimitación de la cuenca, el punto correspondiente al puente Crisnejas, donde también se ubica la estación hidrométrica del mismo nombre y que está ubicado en las coordenadas geográficas de la tabla 7.

La cuenca se delimitó haciendo uso del sistema de información geográfica ArcGIS 10.2.1, a través de su herramienta *Hydrology*.

**Cuadro 7:** Coordenadas del punto emisor.

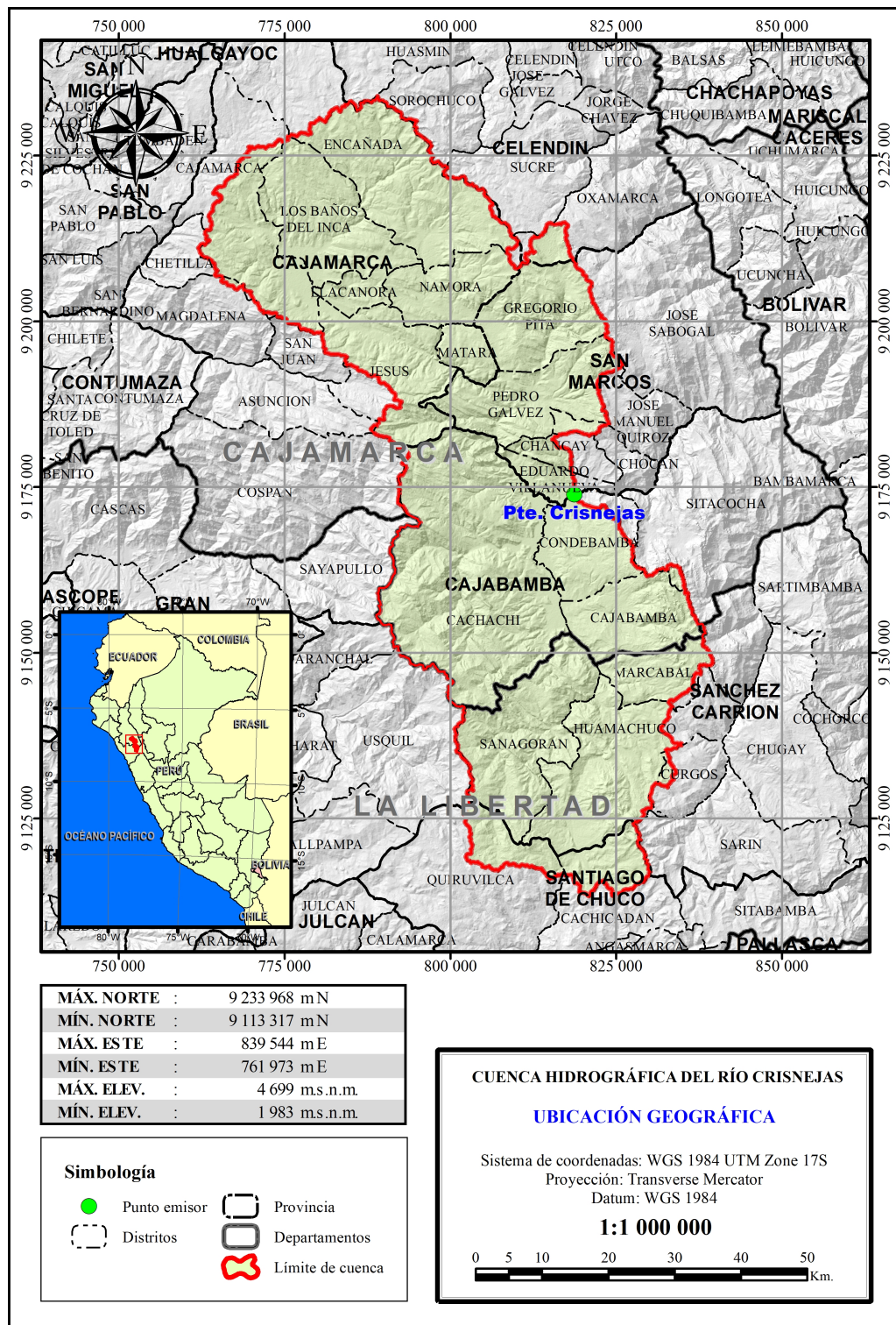
Punto	Ubicación				Elevación
	UTM-WGS 1984 Zona 17S		GCS WGS 1984		
	Este	Norte	Latitud	Longitud	
Puente Crisnejas	818 705	9 173 905	7°27'48.73"	78°6'47.25"	1988

#### a. Ubicación geográfica

Tomando como referencia el sistema de coordenadas UTM-WGS84 Zona 17S, podemos ubicar la cuenca entre las siguientes coordenadas:

- **Norte** : 9 113 317 - 9 233 968 m.N.
- **Este** : 761 973 - 839 544 m.E.
- **Altitud** : 1 983 - 4 699 m.s.n.m.

En la figura 25 se representa el límite de la cuenca y los departamentos, provincias y distritos que abarca.



**Figura 25:** Ubicación geográfica de la cuenca del río Crisnejas

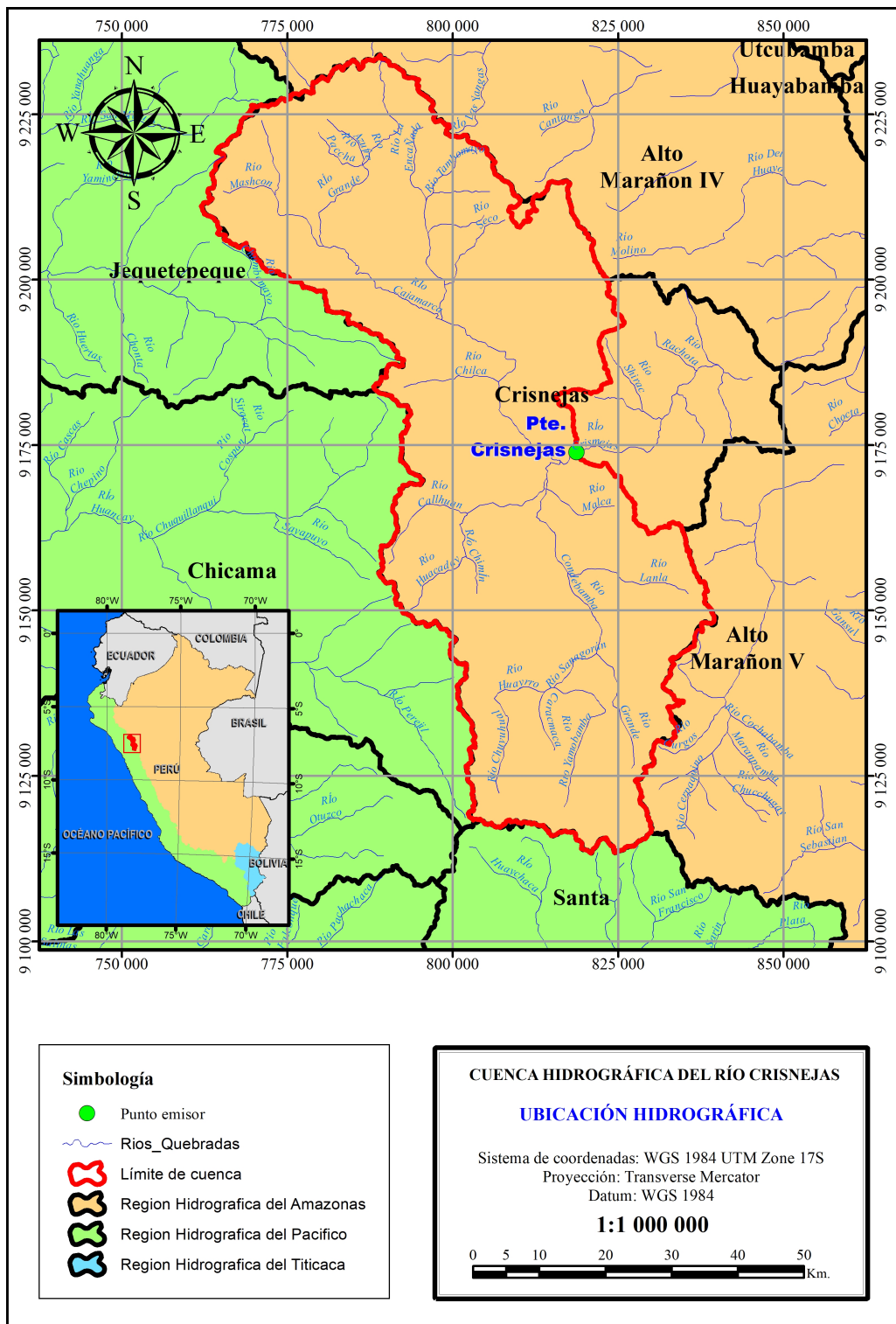
## **b. Ubicación hidrográfica**

La cuenca del río Crisnejas pertenece a la Región hidrográfica del Amazonas, Cuenca del Río Marañón, del cual es afluente directo por la margen derecha. Limita:

- **Por el norte** : Cuenca Alto Marañón IV.
- **Por el sur** : Cuenca del río Santa.
- **Por el este** : Cuenca Alto Marañón V.
- **Por el oeste** : Cuenca del río Chicama y cuenca del río Jequetepeque.

La figura 26 muestra el límite de la cuenca y la vertiente a la que pertenece, asimismo se representan las cuencas vecinas. Cabe destacar que la cuenca completa del río Crisnejas, según la Autoridad Nacional del Agua, finaliza en el río Marañón, sin embargo el estudio abarca un área menor en aproximadamente 80 pues el punto emisor elegido para la delimitación se encuentra en el cauce principal antes de su confluencia con el río Marañón y algunas quebradas afluentes.

La principal razón para haber elegido la estación hidrométrica Puente Crisnejas como punto emisor es por su importancia hidrológica aguas abajo, principalmente por los proyectos hidroenergéticos existentes y posibles aguas abajo del puente.



**Figura 26:** Ubicación hidrográfica de la cuenca del río Crisnejas

### 3.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

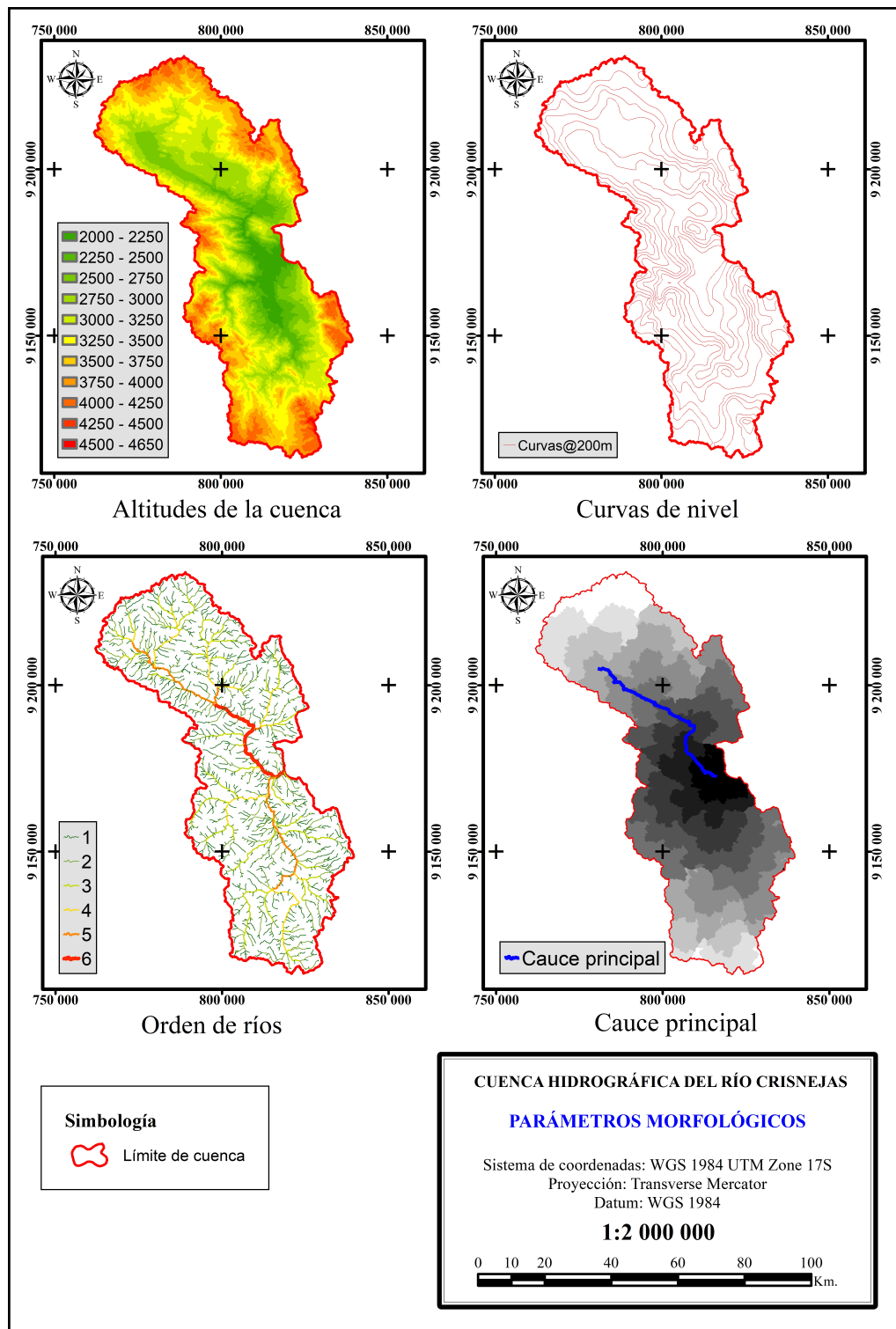
Para realizar el análisis de información cartográfica se ha iniciado con la delimitación de la cuenca hidrográfica haciendo uso del software ArcGIS 10.2.1 y sus herramientas para hidrología, conforme al flujograma de la figura 29. El modelo digital de elevaciones - MDE corresponde a seis (06) imágenes o escenas ASTER-GDEM de 30m de resolución obtenidas de la página web del Ministerio del Ambiente del Perú, quien adquirió estas imágenes de sus fuentes oficiales y las puso a disposición a través del Geoservidor.

Con la cuenca delimitada se procedió a obtener sus parámetros morfológicos, para lo cual se procesó el MDE limitándolo al área de la cuenca y de esta manera poder clasificar las elevaciones, obtener las curvas de nivel de la cuenca, la longitud del cauce principal y la red de flujo, tal como lo muestra la figura 27.

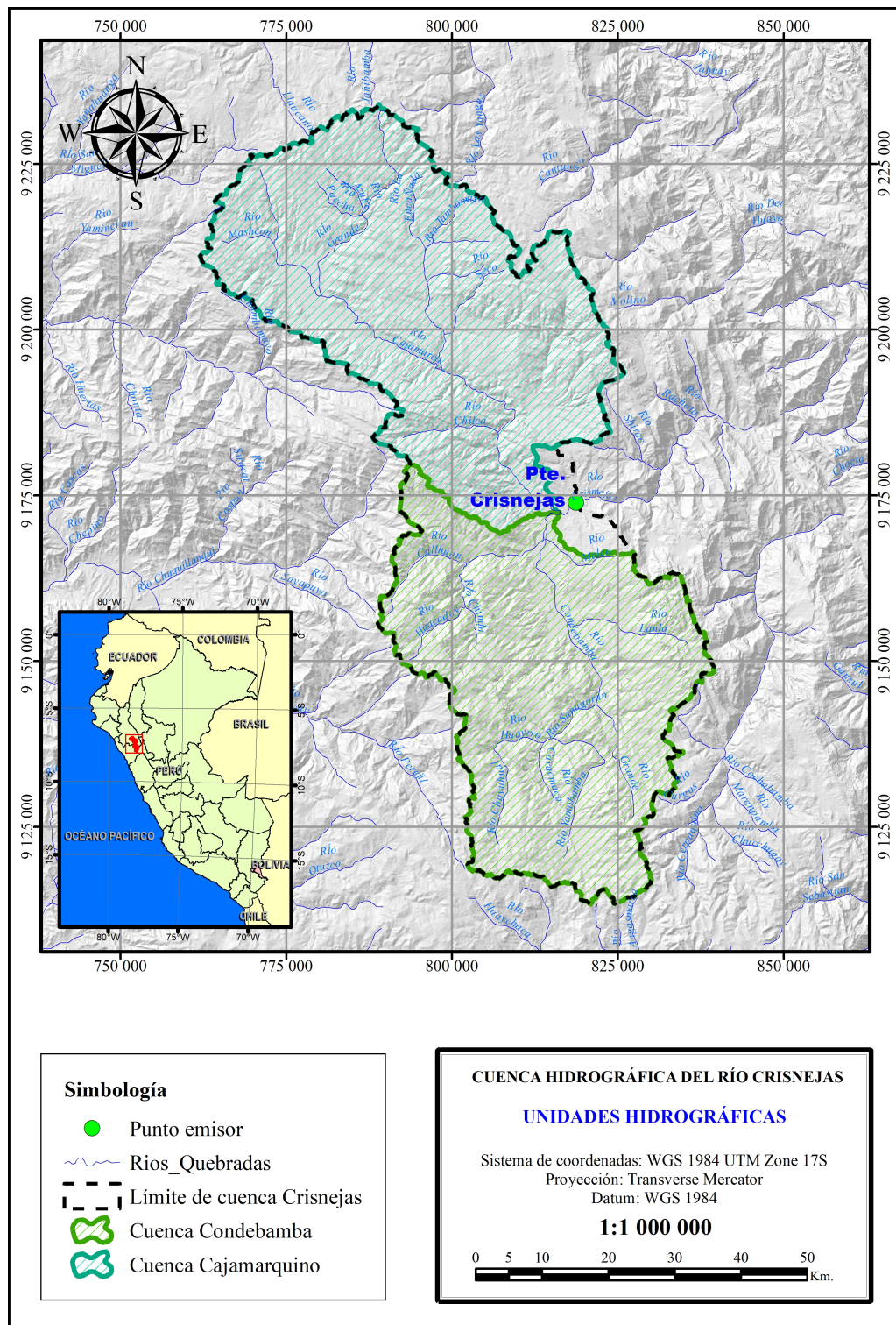
La estructura de la cuenca, como puede observarse en la figura 28, esta conformada principalmente por dos cuencas de menor magnitud: la del río Cajamarquino y del río Condebamba también conocido como Huamachuquino, las cuales confluyen poco antes del punto emisor seleccionado (puente Crisnejas).

Por ello, en este caso en particular, se han analizado también los parámetros de ambas cuencas, ya que poseen cierta similitud en sus parámetros morfológicos y para el caso del cauce principal en la cuenca del río Crisnejas, en esta escala, la diferencia entre la longitud del cauce principal recorrido por ambas cuencas es mínima.

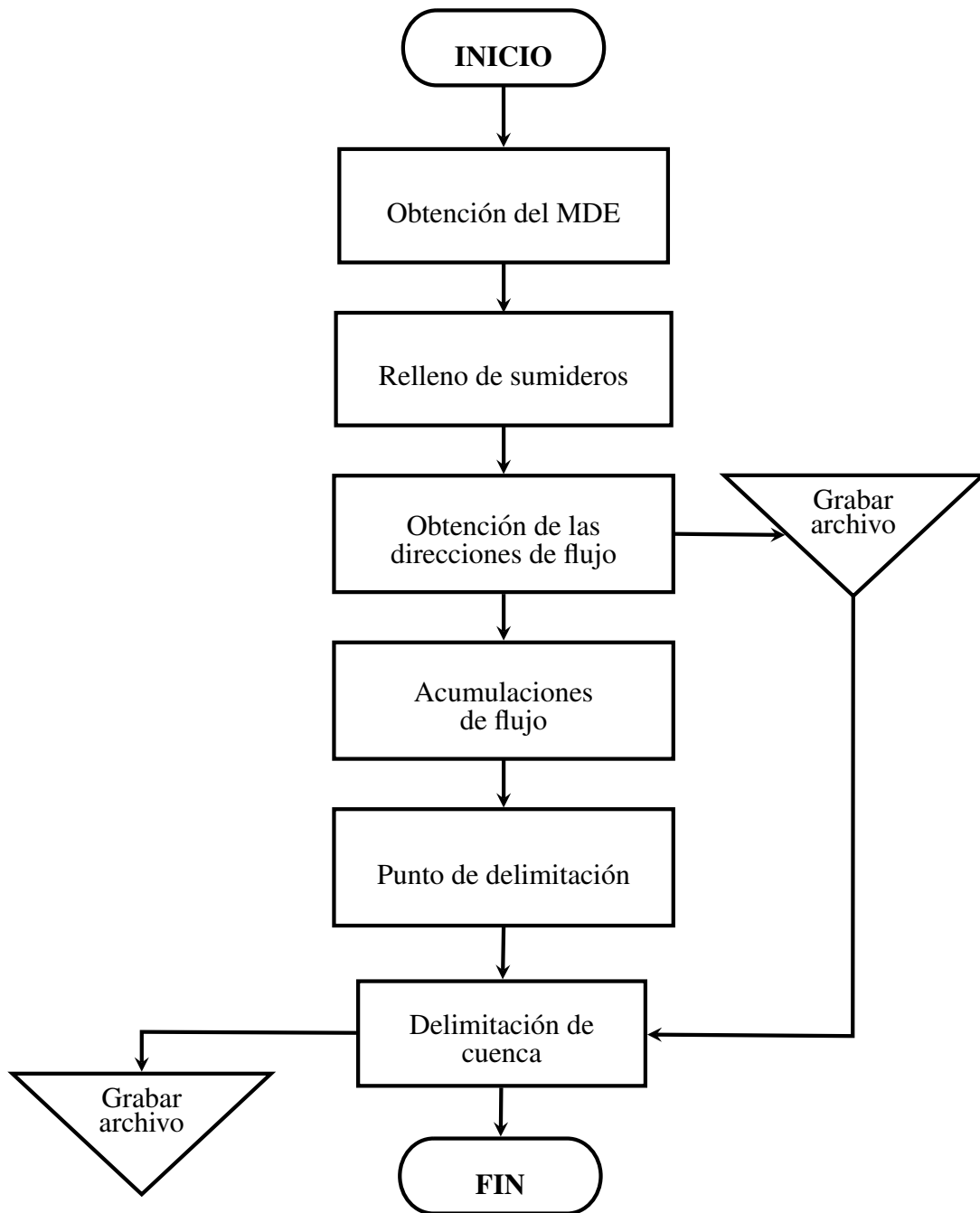
Para simplificar el análisis, la información fue procesada a través de un módulo programado en Visual Studio 2012 haciendo uso de las ecuaciones correspondientes a cada parámetro (ver ítem 2.4), cabe resaltar que el módulo funciona tal como una hoja de cálculo, permitiendo visualizar y revisar cada paso de su proceso a través de las tablas correspondientes (ver Anexo A. Cálculo de los parámetros morfológicos).



**Figura 27:** Morfología de la cuenca del río Crisnejas.



**Figura 28:** Unidades hidrográficas de la cuenca del río Crisnejas



**Figura 29:** Diagrama de flujo: Delimitación de cuencas con SIG  
*Adaptado de: ESRI (2018)*



Seguidamente se han adquirido 12 imágenes del programa Landsat correspondientes a cada mes del año hidrológico las cuales sirvieron para obtener el NDVI (ecuación 11). El área de la cuenca (más de  $4000\text{Km}^2$ ) dificulta encontrar 12 imágenes correspondientes al mismo año sin cobertura de nubes, por tal motivo se han empleado imágenes de diferentes años, tal como lo muestra la tabla 8.

Previo al cálculo del NDVI se realizaron las correspondientes correcciones y la transformación de niveles digitales a parámetros físicos de cada imagen, con los complementos del software QGIS y teniendo en cuenta el flujograma de la figura 30.

**Cuadro 8:** Imágenes Landsat utilizadas para el cálculo del NDVI

<b>Imagen</b>	<b>Año de toma</b>	<b>Satélite</b>	<b>Cobertura de nubes</b>
Enero	1992	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Febrero	1992	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Marzo	2016	Landsat 8	Menor a 30 %
Abril	1995	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Mayo	1995	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Junio	2011	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Julio	2005	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Agosto	2007	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Septiembre	1984	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Octubre	1986	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Noviembre	1998	Landsat 4-5	Menor a 10 %
Diciembre	1991	Landsat 4-5	Menor a 10 %

Es importante mencionar que las imágenes utilizadas corresponden a diferentes años debido a la dificultad de encontrar imágenes limpias de nubosidad para toda el área de la cuenca y en el mismo año.

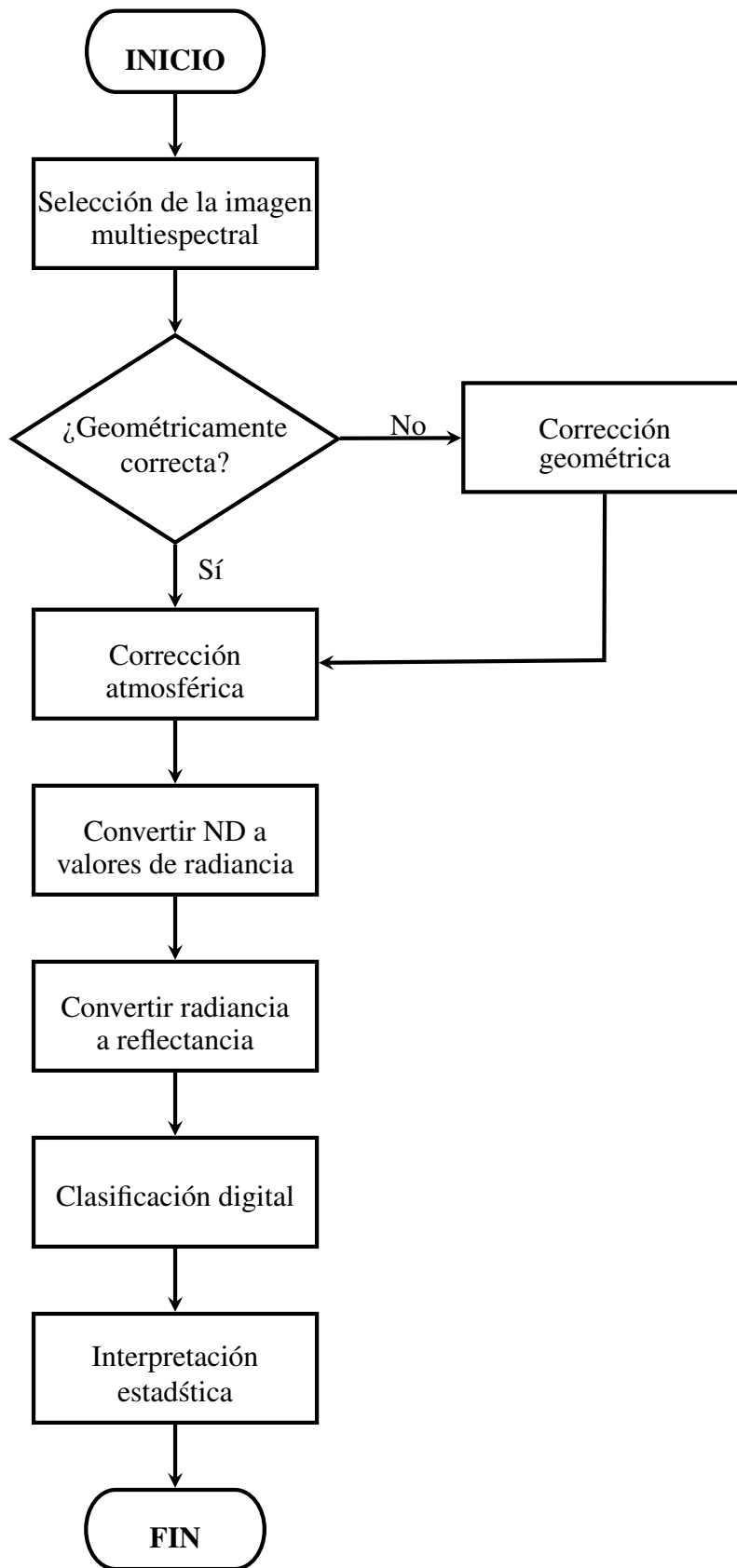
Asimismo, en las tablas 9 y 10 se muestran los valores de los coeficientes de calibración ( $a_{0,k}$ ,  $a_{1,k}$ ) de cada una de las imágenes empleadas en las respectivas transformaciones y correcciones. Estos valores han sido obtenidos de los metadatos de cada una de las imágenes utilizadas.

**Cuadro 9:** Coeficientes de calibración radiométrica para las imágenes de Enero-Septiembre y Noviembre

<b>Banda</b>	<b>Lmáx</b>	<b>Lmín</b>	<b>NDmáxs</b>	$\alpha_{0,k}$	$\alpha_{1,k}$
1	193.000	-1.520	254	-1.520	0.766
2	365.000	-2.840	254	-2.840	1.448
3	264.000	-1.170 8	254	-1.170	1.044
4	221.000	-1.510	254	-1.510	0.876
5	30.200	-0.370	254	-0.370	0.120
6	15.303	1.238	254	1.238	0.055
7	16.500	-0.150	254	-0.150	0.066

**Cuadro 10:** Coeficientes de calibración radiométrica para las imágenes de Octubre y Diciembre

<b>Banda</b>	<b>Lmáx</b>	<b>Lmín</b>	<b>NDmáxs</b>	$\alpha_{0,k}$	$\alpha_{1,k}$
1	169.000	-1.520	254	-1.520	0.671
2	333.000	-2.840	254	-2.840	1.322
3	264.000	-1.170 8	254	-1.170	1.044
4	221.000	-1.510	254	-1.510	0.876
5	30.200	-0.370	254	-0.370	0.120
6	15.303	1.238	254	1.238	0.055
7	16.500	-0.150	254	-0.150	0.066



**Figura 30:** Diagrama de flujo: Tratamiento de imágenes satelitales  
*Fuente: Chuvieco (1996)*

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

#### a. Recopilación de información hidrometeorológica

En el área de la cuenca, las estaciones meteorológicas se encuentran instaladas de manera no uniforme, razón por la cual se han elegido únicamente las mejor distribuidas espacialmente y con períodos más largos y confiables de registro de datos. Es así que se tienen estaciones tanto dentro como alrededor de la cuenca. En la tablas 11, 12 y 13 se muestran las estaciones utilizadas para la generación de caudales y su respectiva ubicación en coordenadas GCS WGS-84 así como su período de registro y variables (figura 31). Para más información puede ver el Anexo B. Información hidrometeorológica.

**Cuadro 11:** Ubicación de las estaciones.

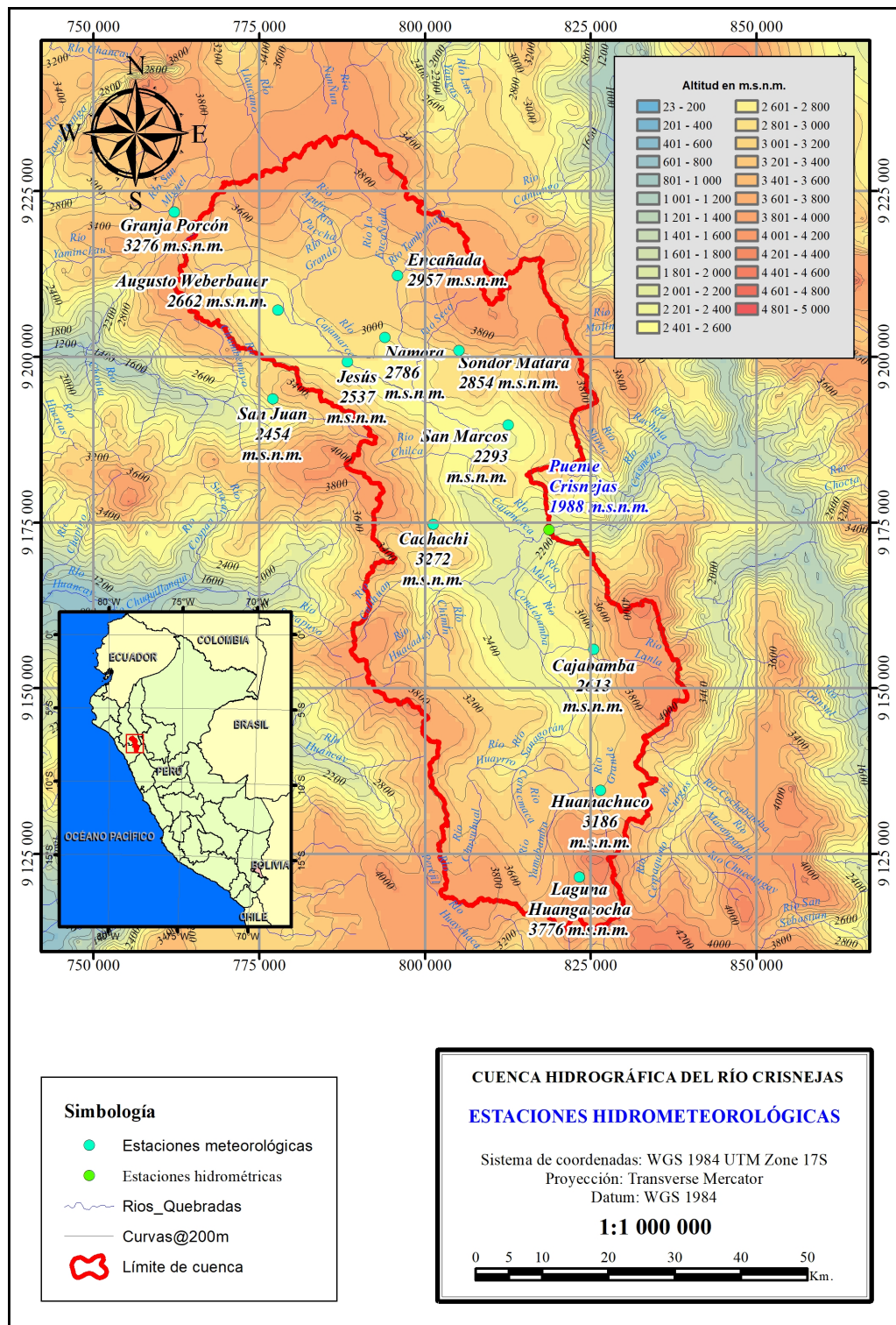
Estación	Coordenadas		Altitud
	Longitud	Latitud	m.s.n.m
Augusto Weberbauer	78°29'	7°09'	2 660
Cachachi	78°16'	7°27'	3 200
Cajabamba	78°03'	7°37'	2 550
La Encañada	78°19'	7°07'	2 980
Granja Porcón	78°37'	7°02'	3 180
Huamachuco	78°03'	7°49'	3 150
Jesús	78°23'	7°14'	2 640
Laguna Huangacocha	78°04'	7°56'	3 780
Namora	78°20'	7°12'	2 760
San Marcos	78°10'	7°19'	2 290
Sondor Matara	78°14'	7°13'	2 930
San Juan	78°29'	7°17'	2 228
Puente Crisnejas	78°6'	7°27'	1 988

**Cuadro 12:** Variables de medición de las estaciones.

Estación	Tipo	Variables		
		Precip.	Temp.	Caudal
Augusto Weberbauer	Co	x	x	
Cachachi	Plu	x		
Cajabamba	Co	x	x	
La Encañada	Co	x		
Granja Porcón	Co	x		
Huamachuco	Co	x	x	
Jesús	Co	x		
Laguna Huangacocha	Plu	x		
Namora	Co	x		
San Marcos	Co	x	x	
Sondor Matara	Co	x		
San Juan	Co	x	x	
Puente Crisnejas	Hi			x

**Cuadro 13:** períodos de registro de las estaciones.

Estación	período de Registro	Años de Registro	Operador
Augusto Weberbauer	1965/2017	53	SENAMHI
Cachachi	1965/2017	53	SENAMHI
Cajabamba	1965/2017	50	SENAMHI
La Encañada	1998/2017	20	SENAMHI
Granja Porcón	1965/2017	49	SENAMHI
Huamachuco	1965/1990 y 1991/2017	52	SENAMHI
Jesús	1994/2017	24	SENAMHI
Laguna Huangacocha	1965/2017	47	SENAMHI
Namora	1965/2017	53	SENAMHI
San Marcos	1965/2017	53	SENAMHI
Sondor Matara	1993/2017	25	SENAMHI
San Juan	1965/2017	53	SENAMHI
Puente Crisnejas	1968/1976 y 2014/2017	11	SENAMHI



**Figura 31:** Ubicación de las estaciones meteorológicas e hidrométrica

## b. Procesamiento de información hidrometeorológica

El análisis de confiabilidad de la información hidrometeorológica se ha iniciado con la búsqueda y eliminación de los valores atípicos o *outliers* haciendo uso de los gráficos de cajas, generados en el software R Studio 2017, para cada estación y variable analizada, para más detalle puede verse el Anexo C. Gráficos de cajas de la información hidrometeorológica.

Posteriormente, se ha seguido el flujograma de la figura 32 para el análisis de consistencia y tendencias de las muestras hidrometeorológicas. Para simplificar el proceso, se ha omitido la verificación de normalidad y se procedió a emplear las pruebas no paramétricas con el software R Studio 2017 y los paquetes Trend y Climtrends, los cuales poseen las herramientas para realizar las pruebas no paramétricas tales como el Test de Buishand, Test de Fligner-Killeen y Test de Mann-Kendal explicadas en el punto 2.5. Una de las ventajas de los paquetes estadísticos utilizados es que nos brindan además el valor *p-value*, que corresponde a la probabilidad, indicándonos que una prueba es o no significativa según el grado de confianza elegido de 0.05, es decir, según el criterio de rechazo o aceptación de la hipótesis nula indica que cuando se obtienen valores inferiores a este umbral, se debe asumir que la media o la varianza, dependiendo del test, presenta inhomogeneidad o saltos y debe corregirse. Lo mismo sucede en el caso de las tendencias.

Como ayuda visual, se realizaron los hidrogramas correspondientes a los datos sin y con correcciones de cada estación y variable en el Anexo D. Hidrogramas del procesamiento de información.

La lista de códigos empleados en R Studio 2017 partiendo de la generación de gráficos de caja hasta la exportación de datos a una hoja de cálculo se pueden visualizar en el Anexo E. Comandos utilizados en R para el análisis de información.

Se menciona además que debido a las técnicas empleadas, no se hace imprescindible el uso de un gráfico de doubles masas para la identificación de períodos. Las tablas 14 a la 30 muestran los períodos dudoso y confiable identificados en cada estación con ayuda del test de Buishand (ver ítem 2.5), así como sus valores estadísticos obtenidos con las respectivas pruebas.

**Cuadro 14:** Análisis de precipitación - Estación Augusto Weberbauer**Augusto Weberbauer - Precipitación**

<b>Buishand</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b>	<b>Mann-Kendall</b>	<b>Desición</b>
	<b>p-mínimo</b>	<b>Dudoso</b>			
0.224	1965-1992	1992-2017	6.13E-04	-	Corregir varianza
0.227	1965-1992	1992-2017	0.5157	0.1472	No corregir

**Cuadro 15:** Análisis de temperatura - Estación Augusto Weberbauer**Augusto Weberbauer - Temperatura**

<b>Buishand</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b>	<b>Mann-Kendall</b>	<b>Desición</b>
	<b>p-mínimo</b>	<b>Dudoso</b>			
2.20E-16	1965-1978	1978-2017	0.03763	-	Corregir m y v
0.00355	1965-1978	1978-2017	0.6709	-	Corregir m y v
0.1123	2015-2016	1978-2015	0.4913	0.3437	No corregir

**Cuadro 16:** Análisis de precipitación - Estación Cachachi**Cachachi - Precipitación**

<b>Buishand</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b>	<b>Mann-Kendall</b>	<b>Desición</b>
	<b>p-mínimo</b>	<b>Dudoso</b>			
2.20E-16	1976-1993	2001-2017	6.84E-06	-	Corregir media
0.51580	1976-1993	2001-2017	0.8222	0.2036	No corregir



**Cuadro 17:** Análisis de precipitación- Estación Cajabamba**Cajabamba - Precipitación**

<b>Buishand</b> <b>p-mínimo</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Mann-Kendall</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Desición</b>
	<b>Dudoso</b>	<b>Confiable</b>			
0.1628	1973-1980	1998-2010	1.14E-05	-	Corregir varianza
0.39020	1973-1980	1998-2010	0.7574	0.6022	No corregir

**Cuadro 18:** Análisis de temperatura - Estación Cajabamba**Cajabamba - Temperatura**

<b>Buishand</b> <b>p-mínimo</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Mann-Kendall</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Desición</b>
	<b>Dudoso</b>	<b>Confiable</b>			
2.20E-16	1965-1986	2001-2012	1.56E-06	-	Corregir m y v
2.20E-16	1965-1986	2001-2012	0.7898	-	Corregir m y v
2.20E-16	2006-2010	2001-2012	0.8227	-	Corregir m y v
2.00E-04	1972-1988	2001-2012	0.7831	-	Corregir m y v
0.00045	1969-1976	2001-2012	0.5524	-	Corregir m y v
0.1166	2007-2009	2001-2007	0.7702	0.2859	No corregir

**Cuadro 19:** Análisis de precipitación- Estación Encañada**Encañada - Precipitación**

<b>Buishand</b> <b>p-mínimo</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Mann-Kendall</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Desición</b>
	<b>Dudoso</b>	<b>Confiable</b>			
0.9037	1995-2004	2004-2017	0.2309	0.9213	No corregir

**Cuadro 20:** Análisis de precipitación- Estación Granja Porcón**Granja Porcón - Precipitación**

<b>Buishand</b> <b>p-mínimo</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Mann-Kendall</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Desición</b>
	<b>Dudoso</b>	<b>Confiable</b>			
2.20E-16	1972-1990	2004-2017	2.62E-05	-	Corregir media
0.4395	1972-1990	2004-2017	0.5924	0.9688	No corregir

**Cuadro 21:** Análisis de precipitación- Estación Huamachuco**Huamachuco - Precipitación**

<b>Buishand</b> <b>p-mínimo</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Mann-Kendall</b> <b>p-mínimo</b>	<b>Desición</b>
	<b>Dudoso</b>	<b>Confiable</b>			
0.04735	1965-1997	2005-2017	0.002196	-	Corregir media
0.9777	1965-1997	2005-2017	0.9669	0.9538	No corregir

**Cuadro 22:** Análisis de temperatura - Estación Huamachuco**Huamachuco - Temperatura**

Buishand p-mínimo	períodos		Fligner-Killeen p-mínimo	Mann-Kendall p-mínimo	Desición
	Dudoso	Confiable			
2.20E-16	1965-2001	2001-2017	0.2721	-	Corregir m y v
2.20E-16	1965-1986	2001-2017	0.03053	-	Corregir m y v
1.00E-04	1989-1998	2001-2017	0.801	-	Corregir m y v
0.00055	2012-2017	2001-2012	0.6886	-	Corregir m y v
0.00055	1982-1983	2001-2012	0.6597	-	Corregir m y v
0.012	2007-2015	2001-2007	0.764	-	Corregir m y v
0.068	1965-1973	2001-2007	0.5064	0.4897	No corregir

**Cuadro 23:** Análisis de precipitación- Estación Jesús**Jesús - Precipitación**

Buishand p-mínimo	períodos		Fligner-Killeen p-mínimo	Mann-Kendall p-mínimo	Desición
	Dudoso	Confiable			
0.7786	2002-2006	2006-2017	0.02641	-	Corregir varianza
0.4769	2002-2006	2006-2017	0.2148	0.4037	No corregir

**Cuadro 24:** Análisis de precipitación- Estación Laguna Huangacocha**Laguna Huangacocha - Precipitación**

Buishand p-mínimo	períodos		Fligner-Killeen p-mínimo	Mann-Kendall p-mínimo	Desición
	Dudoso	Confiable			
0.1945	1974-1980	1998-2017	1.28E-06	-	Corregir varianza
0.1737	1974-1980	1998-2017	0.05435	0.6354	No corregir

**Cuadro 25:** Análisis de precipitación- Estación Namora**Namora - Precipitación**

Buishand p-mínimo	períodos		Fligner-Killeen p-mínimo	Mann-Kendall p-mínimo	Desición
	Dudoso	Confiable			
2.20E-16	1965-1992	1998-2017	1.29E-10	-	Corregir media
0.8716	1965-1992	1998-2017	0.06129	-	No corregir

**Cuadro 26:** Análisis de precipitación- Estación San Marcos**San Marcos - Precipitación**

Buishand p-mínimo	períodos		Fligner-Killeen p-mínimo	Mann-Kendall p-mínimo	Desición
	Dudoso	Confiable			
0.2539	1975-1992	1992-2017	4.46E-05	-	Corregir varianza
0.6321	1975-1992	1992-2017	0.6482	0.9973	No corregir

**Cuadro 27:** Análisis de temperatura - Estación San Marcos**San Marcos - Temperatura**

<b>Buishand</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b>	<b>Mann-Kendall</b>	<b>Desición</b>
	<b>p-mínimo</b>	<b>Dudoso</b>			
2.20E-16	1979-1999	2005-2013	0.4942	-	Corregir m y v
2.20E-16	1973-1985	2005-2013	0.8232	-	Corregir m y v
2.20E-16	2010-2017	2005-2010	0.7874	-	Corregir m y v
0.1995	1966-1978	2005-2010	0.915	-	No corregir

**Cuadro 28:** Análisis de precipitación- Estación Sondor Matara**Sondor Matara - Precipitación**

<b>Buishand</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b>	<b>Mann-Kendall</b>	<b>Desición</b>
	<b>p-mínimo</b>	<b>Dudoso</b>			
0.3216	1997-2011	2011-2017	0.1061	0.1797	No corregir

**Cuadro 29:** Análisis de precipitación- Estación San Juan**San Juan - Precipitación**

<b>Buishand</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b>	<b>Mann-Kendall</b>	<b>Desición</b>
	<b>p-mínimo</b>	<b>Dudoso</b>			
0.05865	1977-1992	1992-2017	2.05E-05	-	Corregir varianza
0.4528	1977-1992	1992-2017	0.1688	0.4395	No corregir

**Cuadro 30:** Análisis de temperatura - Estación San Juan**San Juan - Temperatura**

<b>Buishand</b>	<b>períodos</b>		<b>Fligner-Killeen</b>	<b>Mann-Kendall</b>	<b>Desición</b>
	<b>p-mínimo</b>	<b>Dudoso</b>			
2.20E-16	1965-1994	1994-2017	0.003334	-	Corregir m y v
2.20E-16	1965-1976	1994-2017	0.5409	-	Corregir m y v
2.20E-16	1976-1987	1994-2017	0.9008	-	Corregir m y v
2.20E-16	2012-2017	1994-2012	0.5405	-	Corregir m y v
0.1341	1965-1983	1994-2012	0.8887	0.9698	No corregir

c. **Completación y extensión de la información hidrometeorológica** El proceso de completación y extensión se hizo con el método HEC-4 (ver el punto 82), el cual fue resumido en un software con el mismo nombre y programado por el “Corps of Engineers” de los Estados Unidos de Norteamérica. Su código se escribió en lenguaje FORTRAN, razón por la cual no es ejecutable en dispositivos con sistemas operativos modernos y por la misma que tuvo que emplearse una máquina virtual con Microsoft Windows XP a través del software Virtual Box.

Debido a que el software permite un máximo análisis de 10 estaciones, ha tenido que agruparse las estaciones de precipitación en función a su correlación una con otra, esto se hizo con la finalidad de mejorar los estadísticos internos manejados por HEC-04 y obtener resultados más consistentes.

La tabla 31 muestra la correlación entre todas las estaciones.

Con esta información, se procedió a formar los siguientes grupos para las precipitaciones:

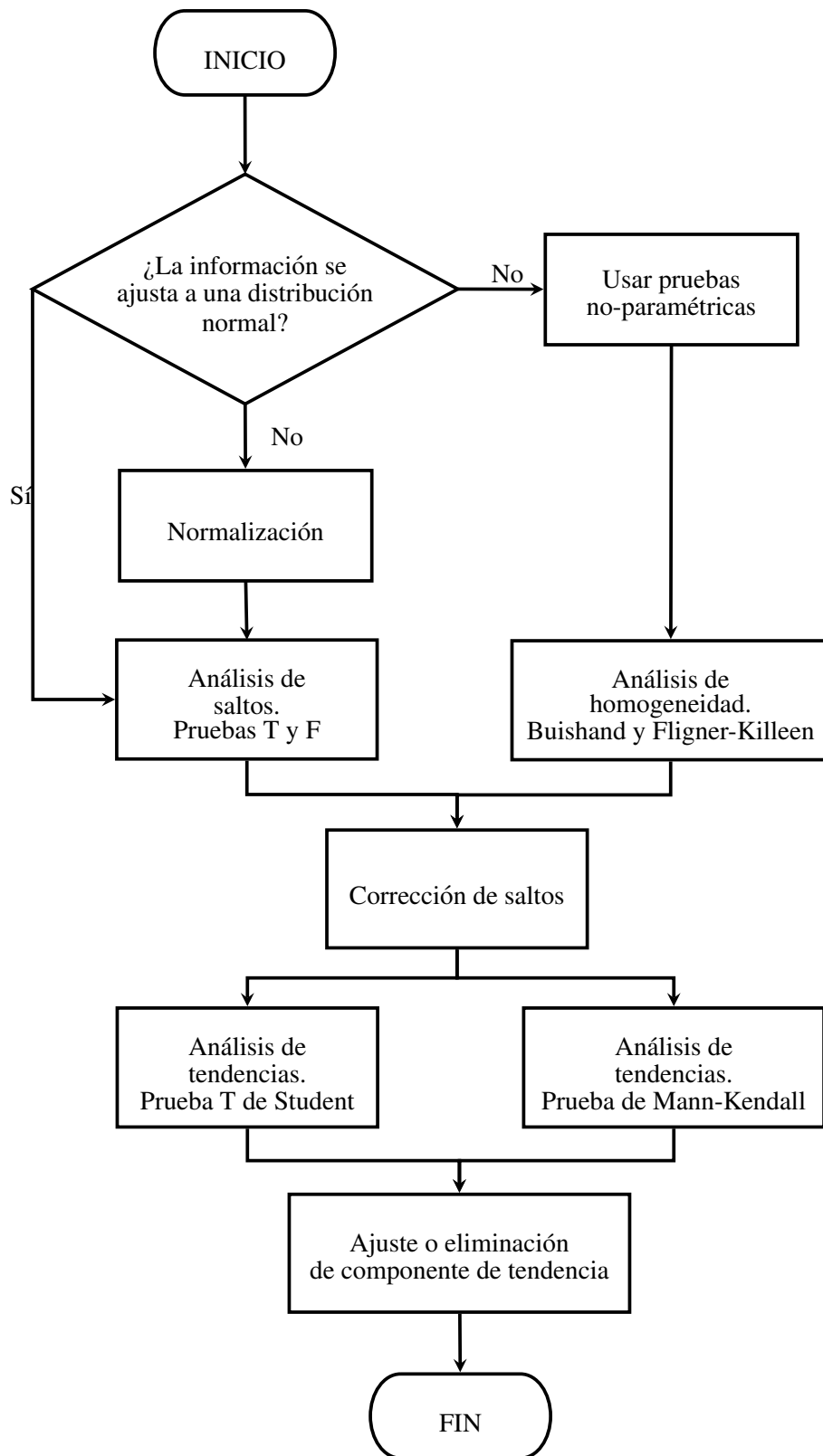
- **Grupo 01:** Cajabamba, Huamachuco, Jesús, Sondor Matara, San Marcos, Namora, San Juan, Augusto Weberbauer.

- **Grupo 02:** Cachachi, Encañada, Granja Porcón, Laguna Huangacocha.

En el último grupo se colocaron todas las temperaturas.

- **Grupo 03:** Temperatura de las estaciones: Cajabamba, Huamachuco, San Juan, San Marcos, Augusto Weberbauer.

La información meteorológica se procesó en una hoja de cálculo y un editor de textos para generar los archivos de entrada al software HEC-04, en el cual se realizó todo el análisis explicado en el punto 82 para obtener los registros completos y extendidos de todas las estaciones y variables meteorológicas. El Anexo E. Comandos utilizados en R para el análisis de información muestra el hidrograma completo y extendido de cada estación y variable. El Anexo F. Información meteorológica completa y extendida presenta la información libre de saltos, tendencias, completa y extendida.



**Figura 32:** Tratamiento de información hidrometeorológica: Análisis de confiabilidad

**Cuadro 31:** Coeficiente de correlación entre estaciones de precipitación

<b>Estación:</b>	<b>R</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>	<b>(7)</b>	<b>(8)</b>	<b>(9)</b>	<b>(10)</b>	<b>(11)</b>	<b>(12)</b>
<b>Cachachi</b>	<b>(1)</b>	1.00											
<b>Cajabamba</b>	<b>(2)</b>	0.78	1.00										
<b>Encañada</b>	<b>(3)</b>	0.86	0.87	1.00									
<b>Granja Porcón</b>	<b>(4)</b>	0.73	0.80	0.86	1.00								
<b>Huamachuco</b>	<b>(5)</b>	0.78	0.89	0.87	0.81	1.00							
<b>Jesús</b>	<b>(6)</b>	0.86	0.89	0.87	0.87	0.86	1.00						
<b>Lag. Huangacocha</b>	<b>(7)</b>	0.71	0.76	0.87	0.78	0.81	0.87	1.00					
<b>Namora</b>	<b>(8)</b>	0.74	0.84	0.91	0.81	0.83	0.93	0.78	1.00				
<b>San Juan</b>	<b>(9)</b>	0.73	0.81	0.81	0.80	0.82	0.87	0.75	0.81	1.00			
<b>San Marcos</b>	<b>(10)</b>	0.78	0.88	0.85	0.81	0.88	0.89	0.78	0.82	0.82	1.00		
<b>Sondor Matara</b>	<b>(11)</b>	0.88	0.90	0.88	0.88	0.89	0.90	0.88	0.93	0.84	0.91	1.00	
<b>A. Weberbauer</b>	<b>(12)</b>	0.77	0.85	0.84	0.80	0.86	0.88	0.77	0.84	0.85	0.85	0.88	1.00

### 3.6 GENERACIÓN DE CAUDALES

Para la generación de caudales se ha entrenado una red neuronal artificial haciendo uso del software Matlab 2015. Aunque pudo realizarse un módulo programado especialmente para la red neuronal, la ventaja de las herramientas de Matlab en cuanto a redes neuronales es que permite entrenar la red con diferentes algoritmos, diferentes capas y diferente número de neuronas y de esta manera encontrar un coeficiente de correlación más cercano a 1, lo cual implica también mayor grado de certidumbre en los resultados.

Como datos de entrada para el entrenamiento, se han seleccionado las precipitaciones y temperaturas promedio mensuales de las estaciones meteorológicas mencionadas anteriormente en el período de registro de los años 1969-1976. Además del NDVI promedio de la cuenca correspondiente a cada mes del año.

Como único dato de objetivo, entrenamiento o salida inicial, se han seleccionado los datos de caudal promedio mensual de la estación hidrométrica Puente Crisnejas, correspondientes a los años 1969-1976.

Para la extensión del período faltante de registro, se emplearon los datos de precipitación y temperatura desde el año 1965-2017, además del NDVI promedio de la cuenca correspondiente a cada mes del año.

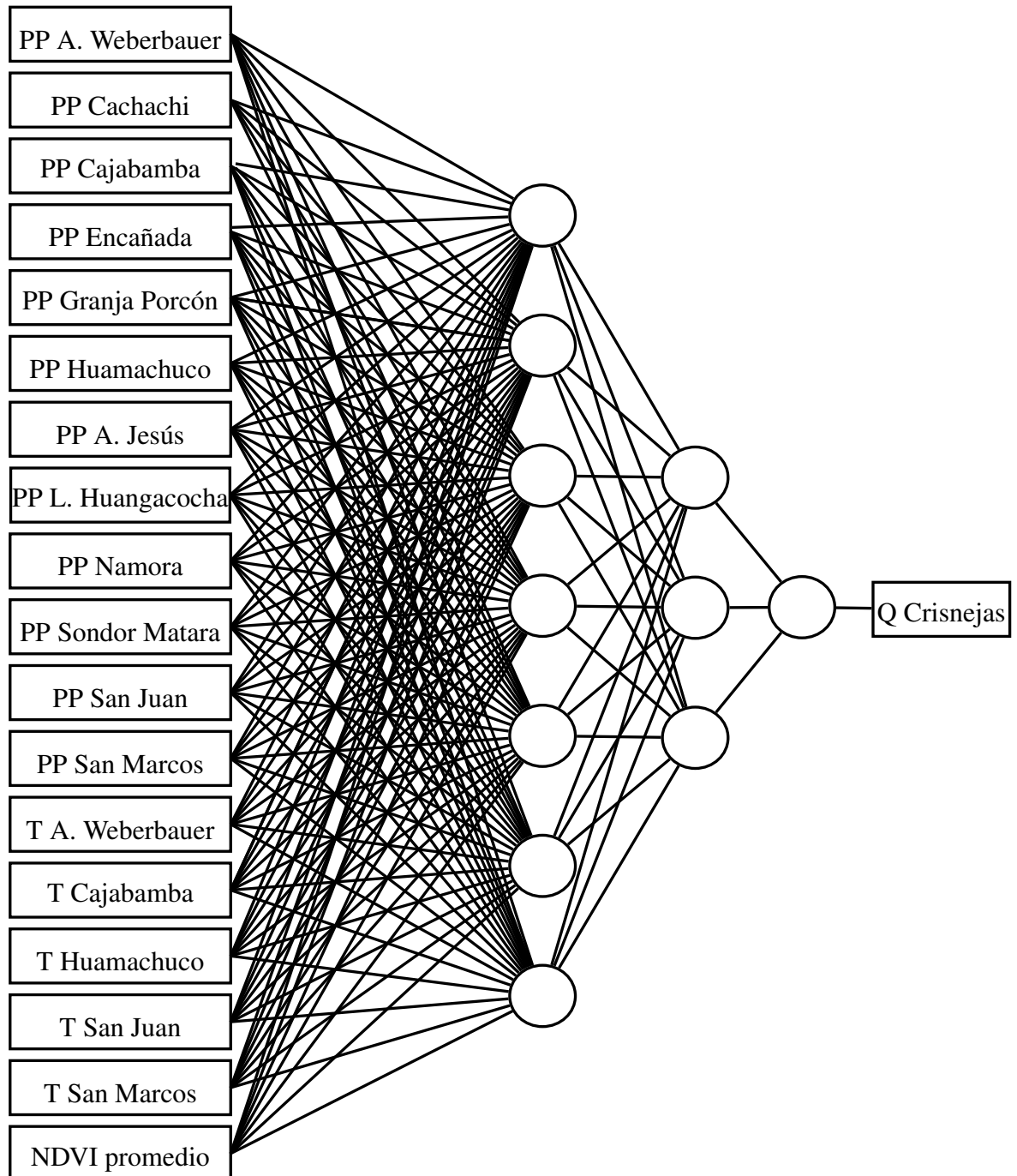
En el proceso de validación, Matlab realiza también el análisis de regresión entre los datos de salida generados y originales, por lo cual debe ser suficiente indicador de aceptación para la red neuronal. Sin embargo, se ha optado además por hacer de manera independiente un análisis de correlación entre los datos generados y datos registrados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI entre los años 2014-2017. Este análisis ha permitido establecer si la red neuronal genera datos consistentes con los reales para patrones no entrenados, lo cual fue verificado con satisfacción.

Se realizaron diferentes pruebas para la configuración de la red neuronal, sin embargo para todas se ha establecido algoritmos de entrenamiento similares, en este caso se ha entrenado un red tipo perceptrón multicapa, con algoritmo de entrenamiento *back propagation* o propagación inversa, los cuales han sido descritos en el ítem d.

Específicamente, se resolvió el problema empleando una red neuronal tipo perceptrón multicapa, con 18 entradas, 3 capas ocultas de 7, 3 y 1 neuronas respectivamente con

función de activación *tangente* (ver ítem 2.8) y 1 dato de salida, con el algoritmo de propagación inversa o *back propagation*.

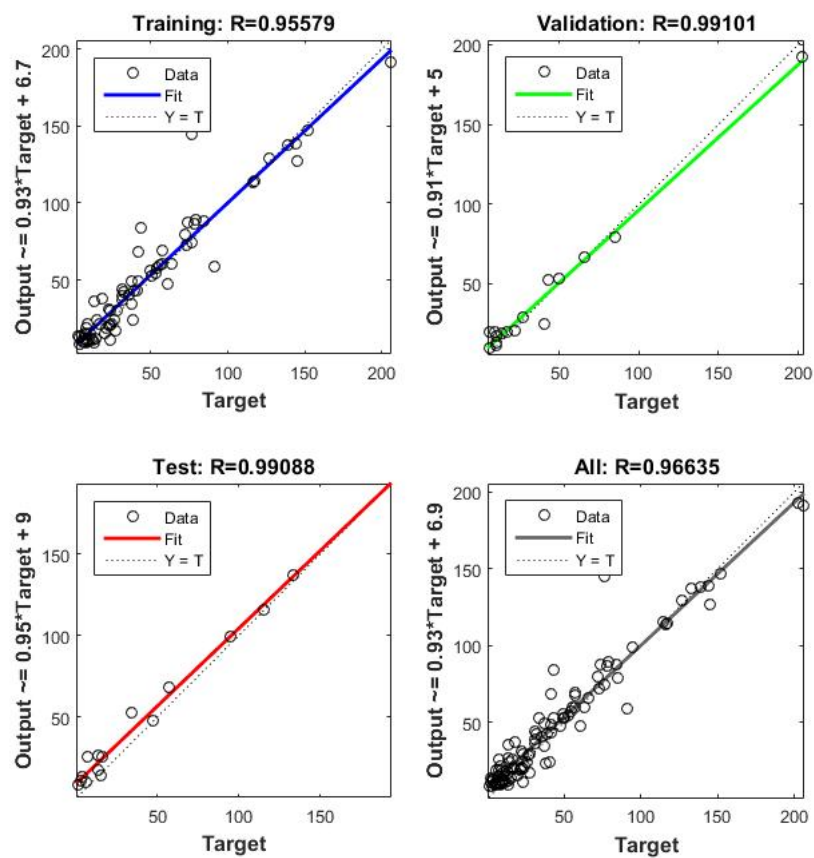
La figura 33 muestra el esquema de la red neuronal artificial entrenada



**Figura 33:** Diagrama de la RNA entrenada.



La figura 34 muestra los coeficientes de correlación obtenidos al entrenar la red neuronal artificial.



**Figura 34:** Coeficientes de correlación del entrenamiento de la red neuronal.

La imagen muestra la correlación en las diferentes etapas de la red neuronal, comparando sus respuestas con los datos reales, es así que se tiene un coeficiente de correlación de 0.956 para el período de entrenamiento (correlación existente entre los datos de entrada y los de salida), otro de 0.991 para el período de validación (en el cual la red neuronal analiza sus respuestas y las compara con los datos de entrada), se tiene también un coeficiente de correlación de 0.991 para el período de prueba, en el cual la red neuronal compara sus respuestas con las reales y finalmente un coeficiente de correlación global de los tres pasos anteriores.

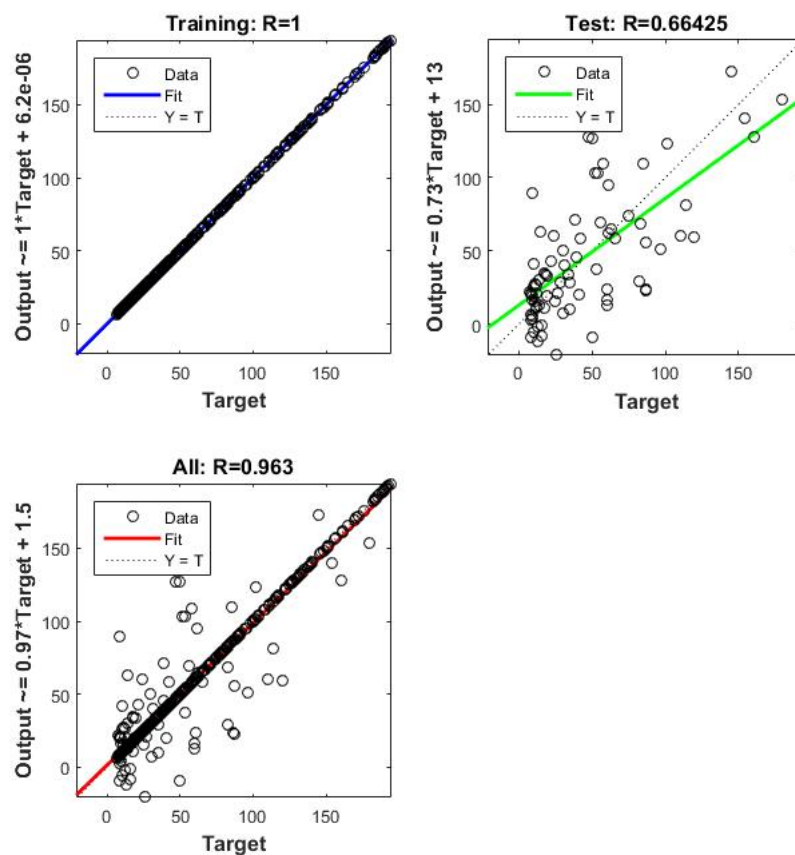
### 3.7 PREDICCIÓN DE CAUDALES

Para la predicción de caudales se ha entrenado otra red neuronal artificial, la cual únicamente tiene como dato el caudal promedio mensual generado retrasado cierto intervalo de tiempo (96 meses) y como salida el caudal promedio mensual generado sin retraso.

Esto permite a la red neuronal artificial, entrenar con un patrón futuro, haciendo uso de un *filtro adaptativo* basado en un *combinador lineal*, el cual realiza el aprendizaje basado en el error generado por el retraso y ajusta los pesos de tal forma que la salida deseada se ajuste para todos los patrones.

Específicamente se empleó una red neuronal artificial en Matlab 2016, con un retardo de 96 meses y 12 neuronas.

La figura 35 muestra los coeficientes de correlación obtenidos al entrenar la red neuronal artificial con filtro adaptativo y combinador lineal.



**Figura 35:** Coeficientes de correlación del entrenamiento de la red neuronal para predicción.

### 3.8 DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Para determinar la disponibilidad hídrica a futuro, la hidrología estadística indica que se deben emplear distribuciones teóricas para ajustar los datos y poder determinar cual es el caudal que sí va a ser superado con una probabilidad  $P$  en la actualidad. Sin embargo, si lo que se quiere es saber con un riesgo de probabilidad  $R$  el caudal que en los próximos  $n$  años será superado, debemos recalcular el valor estadístico de la probabilidad  $P$  mediante la fórmula 99 y utilizar este valor en la distribución teórica para encontrar el caudal a “futuro”.

Sin embargo, debido a que se ha realizado una predicción de los caudales en los próximos 15 años, únicamente se ha buscado el mejor ajuste de este registro extendido a una distribución teórica para determinar los valores del caudal en las probabilidades de persistencia hidrológica del 50 %, 75 % y 95 %.

Para el ajuste se ha empleado el software EasyFit, que ajusta los datos a todas las distribuciones posibles, brindando los estadísticos necesarios para poder elegir la distribución a la que mejor se ajusten los datos.

El software EasyFit versión 5.6 emplea tres pruebas de bondad de ajuste, Smirnov Kolmogorov, Anderson Darling y Chi Cuadrado, sin embargo, para elegir la distribución a la cual se ajustaron los datos, se optó por tener en cuenta solamente los estadísticos de las pruebas de Smirnov-Kolmogorov.

Al final, se optó por tomar los resultados de 3 distribuciones: Log Pearson 3, Lognormal y Normal. El valor *delta* de la prueba de Smirnov Kolmogorov presenta valores más acertados para las dos primeras, sin embargo, al obtener los datos con el ajuste a la distribución Normal se pudo observar cierto grado de incoherencias, tales como valores negativos para la persistencia al 95 %, por esta razón, fueron descartados los datos de esta distribución.

Se optó por tomar los valores de la distribución Logormal, debido a que la distribución Log Pearson 3 no presentó un adecuado ajuste en el mes de octubre.

Finalmente, la disponibilidad hídrica, siguiendo las pautas dadas por la Autoridad Nacional del Agua en la Ley de Recursos Hídricos y la R.J. 007-2015-ANA, se obtuvo restando el caudal al 95 % de persistencia (Caudal ecológico) al caudal al 75 % de persistencia hidrológica.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Resultante de este análisis se han obtenido los parámetros morfológicos en la tabla 32 de las unidades hidrográficas: cuenca del río Crisnejas, cuenca del río Cajamarquino y cuenca del río Condebamba.

**Cuadro 32:** Parámetros morfológicos de la cuenca y sus unidades hidrográficas

Parámetro	Und.	Cuenca Crisnejas	Subcuenca Condebam- ba	Subcuenca Cajamar- quino	
Área	A	Km <sup>2</sup>	<b>4150.19</b>	1924.27	2131.51
Perímetro	P	Km	<b>462.49</b>	258.35	276.98
Longitud del cauce principal	Lc	Km	<b>109.93</b>	94.72	106.66
Índice de compacidad	Kc		<b>2.01</b>	1.65	1.68
Factor de forma	$R_f$		<b>0.34</b>	0.21	0.19
Pendiente de la cuenca	$S_c$	%	<b>28.46</b>	31.05	27.00
Altitud media	H	m.s.n.m.	<b>3192.77</b>	3237.31	3184.12
Pendiente del cauce principal	S	%	<b>0.99</b>	1.41	1.18
Ancho promedio	B	Km	<b>37.75</b>	20.32	19.99
Altitud más frecuente		m.s.n.m.	<b>3150 - 3200</b>	3200 - 3300	2800 - 2900
Coeficiente de masividad	Cm		<b>0.001</b>	0.002	0.001
Coeficiente orográfico	Co		<b>0.002</b>	0.005	0.005
Rectángulo equivalente	a	m	<b>19.61</b>	17.18	17.64
	b	m	<b>211.63</b>	111.99	120.86
Relación de confluencias	Rc		<b>1.91</b>	1.91	1.83
Relación de longitudes	RL		<b>1.14</b>	0.98	0.95
Densidad de drenaje	Dd		<b>0.74</b>	2.08	2.05
Frecuencia de ríos	Fr		<b>0.53</b>	5.56	5.19
Tiempo de concentración (Kirpich)	Tc	horas	<b>14.61</b>	11.36	13.34

De acuerdo con el valor del área, podemos clasificar a la cuenca del río Crisnejas y las unidades hidrográficas que contiene (cuenca Cajamarquino y Condebamba) como *cuen-cas*.

El valor de  $K_c$  indica que las cuencas Cajamarquino y Condebamba se consideran *ova-les oblongas a rectangulares oblongas*, el valor para la cuenca del río Crisnejas no se encuentra en los rangos de clasificación comunes.

El factor de forma  $R_f$  de la cuenca Crisnejas, la clasifica como *ligeramente alargada*, mientras que en el caso de la cuenca Cajamarquino y Condebamba serían *muy alargadas*.

Las pendientes de las cuencas Cajamarquino y Condebamba indican que poseen relieves *fuertemente accidentados*. La cuenca Crisnejas posee un pendiente aun más pronunciada, por lo que su relieve puede esperarse que sea *muy fuertemente accidentado*.

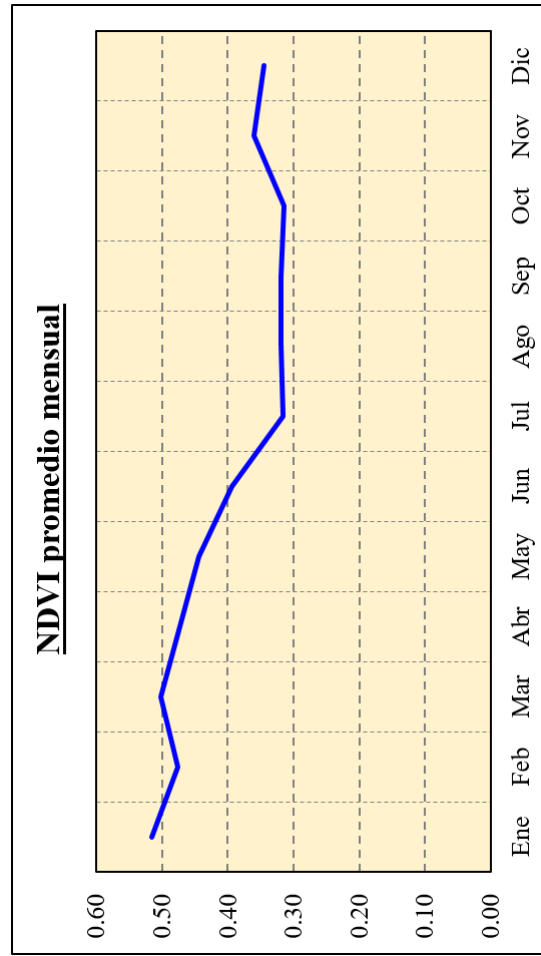
La altitud media podría representar que las cuencas poseen un clima *micro térmico o piso páramo*.

Los parámetros de las cuencas Cajamarquino y Condebamba, como puede observarse, indican que ambas cuencas tienen un alto grado de similitud hidrológica, evaluada en: similitud geométrica, a través del coeficiente de Gravelius; similitud cinemática, a través de la relación de confluencias y similitud dinámica, evaluada con el coeficiente orográfico. Esto es importante pues formó parte del criterio de decisión para implementar el número de neuronas de la capa de entrada debido a que nos brinda indicios de cómo podría la red ajustar los pesos según la distribución de la información proveniente de una u otra cuenca.

Adicionalmente, se ha podido evaluar el NDVI promedio mensual de la cuenca, obteniéndose los valores mostrados en la tabla 33 y las figuras 36, 37, 38 y 39.

**Cuadro 33:** NDVI promedio mensual, año hidrológico.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>NDVI</b>	<b>0.517</b>	<b>0.476</b>	<b>0.503</b>	<b>0.473</b>	<b>0.445</b>	<b>0.394</b>	<b>0.316</b>	<b>0.319</b>	<b>0.319</b>	<b>0.314</b>	<b>0.360</b>	<b>0.344</b>



**Figura 36:** NDVI promedio mensual, año hidrológico.

Estos valores del NDVI nos dan un buen acercamiento hacia la cantidad de vegetación temporal presente en la cuenca durante el año hidrológico. Si bien es cierto, no se ha podido recopilar imágenes del mismo año, si se ha buscado obtener las imágenes registradas en un período intermedio de los 53 años de información climática recopilada, por lo que puede asumirse que el NDVI calculado es representativo para el caso de estudio.

Como puede observarse en la figura 36 el NDVI promedio determinado, parece ajustarse al comportamiento esperado a lo largo del año hidrológico, teniendo en cuenta que un mayor índice de vegetación obedece a una mayor cantidad de agua en la cuenca y uno menor bien podría presentarse en época de estiaje, cuando la vegetación pierde vigorosidad por ausencia de riego.

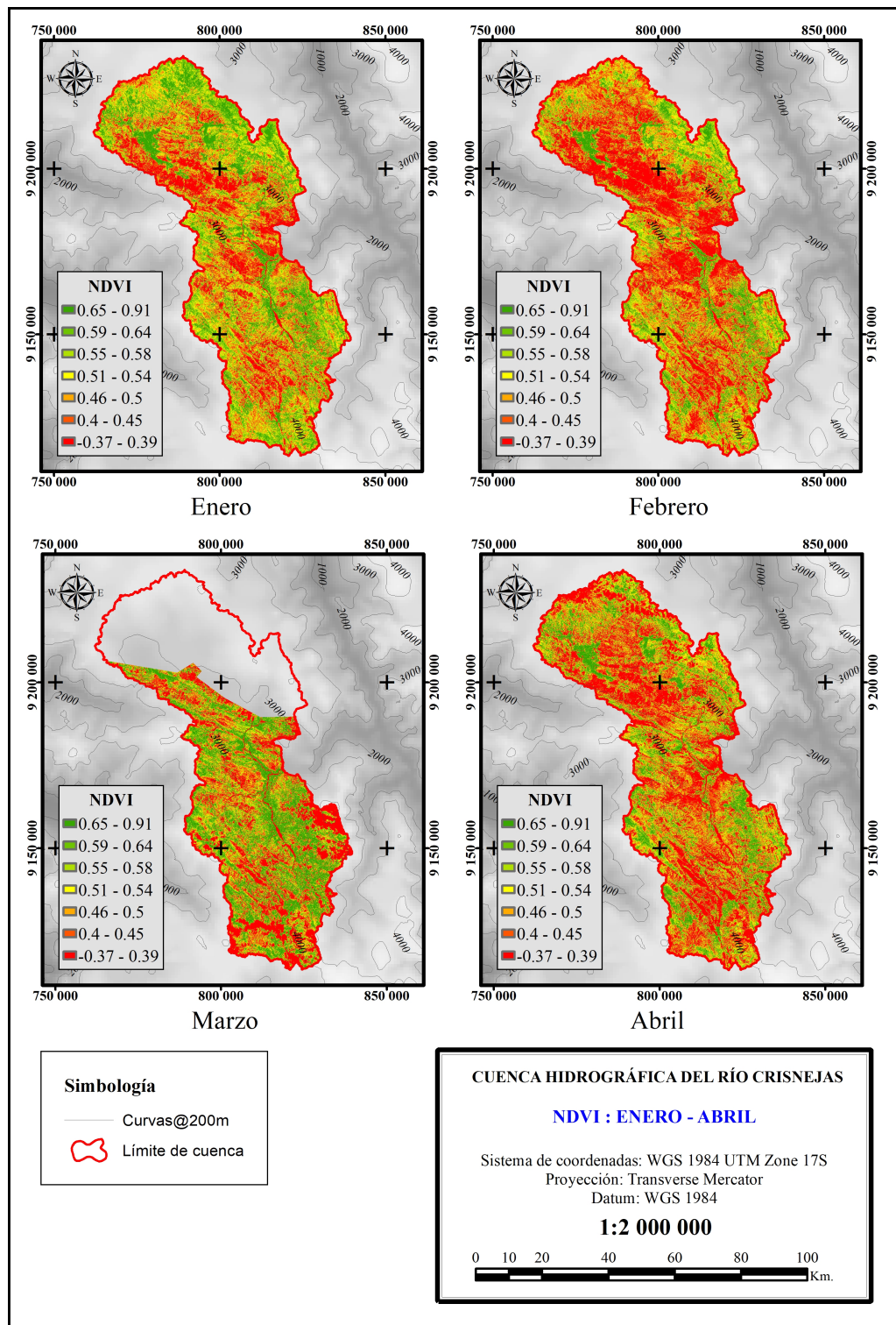


Figura 37: NDVI promedio mensual, de enero a abril.



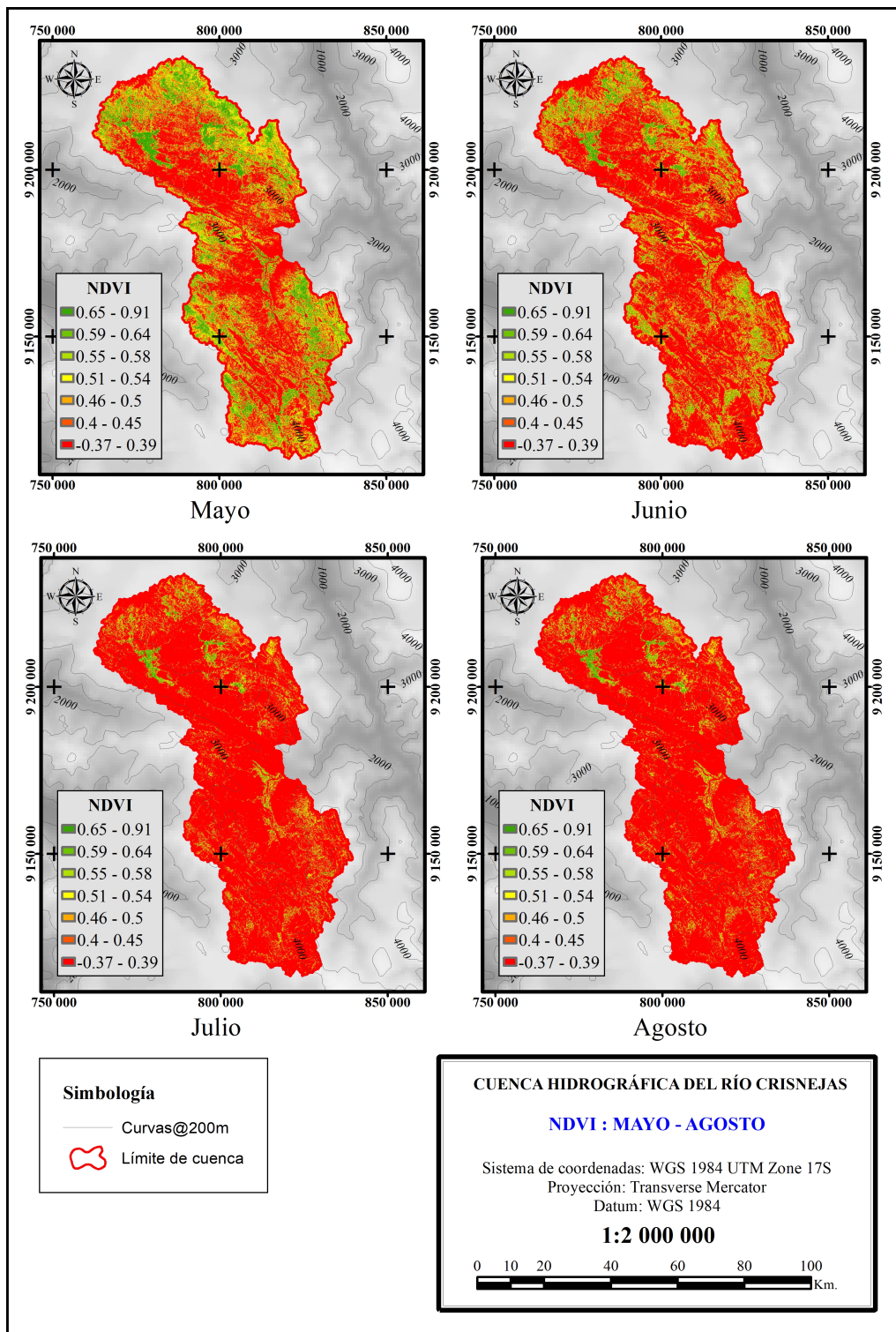
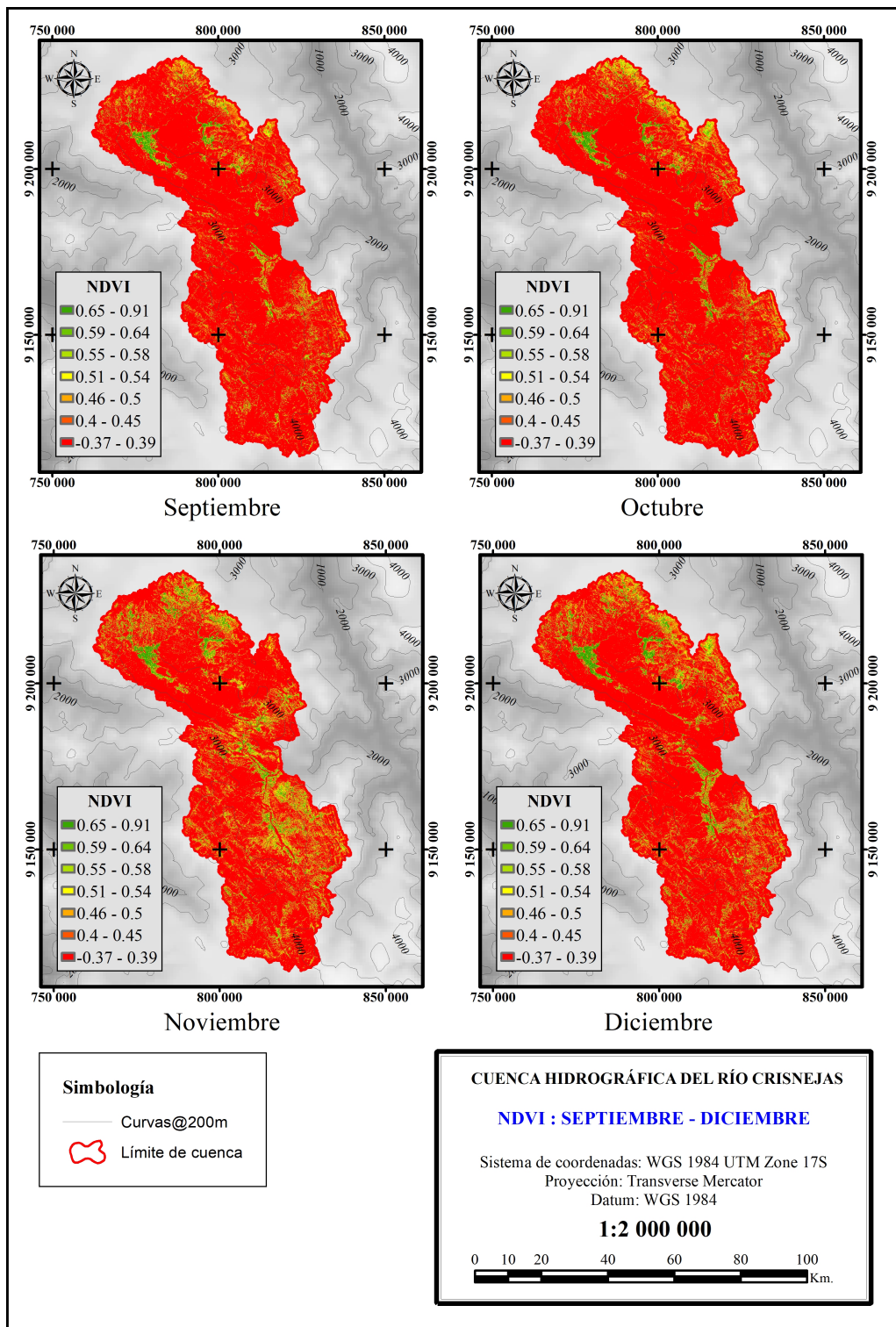


Figura 38: NDVI promedio mensual, de mayo a agosto.



**Figura 39:** NDVI promedio mensual, de septiembre a diciembre.

## 4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

Como resultado de este análisis, que incluyó la recopilación de la información hidrometeorológica y la búsqueda de valores atípicos, se ha podido evaluar la consistencia y tendencia de las 12 estaciones y sus respectivas variables (precipitación y temperatura), tal como se muestra en los Anexos B. Información hidrometeorológica, C. Gráficos de cajas de la información hidrometeorológica, D. Hidrogramas del procesamiento de información y F. Información meteorológica completa y extendida. El Anexo F. Información meteorológica completa y extendida presenta la información libre de saltos, tendencias, completa y extendida.

En ningún caso, durante el análisis de consistencia y tendencias, se hizo necesaria la eliminación de la componente de tendencias, puesto que el test de Mann-Kendall no arrojó en ningún momento un *valor p* menor al 0.05, por lo tanto la hipótesis de que existe tendencia en las series es rechazada.

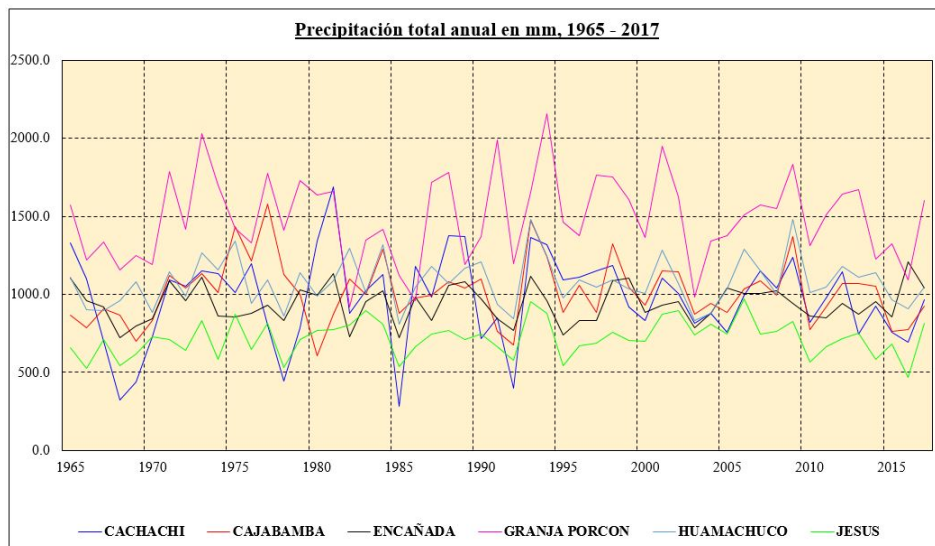
No sucedió lo mismo con el caso de los saltos e inhomogeneidades en la media y la varianza, por lo cual se recurrió a emplear factores de corrección calculados a partir de los datos y con modelos aditivos, multiplicativos, y mixtos para el caso de las temperaturas, donde se llegó a corregir hasta 6 períodos en algunos casos como Huamachuco.

Debido a la carencia de metadatos en las estaciones utilizadas, el proceso de corrección se ha basado únicamente en análisis estadísticos y pruebas no-paramétricas, las cuales, debido a la naturaleza de la información, nos han brindado resultados acordes con lo observable en métodos gráficos permitiendo corregir la información de manera satisfactoria.

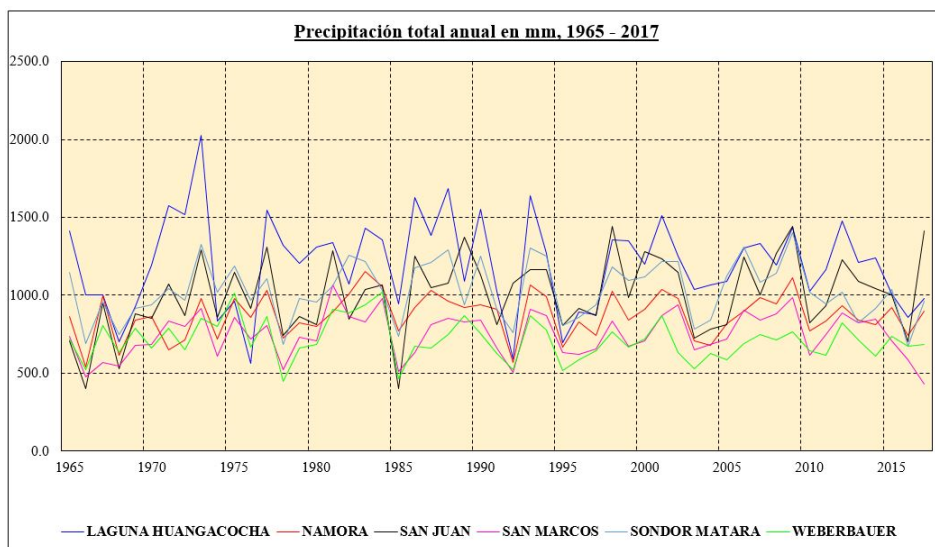
Respecto a la completación y extensión de series, como ya se mencionó, se realizó con el software HEC-4, el cual emplea un método con su mismo nombre. Debido a que en la metodología se busca la mejor correlación entre los datos, y si no se encuentra se genera una serie sintética para la completación, se puede afirmar que los resultados son confiables. En ningún caso, los datos faltantes han superado el 20 % del total. En el caso de las estaciones Encañada, Jesús y Sondor Matara se procedió a extender el registro.

Las figuras 40 y 41 muestra el comportamiento históricos anual de la precipitación en cada estación analizada, luego del análisis de confiabilidad, completación y extensión.

La tabla 34, muestra la precipitación promedio mensual de cada estación para el período registrado desde 1965 al 2017. En la figura 42 se muestra el comportamiento hidrológico promedio de precipitaciones en cada estación.



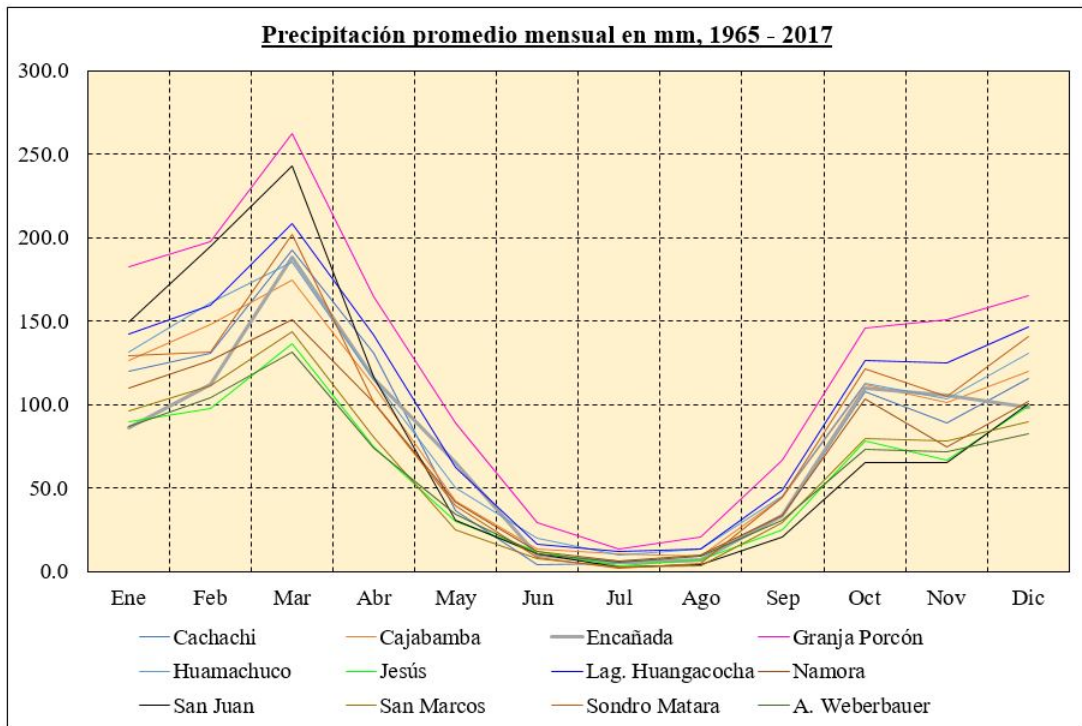
**Figura 40:** Precipitación total anual en mm, estaciones Cachachi, Cajabamba, Encañada, Granja Porcón, Huamachuco y Jesús



**Figura 41:** Precipitación total anual en mm, estaciones Laguna Huangacocha, Namora, San Juan, San Marcos, Sondor Matara y Augusto Weberbauer

**Cuadro 34:** Precipitación promedio mensual en mm, 1965 - 2017.

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>Cachachi</b>	120.0	131.0	192.8	131.0	36.7	3.9	4.7	5.9	32.0	107.7	88.7	115.9
<b>Cajabamba</b>	126.2	147.8	174.5	111.1	42.0	13.3	10.7	8.8	44.1	111.9	101.2	120.2
<b>Encañada</b>	86.3	112.1	188.5	115.7	65.0	9.7	5.7	7.3	33.3	109.7	105.7	98.2
<b>Granja Porcón</b>	182.7	197.2	262.6	164.3	89.2	29.5	13.8	20.5	66.5	145.6	150.9	165.3
<b>Huamachuco</b>	131.6	160.6	185.5	115.1	50.4	19.9	9.6	13.2	45.3	112.8	103.0	130.7
<b>Jesús</b>	90.0	97.7	136.6	74.8	30.1	11.7	3.6	7.0	24.6	77.8	66.5	98.8
<b>Lag. Huangacocha</b>	142.0	159.3	208.4	141.4	62.1	16.1	12.2	13.1	48.4	126.5	125.2	146.2
<b>Namora</b>	109.6	126.3	150.5	101.0	41.6	12.3	6.5	9.8	33.7	103.4	74.5	101.7
<b>San Juan</b>	149.1	194.9	242.7	116.4	30.7	10.6	2.3	3.8	20.9	65.5	65.2	100.3
<b>San Marcos</b>	95.9	111.5	143.6	80.3	24.8	7.4	2.9	3.5	29.5	79.7	78.3	89.6
<b>Sondro Matara</b>	128.9	131.5	201.9	101.3	39.0	8.7	2.2	5.0	44.3	121.5	104.9	140.4
<b>A. Weberbauer</b>	86.9	104.0	131.3	74.1	34.2	10.8	5.4	9.4	30.6	73.2	71.9	82.3



**Figura 42:** Precipitación promedio mensual en mm, 1965 - 2017.

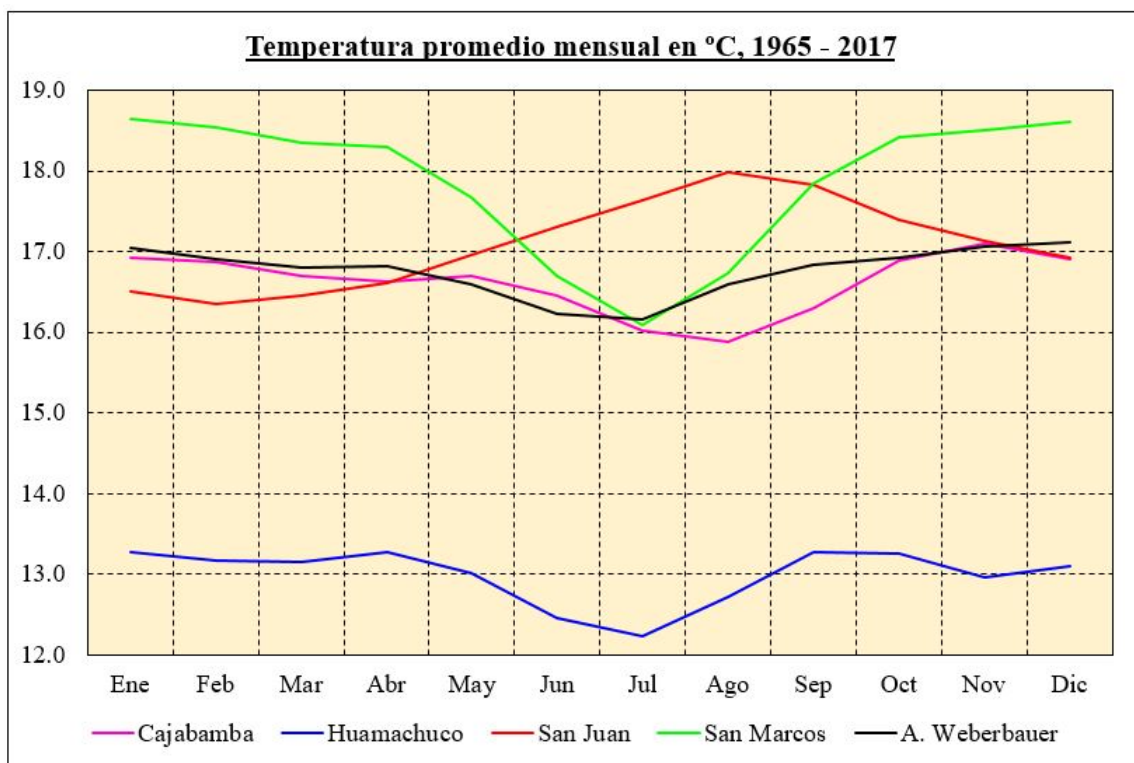
Como se muestra en la figura 42, se presenta una pronunciada variación estacional de precipitaciones en las estaciones meteorológicas, lo que nos da un indicio del comportamiento a esperar en el caudal del río Crisnejas. Podemos diferenciar las épocas seca en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, y la época húmeda en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. Es justamente en marzo donde se esperan los mayores caudales pues es el mes donde también pueden observarse los picos de precipitación anual en las estaciones.

En cuanto a temperaturas, como se muestra en la figura 43 y la tabla 35, las estaciones presentan temperaturas altas en la época húmeda del año hidrológico y temperaturas menores en la época seca, a excepción de la estación San Juan, en la que ocurre lo inverso.

Al momento de plantear la red neuronal se pensó en eliminar esta estación pues su comportamiento mensual no es acorde con los datos registrados por las otras estaciones, sin embargo no se ha eliminado pues lejos de dañar los estadísticos de la salida, puede enriquecer la red si es que se presenta un patrón importante de influencia en la salida, de no ser así, de cualquier manera será la red neuronal durante el entrenamiento la que “decida” que tanto influye la información de esta variable en esta estación a través de los pesos.

**Cuadro 35:** Temperatura promedio mensual en °C, período 1965 - 2017.

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>Cajabamba</b>	16.9	16.9	16.7	16.6	16.7	16.5	16.0	15.9	16.3	16.9	17.1	16.9
<b>Huamachuco</b>	13.3	13.2	13.2	13.3	13.0	12.0	12.2	12.7	13.3	13.3	13.0	13.1
<b>San Juan</b>	16.5	16.4	16.4	16.6	17.0	17.3	17.6	18.0	17.8	17.4	17.1	16.9
<b>San Marcos</b>	18.7	18.5	18.3	18.3	17.7	16.7	16.1	16.7	17.9	18.4	18.5	18.6
<b>A. Weberbauer</b>	17.0	16.9	16.8	16.8	16.6	16.2	16.2	16.6	16.8	16.9	17.1	17.1

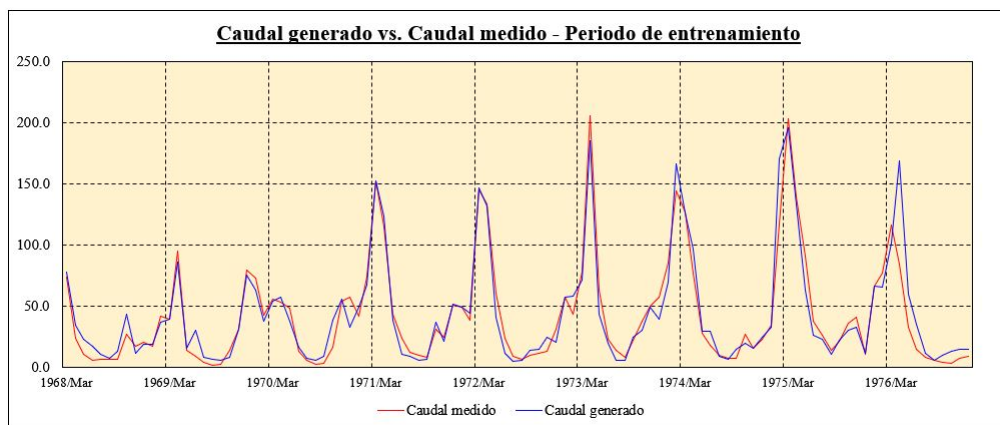


**Figura 43:** Temperatura promedio mensual en °C, 1965 - 2017.

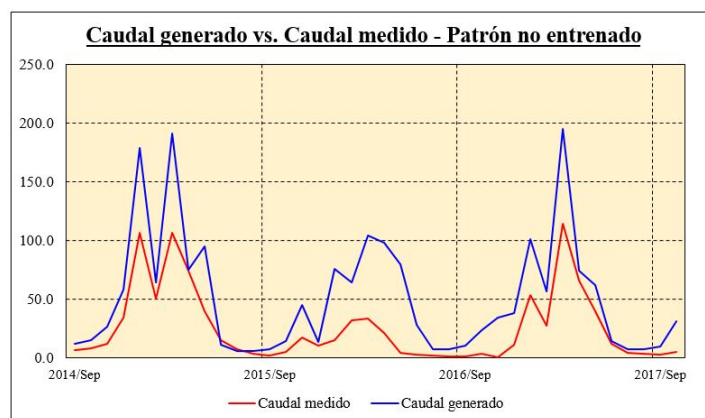


### 4.3 GENERACIÓN DE CAUDALES

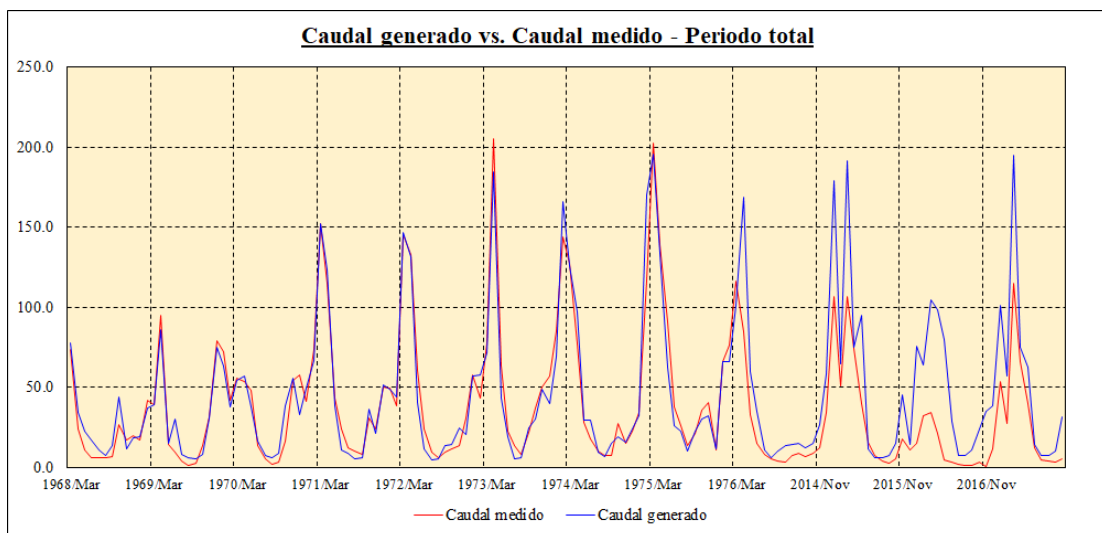
Los caudales generados para el período 1968 - 1976 en la estación hidrométrica puente Crisnejas mediante el entrenamiento de una red neuronal artificial, con configuración de 3 capas (7-3-1) y función de activación tangente, guardan una alta correlación con los datos registrados medidos en dicha estación y en ese mismo período de tiempo, específicamente se ha obtenido un  $R$  de 0.951 (figura 44). Cabe aclarar que la red se entrenó con caudales medidos, por lo que la demanda aguas arriba del punto se asume satisfecha hasta la estación hidrométrica Puente Crisnejas. El coeficiente de correlación  $R$  obtenido al compararse la salida de la red neuronal (caudal generado) con datos no utilizados en el entrenamiento de la red, es decir, período registrado desde el año 2014 - 2017 tiene un valor de  $R = 0.900$  (figura 45). En general, la comparación entre el caudal generado, con el registrado por la estación hidrométrica Puente Crisnejas nos da un valor de  $R = 0.899$ , considerando ambos períodos, entrenado y no entrenado (figura 46).



**Figura 44:** Caudal medido Vs. Caudal Generado, 1968 - 1976.

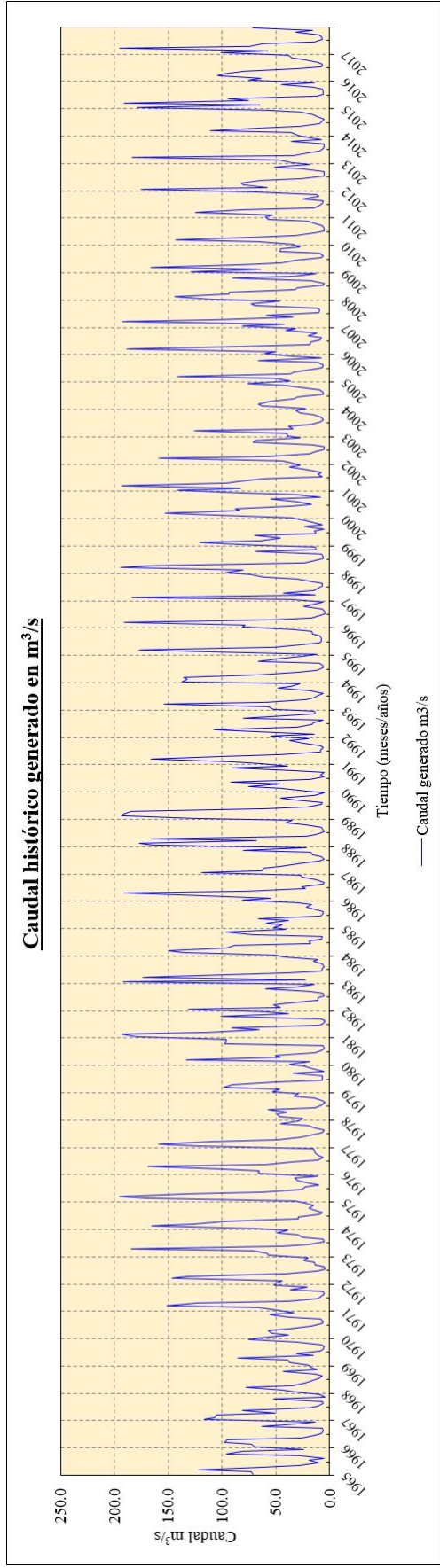


**Figura 45:** Caudal medido Vs. Caudal Generado, 2014 - 2017.



**Figura 46:** Caudal medido Vs. Caudal Generado, 1968 - 1976 y 2014 - 2017.

Los datos históricos generados para la estación Puente Crisnejas se muestran en la tabla 36, las figuras 47 y 48 muestran los hidrogramas mensual y anual de los datos. Asimismo, se han podido determinar los volúmenes anuales de agua en millones de metros cúbicos (MMC) para el registro histórico, tal como lo muestra la tabla 37 y la figura 52.



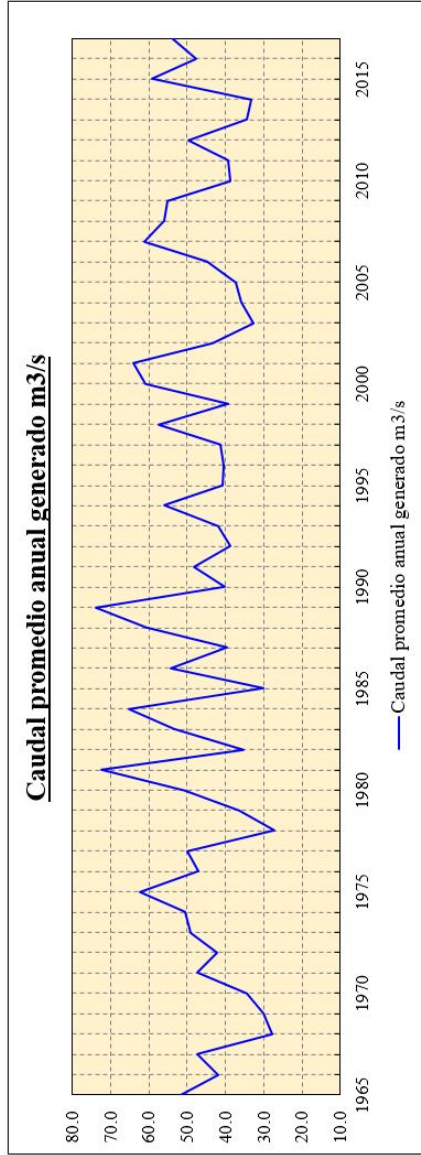
**Figura 47:** Caudal promedio mensual generado, 1965 - 2017.

**Cuadro 36:** Caudal promedio mensual generado en  $m^3/s$ , 1965 - 2017.

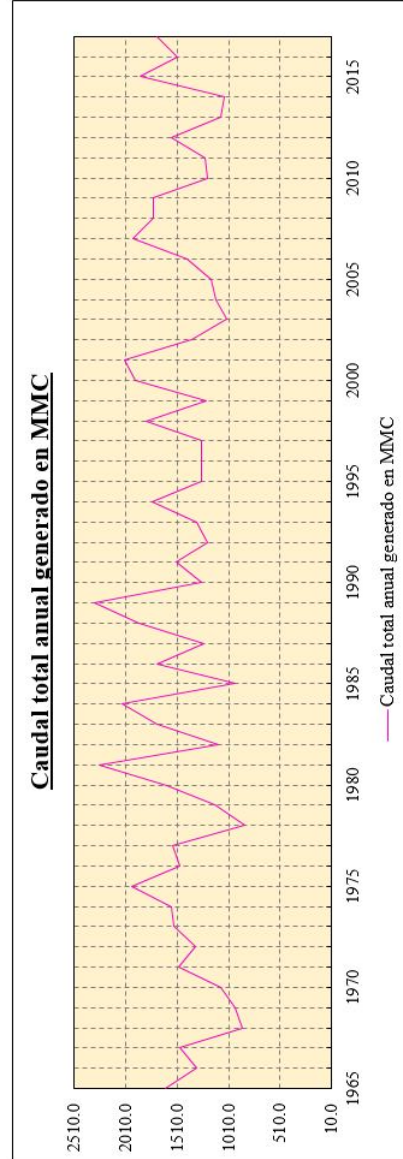
ESTACIÓN	:	<b>PUENTE CRISNEJAS</b>											
TIPO	:	<b>Hidrométrica</b>											
VARIABLE	:	<b>Caudal promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>metros cúbicos por segundo - m<sup>3</sup>/s</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°27'48.73''</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°6'47.25''</b>				
Dist.	:	<b>Condebamba</b>					Elev.	:	<b>1988 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	71.1	73.1	121.7	61.7	27.8	10.0	19.1	5.5	27.8	96.1	81.6	24.5	
<b>1966</b>	69.8	73.1	97.7	95.2	26.1	13.1	7.9	6.3	6.5	63.2	29.9	13.5	
<b>1967</b>	116.8	106.5	105.0	50.7	81.2	18.0	11.1	5.6	6.5	51.9	4.1	9.3	
<b>1968</b>	33.6	44.2	77.9	34.4	22.7	17.1	10.5	7.0	13.3	43.6	11.6	18.6	
<b>1969</b>	18.9	37.0	39.0	85.8	15.0	30.4	8.3	6.1	5.5	7.9	31.0	75.1	
<b>1970</b>	63.1	37.9	54.0	56.9	37.3	16.6	7.0	5.7	8.7	38.3	55.6	32.9	
<b>1971</b>	49.3	66.7	151.9	123.4	38.6	10.7	8.8	5.3	6.2	36.4	20.9	51.6	
<b>1972</b>	49.0	43.9	146.7	131.6	40.5	11.3	4.7	5.5	13.7	14.3	24.6	20.4	
<b>1973</b>	57.1	57.8	71.4	184.9	43.5	19.2	5.5	5.7	24.6	30.3	48.7	39.4	
<b>1974</b>	69.7	165.7	126.0	96.9	29.4	29.2	9.0	6.7	14.7	19.1	15.3	24.1	
<b>1975</b>	32.4	170.4	195.7	133.7	62.5	25.7	22.6	10.2	22.3	29.7	32.3	11.2	
<b>1976</b>	66.2	65.7	101.2	168.8	59.9	35.1	11.0	5.6	10.1	13.3	14.5	14.7	
<b>1977</b>	123.6	159.2	108.2	48.0	26.2	14.1	7.1	5.5	13.2	20.1	46.1	29.0	
<b>1978</b>	24.6	46.5	49.1	39.6	57.0	13.1	7.8	4.3	6.6	13.8	33.6	29.4	
<b>1979</b>	53.2	46.3	98.3	90.1	49.5	6.9	6.5	6.5	33.9	5.0	15.7	24.3	
<b>1980</b>	37.6	18.5	133.0	45.6	51.0	13.3	6.4	5.4	6.3	97.5	95.8	96.4	
<b>1981</b>	179.3	193.7	113.4	65.9	91.5	9.1	5.5	4.4	7.6	101.4	38.4	58.3	
<b>1982</b>	131.6	45.4	52.1	37.5	11.1	11.2	5.2	5.7	17.6	59.9	31.1	14.3	
<b>1983</b>	192.1	22.8	173.7	120.0	37.7	7.5	6.4	5.4	7.1	15.4	10.5	43.1	
<b>1984</b>	49.6	136.6	150.1	96.3	88.9	17.8	18.8	7.3	7.0	72.5	96.3	40.9	
<b>1985</b>	52.3	43.9	58.9	38.0	66.2	8.3	5.6	6.0	14.9	21.4	16.3	30.0	
<b>1986</b>	81.5	54.9	120.3	191.3	77.4	22.9	25.9	5.5	5.2	12.9	25.7	26.4	
<b>1987</b>	119.0	62.7	61.4	45.3	29.3	9.8	5.0	7.4	16.3	17.7	80.1	21.9	
<b>1988</b>	164.7	177.1	67.8	167.3	21.9	12.2	4.8	5.9	7.6	23.5	40.4	34.7	
<b>1989</b>	126.0	194.1	192.3	184.8	58.6	19.6	7.7	6.6	33.3	45.8	14.0	4.9	
<b>1990</b>	22.7	44.9	75.3	46.0	91.7	18.5	5.5	8.7	5.5	35.3	90.8	38.8	
<b>1991</b>	65.5	91.7	166.3	98.6	46.1	8.8	8.7	5.6	8.4	24.7	37.0	19.1	
<b>1992</b>	54.4	14.1	71.6	107.8	29.8	17.1	14.8	6.4	80.3	40.2	13.2	14.2	
<b>1993</b>	52.0	57.5	154.1	58.0	21.7	15.2	9.9	6.0	18.6	48.5	35.6	27.2	
<b>1994</b>	137.8	132.6	136.2	64.7	27.1	11.8	5.9	6.2	9.0	66.7	48.3	24.1	
<b>1995</b>	11.6	115.6	176.8	50.5	34.0	9.2	7.6	7.4	9.6	15.6	16.5	33.9	
<b>1996</b>	81.4	79.0	190.9	50.5	16.7	8.2	3.9	4.8	6.6	24.5	12.5	5.9	
<b>1997</b>	36.0	183.6	13.2	43.1	14.2	10.0	7.1	6.6	16.8	30.7	61.4	73.5	
<b>1998</b>	96.9	80.6	194.8	164.2	23.7	15.8	6.2	6.1	7.9	68.5	12.5	13.4	
<b>1999</b>	68.9	121.2	64.1	45.4	69.3	12.6	14.6	4.9	23.2	6.5	16.7	23.1	
<b>2000</b>	36.4	109.3	153.2	83.5	88.1	34.5	17.0	30.8	55.0	8.3	30.4	84.6	
<b>2001</b>	141.3	83.1	193.6	94.9	84.0	60.9	6.5	10.6	7.5	21.0	37.1	27.7	
<b>2002</b>	36.8	43.8	158.7	55.2	18.5	14.1	5.0	5.5	15.9	71.4	68.8	27.6	
<b>2003</b>	39.4	39.6	126.1	34.3	37.9	17.1	8.5	5.7	7.8	15.2	27.1	31.7	
<b>2004</b>	22.6	63.3	66.0	55.2	32.9	30.1	6.3	6.2	8.9	22.2	41.7	76.4	
<b>2005</b>	36.3	50.2	141.4	36.1	33.2	16.7	6.4	5.9	10.9	66.0	7.4	35.9	
<b>2006</b>	60.9	50.0	188.8	79.4	18.6	17.9	9.2	7.7	19.8	11.4	40.8	31.9	
<b>2007</b>	81.2	42.0	192.7	105.1	33.9	58.8	10.0	9.1	10.9	69.6	73.2	46.8	
<b>2008</b>	111.4	143.9	93.7	93.4	32.3	30.3	6.3	5.5	17.9	90.5	32.5	12.7	
<b>2009</b>	129.0	63.7	166.8	82.3	45.2	31.8	7.8	6.0	9.3	46.6	45.8	27.3	
<b>2010</b>	34.3	66.5	143.0	70.3	31.5	13.0	5.1	5.1	6.5	12.4	20.0	57.3	
<b>2011</b>	59.8	53.5	125.4	80.7	14.0	9.2	6.8	5.7	25.3	10.4	11.8	70.5	
<b>2012</b>	175.6	57.8	80.6	82.3	63.9	25.8	5.2	4.9	5.5	25.0	51.5	18.5	
<b>2013</b>	35.3	47.6	183.6	33.5	20.1	9.3	6.3	5.1	5.2	35.6	7.7	23.2	
<b>2014</b>	30.1	36.1	110.8	63.1	27.7	8.9	6.6	5.0	11.9	14.8	26.6	58.1	
<b>2015</b>	179.1	64.4	191.5	75.0	94.8	11.6	6.1	5.9	7.2	14.6	45.1	14.0	
<b>2016</b>	75.6	64.0	104.5	98.5	79.8	28.4	7.6	7.2	10.6	23.6	34.6	38.2	
<b>2017</b>	101.0	56.9	195.1	74.6	62.4	14.4	7.1	7.3	9.9	31.4	16.2	71.0	
Media	76.3	79.3	123.1	83.4	44.2	18.2	8.6	6.7	14.5	35.9	35.4	34.3	
Mediana	63.1	63.3	125.4	75.0	37.3	14.4	7.1	5.9	9.9	25.0	31.1	27.7	
Desv.	47.4	48.2	50.1	42.8	24.2	11.3	4.6	3.6	13.0	25.9	23.6	21.6	
Co. Var.	0.62	0.61	0.41	0.51	0.55	0.62	0.54	0.54	0.90	0.72	0.67	0.63	
Sesgo	0.91	1.12	-0.13	1.07	0.70	2.11	2.14	6.01	3.24	1.03	1.07	1.11	
Curtosis	-0.12	0.17	-1.05	0.43	-0.70	5.40	4.51	40.18	13.11	0.15	0.57	0.60	

**Cuadro 37: Caudal promedio mensual generado MMC, 1965 - 2017.**

ESTACIÓN	:	<b>PUENTE CRISNEJAS</b>											
TIPO	:	<b>Hidrométrica</b>											
VARIABLE	:	<b>Caudal promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>millones de metros cúbicos MMC</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°27'48.73"</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°6'47.25"</b>				
Dist.	:	<b>Condebamba</b>					Elev.	:	<b>1988 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
<b>1965</b>	190.6	176.9	326.0	160.0	74.6	25.9	51.2	14.8	72.0	257.3	211.6	65.6	<b>1626.5</b>
<b>1966</b>	186.9	176.8	261.8	246.7	69.9	34.0	21.3	16.8	16.9	169.2	77.5	36.2	<b>1313.9</b>
<b>1967</b>	312.9	257.6	281.2	131.5	217.4	46.7	29.6	15.1	16.8	139.1	10.6	24.9	<b>1483.3</b>
<b>1968</b>	90.0	106.9	208.6	89.1	60.8	44.4	28.1	18.6	34.5	116.7	30.0	49.8	<b>877.5</b>
<b>1969</b>	50.6	89.5	104.5	222.3	40.3	78.7	22.1	16.3	14.3	21.1	80.2	201.2	<b>941.3</b>
<b>1970</b>	169.0	91.8	144.6	147.5	100.0	42.9	18.7	15.3	22.6	102.6	144.2	88.2	<b>1087.5</b>
<b>1971</b>	132.0	161.4	406.8	319.8	103.3	27.8	23.6	14.3	16.0	97.5	54.1	138.3	<b>1494.9</b>
<b>1972</b>	131.2	106.2	393.0	341.0	108.5	29.4	12.6	14.8	35.5	38.3	63.7	54.5	<b>1328.8</b>
<b>1973</b>	153.0	139.8	191.4	479.3	116.4	49.7	14.8	15.4	63.7	81.1	126.3	105.6	<b>1536.4</b>
<b>1974</b>	186.6	400.9	337.4	251.1	78.7	75.8	24.2	17.9	38.1	51.2	39.8	64.6	<b>1566.2</b>
<b>1975</b>	86.7	412.2	524.3	346.6	167.4	66.6	60.4	27.4	57.8	79.7	83.8	29.9	<b>1943.0</b>
<b>1976</b>	177.2	158.9	271.0	437.6	160.4	91.0	29.5	15.1	26.1	35.5	37.5	39.4	<b>1479.3</b>
<b>1977</b>	331.1	385.1	289.9	124.4	70.1	36.6	18.9	14.8	34.2	53.8	119.4	77.6	<b>1556.0</b>
<b>1978</b>	66.0	112.5	131.4	102.5	152.7	34.0	21.0	11.5	17.1	37.0	87.1	78.7	<b>851.5</b>
<b>1979</b>	142.5	112.0	263.4	233.5	132.5	18.0	17.5	17.4	87.8	13.5	40.8	65.2	<b>1144.1</b>
<b>1980</b>	100.6	44.8	356.3	118.3	136.7	34.5	17.1	14.5	16.3	261.1	248.4	258.1	<b>1606.5</b>
<b>1981</b>	480.2	468.6	303.7	170.7	245.0	23.6	14.9	11.9	19.6	271.6	99.6	156.2	<b>2265.5</b>
<b>1982</b>	352.5	109.8	139.6	97.1	29.8	29.1	13.8	15.2	45.5	160.4	80.6	38.4	<b>1111.9</b>
<b>1983</b>	514.6	55.2	465.1	311.1	100.9	19.6	17.2	14.5	18.5	41.2	27.3	115.3	<b>1700.5</b>
<b>1984</b>	132.8	330.5	402.1	249.5	238.2	46.0	50.3	19.6	18.1	194.1	249.5	109.5	<b>2040.1</b>
<b>1985</b>	140.0	106.1	157.7	98.4	177.4	21.4	15.0	16.1	38.6	57.3	42.2	80.4	<b>950.7</b>
<b>1986</b>	218.4	132.8	322.1	496.0	207.2	59.2	69.4	14.8	13.4	34.7	66.5	70.8	<b>1705.4</b>
<b>1987</b>	318.7	151.8	164.4	117.3	78.4	25.4	13.3	19.8	42.2	47.5	207.7	58.7	<b>1245.1</b>
<b>1988</b>	441.1	428.4	181.7	433.7	58.8	31.6	12.7	15.8	19.7	63.0	104.7	92.9	<b>1884.1</b>
<b>1989</b>	337.6	469.5	515.1	478.9	157.0	50.8	20.6	17.6	86.3	122.6	36.2	13.0	<b>2305.2</b>
<b>1990</b>	60.9	108.6	201.8	119.3	245.6	47.8	14.7	23.2	14.2	94.6	235.3	103.9	<b>1269.8</b>
<b>1991</b>	175.4	221.9	445.4	255.5	123.3	22.7	23.2	15.0	21.7	66.2	96.0	51.1	<b>1517.5</b>
<b>1992</b>	145.8	34.2	191.9	279.4	79.8	44.3	39.6	17.0	208.1	107.6	34.2	38.0	<b>1219.8</b>
<b>1993</b>	139.2	139.0	412.6	150.5	58.2	39.3	26.5	16.0	48.1	129.8	92.2	72.8	<b>1324.3</b>
<b>1994</b>	369.0	320.7	364.8	167.6	72.7	30.6	15.7	16.6	23.3	178.8	125.1	64.7	<b>1749.6</b>
<b>1995</b>	31.0	279.6	473.5	130.8	91.1	23.7	20.3	19.7	24.8	41.9	42.8	90.9	<b>1270.2</b>
<b>1996</b>	218.1	191.1	511.2	130.9	44.7	21.3	10.5	12.9	17.2	65.6	32.4	15.8	<b>1271.7</b>
<b>1997</b>	96.5	444.1	35.4	111.6	38.0	25.9	19.1	17.7	43.5	82.3	159.2	196.8	<b>1270.2</b>
<b>1998</b>	259.7	195.1	521.7	425.7	63.5	41.1	16.5	16.4	20.4	183.4	32.4	35.8	<b>1811.6</b>
<b>1999</b>	184.5	293.1	171.7	117.8	185.5	32.7	39.1	13.3	60.2	17.3	43.2	61.9	<b>1220.3</b>
<b>2000</b>	97.4	264.5	410.2	216.6	235.9	89.5	45.5	82.6	142.6	22.2	78.8	226.5	<b>1912.4</b>
<b>2001</b>	378.5	200.9	518.4	246.0	225.0	157.8	17.4	28.5	19.4	56.3	96.2	74.1	<b>2018.6</b>
<b>2002</b>	98.6	106.0	425.1	143.1	49.6	36.5	13.3	14.6	41.2	191.2	178.4	73.8	<b>1371.6</b>
<b>2003</b>	105.6	95.7	337.6	89.0	101.5	44.4	22.9	15.3	20.3	40.8	70.2	85.0	<b>1028.2</b>
<b>2004</b>	60.6	153.1	176.7	143.1	88.2	78.1	16.9	16.5	23.0	59.4	108.2	204.5	<b>1128.1</b>
<b>2005</b>	97.3	121.5	378.7	93.7	88.9	43.2	17.1	15.7	28.3	176.8	19.2	96.2	<b>1176.4</b>
<b>2006</b>	163.1	121.0	505.8	205.8	49.8	46.5	24.8	20.6	51.3	30.4	105.6	85.4	<b>1410.0</b>
<b>2007</b>	217.6	101.7	516.1	272.5	90.9	152.5	26.8	24.3	28.2	186.3	189.7	125.2	<b>1931.9</b>
<b>2008</b>	298.4	348.2	250.9	242.1	86.6	78.6	16.9	14.8	46.3	242.4	84.1	34.0	<b>1743.5</b>
<b>2009</b>	345.6	154.2	446.7	213.4	121.2	82.4	21.0	16.0	24.0	124.9	118.7	73.2	<b>1741.4</b>
<b>2010</b>	92.0	160.9	383.0	182.3	84.5	33.7	13.6	13.8	16.8	33.3	51.9	153.5	<b>1219.2</b>
<b>2011</b>	160.1	129.5	336.0	209.2	37.5	23.7	18.3	15.2	65.6	27.8	30.7	188.8	<b>1242.5</b>
<b>2012</b>	470.3	139.8	215.8	213.4	171.0	66.9	13.9	13.2	14.3	67.0	133.6	49.6	<b>1568.9</b>
<b>2013</b>	94.5	115.2	491.9	86.7	53.8	24.0	16.8	13.7	13.5	95.3	19.9	62.1	<b>1087.3</b>
<b>2014</b>	80.5	87.3	296.8	163.6	74.2	23.0	17.8	13.5	30.8	39.8	68.9	155.6	<b>1051.6</b>
<b>2015</b>	479.8	155.8	512.9	194.5	254.0	30.2	16.4	15.9	18.6	39.2	116.8	37.4	<b>1871.5</b>
<b>2016</b>	202.5	154.9	280.0	255.3	213.6	73.6	20.3	19.2	27.6	63.1	89.7	102.3	<b>1502.2</b>
<b>2017</b>	270.6	137.7	522.7	193.3	167.2	37.3	19.1	19.6	25.7	84.1	41.9	190.1	<b>1709.3</b>
Media	204.5	191.7	329.8	216.2	118.5	47.1	23.1	17.8	37.6	96.1	91.8	91.7	
Mediana	169.0	153.1	336.0	194.5	100.0	37.3	18.9	15.8	25.7	67.0	80.6	74.1	
Desv.	127.0	116.5	134.1	111.1	64.9	29.3	12.3	9.7	33.8	69.4	61.3	57.7	
Co. Var.	0.62	0.61	0.41	0.51	0.55	0.62	0.54	0.54	0.90	0.72	0.67	0.63	
Sesgo	0.91	1.12	-0.13	1.07	0.70	2.11	2.14	6.01	3.24	1.03	1.07	1.11	
Curtosis	-0.12	0.17	-1.05	0.43	-0.70	5.40	4.51	40.18	13.11	0.15	0.57	0.60	



**Figura 48:** Caudal promedio anual generado  $m^3/s$ , 1965 - 2017.



**Figura 49:** Caudal total anual generado MMC, 1965 - 2017.

## 4.4 PREDICCIÓN DE CAUDALES

Se presentan los caudales de predicción a 15 años posteriores del registro generado y registrado por las estaciones hidrometeorológicas, es decir período 2018 - 2032 en  $m^3/s$ , tabla 38, y en MMC, tabla 39. Al ser información proyectada, no existe manera de saber el grado de confiabilidad de esta información, sin embargo el análisis realizado por la red neuronal, basado en la información de entrada, muestra un coeficiente de correlación  $R = 0.963$ .

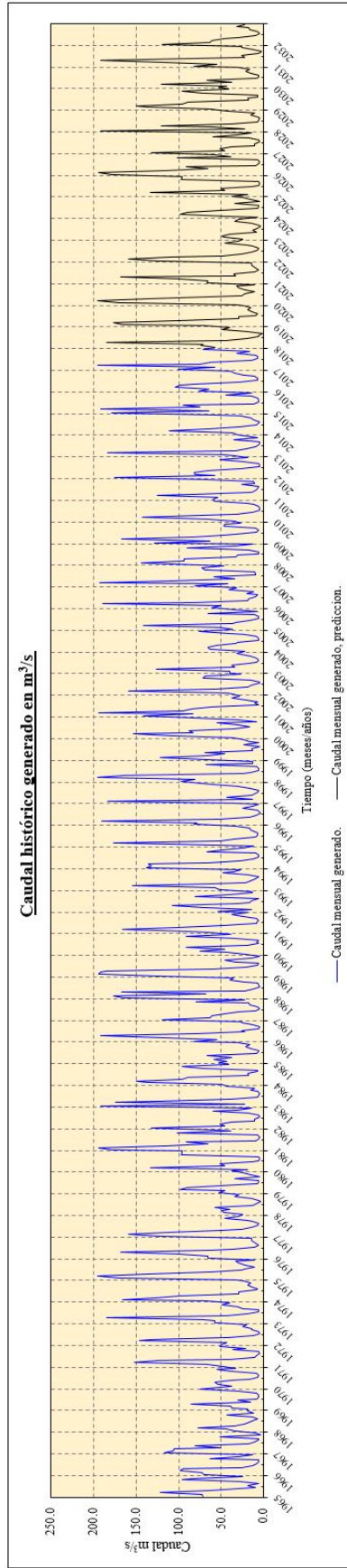
**Cuadro 38:** Caudales de predicción en  $m^3/s$ , período 2018 - 2032.

ESTACIÓN	:	<b>PUENTE CRISNEJAS</b>											
TIPO	:	<b>Hidrométrica</b>											
VARIABLE	:	<b>Caudal promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>metros cúbicos por segundo - <math>m^3/s</math></b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°27'48.73"</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°6'47.25"</b>				
Dist.	:	<b>Condebamba</b>					Elev.	:	<b>1988 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>2018</b>	57.1	73.5	71.4	184.9	43.5	19.2	5.5	5.7	0.9	20.1	48.7	39.4	
<b>2019</b>	69.7	165.7	176.4	96.9	29.4	29.2	9.0	6.7	14.7	19.1	15.3	24.1	
<b>2020</b>	32.4	170.4	195.7	133.7	62.5	25.7	22.6	10.2	22.3	29.7	32.3	11.2	
<b>2021</b>	66.2	65.7	101.2	168.8	33.2	35.1	11.0	5.6	10.1	13.3	14.5	14.7	
<b>2022</b>	123.6	159.2	108.2	48.0	26.2	14.1	7.1	5.5	13.2	20.1	46.1	29.0	
<b>2023</b>	24.6	46.5	49.1	39.6	7.9	13.1	7.8	4.3	6.6	13.8	33.6	29.4	
<b>2024</b>	7.7	46.3	98.3	90.1	49.5	6.9	6.5	6.5	33.9	5.0	15.7	24.3	
<b>2025</b>	37.6	18.5	133.0	45.6	51.0	13.3	6.4	5.4	6.3	97.5	95.8	96.4	
<b>2026</b>	179.3	193.7	113.4	65.9	91.5	9.1	5.5	4.4	7.6	101.4	38.4	58.3	
<b>2027</b>	131.6	45.4	52.1	37.5	11.1	11.2	5.2	5.7	17.6	59.9	31.1	14.3	
<b>2028</b>	192.1	22.8	62.6	120.0	37.7	7.5	6.4	5.4	7.1	15.4	10.5	43.1	
<b>2029</b>	63.7	136.6	150.1	96.3	88.9	17.8	18.8	7.3	7.0	72.5	96.3	40.9	
<b>2030</b>	52.3	43.9	120.9	38.0	66.2	8.3	5.6	6.0	14.9	21.4	16.3	30.0	
<b>2031</b>	81.5	54.9	120.3	191.3	77.4	22.9	25.9	5.5	3.1	12.9	25.7	26.4	
<b>2032</b>	119.0	62.7	61.4	45.3	29.3	9.8	5.0	7.4	16.3	17.7	31.8	21.9	
Media	82.6	87.1	107.6	93.5	47.0	16.2	9.9	6.1	12.1	34.7	36.8	33.6	
Mediana	66.2	62.7	108.2	90.1	43.5	13.3	6.5	5.7	10.1	20.1	31.8	29.0	
Desv.	55.2	59.9	44.3	55.1	26.0	8.6	6.8	1.4	8.4	31.9	26.7	21.3	
Co. Var.	0.67	0.69	0.41	0.59	0.55	0.53	0.69	0.24	0.69	0.92	0.73	0.64	
Sesgo	0.77	0.71	0.47	0.68	0.33	0.95	1.63	1.68	1.23	1.36	1.56	2.00	
Curtosis	-0.25	-1.19	-0.39	-0.91	-0.76	0.00	1.37	4.13	2.05	0.45	1.85	4.98	

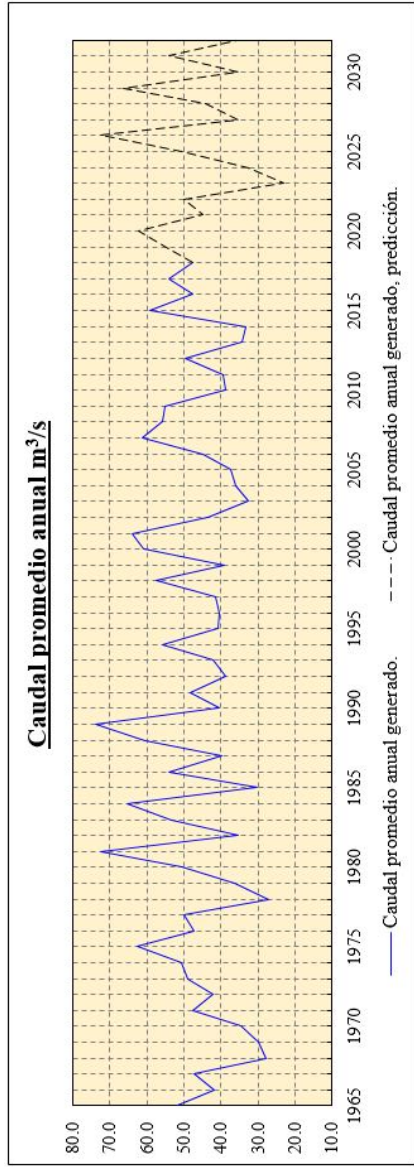
**Cuadro 39:** Caudales de predicción en MMC, período 2018 - 2032.

ESTACIÓN	:	<b>PUENTE CRISNEJAS</b>													
TIPO	:	<b>Hidrométrica</b>													
VARIABLE	:	<b>Caudal promedio mensual</b>													
UNIDAD	:	<b>millones de metros cúbicos MMC</b>													
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>						Lat.	:	<b>7°27'48.73"</b>					
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>						Long.	:	<b>78°6'47.25"</b>					
Dist.	:	<b>Condebamba</b>						Elev.	:	<b>1988 m.s.n.m.</b>					
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>		
<b>2018</b>	152.9	196.8	191.2	495.2	116.5	51.4	14.7	15.3	2.5	53.8	130.4	105.5	<b>1526.4</b>		
<b>2019</b>	186.7	443.8	472.4	259.5	78.7	78.2	24.1	17.9	39.4	51.2	41.0	64.5	<b>1757.5</b>		
<b>2020</b>	86.8	456.4	524.2	358.1	167.4	68.8	60.5	27.3	59.7	79.5	86.5	30.0	<b>2005.3</b>		
<b>2021</b>	177.3	176.0	271.1	452.1	88.9	94.0	29.5	15.0	27.1	35.6	38.8	39.4	<b>1444.7</b>		
<b>2022</b>	331.1	426.4	289.8	128.6	70.2	37.8	19.0	14.7	35.4	53.8	123.5	77.7	<b>1607.8</b>		
<b>2023</b>	65.9	124.5	131.5	106.1	21.1	35.1	20.9	11.5	17.7	37.0	90.0	78.7	<b>740.0</b>		
<b>2024</b>	20.6	124.0	263.3	241.3	132.6	18.5	17.4	17.4	90.8	13.4	42.1	65.1	<b>1046.5</b>		
<b>2025</b>	100.7	49.6	356.2	122.1	136.6	35.6	17.1	14.5	16.9	261.1	256.6	258.2	<b>1625.3</b>		
<b>2026</b>	480.2	518.8	303.7	176.5	245.1	24.4	14.7	11.8	20.4	271.6	102.9	156.2	<b>2326.2</b>		
<b>2027</b>	352.5	121.6	139.5	100.4	29.7	30.0	13.9	15.3	47.1	160.4	83.3	38.3	<b>1132.2</b>		
<b>2028</b>	514.5	61.1	167.8	321.4	101.0	20.1	17.1	14.5	19.0	41.2	28.1	115.4	<b>1421.2</b>		
<b>2029</b>	170.7	365.9	402.0	257.9	238.1	47.7	50.4	19.6	18.7	194.2	257.9	109.5	<b>2132.7</b>		
<b>2030</b>	140.1	117.6	323.7	101.8	177.3	22.2	15.0	16.1	39.9	57.3	43.7	80.4	<b>1135.0</b>		
<b>2031</b>	218.3	147.0	322.2	512.4	207.3	61.3	69.4	14.7	8.3	34.6	68.8	70.7	<b>1735.1</b>		
<b>2032</b>	318.7	167.9	164.5	121.3	78.5	26.2	13.4	19.8	43.7	47.4	85.1	58.7	<b>1145.2</b>		
Media	221.1	233.2	288.2	250.3	125.9	43.4	26.5	16.4	32.4	92.8	98.6	89.9			
Mediana	177.3	167.9	289.8	241.3	116.5	35.6	17.4	15.3	27.1	53.8	85.1	77.7			
Desv.	147.8	160.3	118.5	147.6	69.6	23.0	18.3	3.8	22.5	85.4	71.5	57.2			
Co. Var.	0.67	0.69	0.41	0.59	0.55	0.53	0.69	0.24	0.69	0.92	0.73	0.64			
Sesgo	0.77	0.71	0.47	0.68	0.33	0.95	1.63	1.68	1.23	1.36	1.56	2.00			
Curtosis	-0.25	-1.19	-0.39	-0.91	-0.76	0.00	1.37	4.13	2.05	0.45	1.85	4.98			

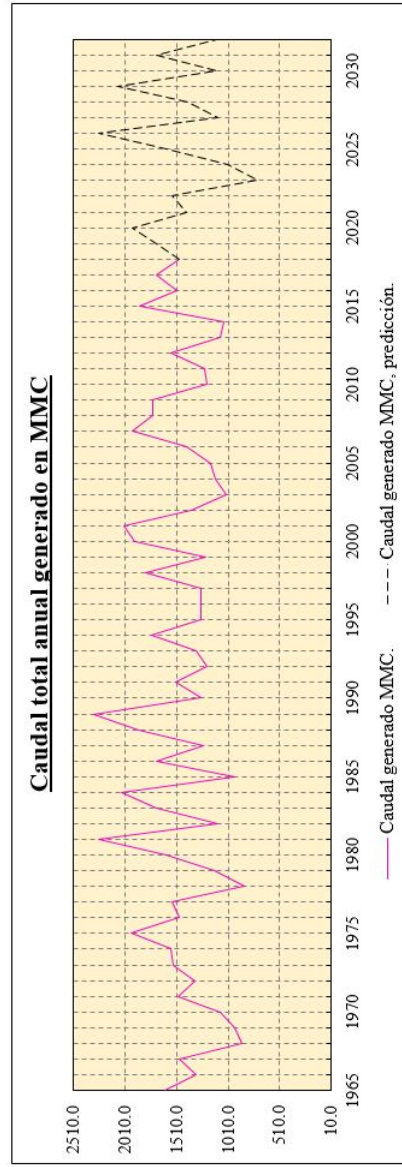




**Figura 50:** Caudal promedio mensual generado y predicción, 1965 - 2032.



**Figura 51:** Caudal promedio anual generado y predicción  $m^3/s$ , 1965 - 2032.



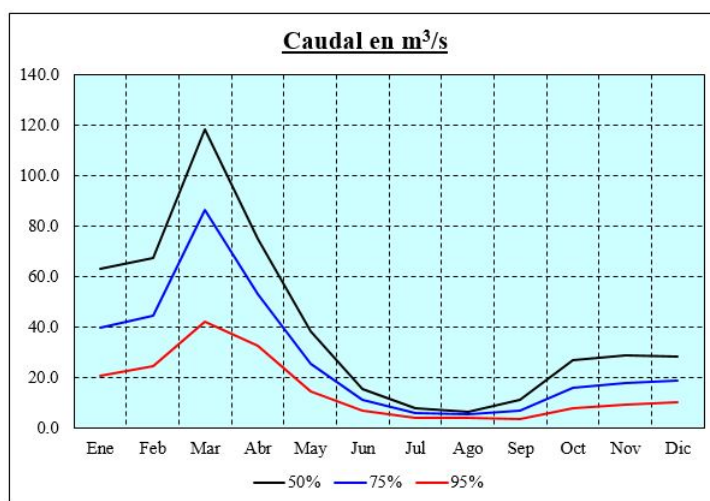
**Figura 52:** Caudal total anual generado MMC, 1965 - 2032.

## 4.5 DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Los caudales promedio mensuales generados y aumentados con la predicción, se ajustaron a la distribución Lognormal para generar la disponibilidad hídrica al 50 %, 75 % y 95 % de persistencia hidrológica, tal como lo muestra la tabla 40 y la figura 53.

**Cuadro 40:** Disponibilidad hídrica al 50 %, 75 % y 95 % de persistencia hidrológica,  $m^3/s$ .

Ajuste a distribución Lognormal												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50 %	63.0	67.3	118.6	75.1	38.2	15.4	7.9	6.2	11.0	26.9	28.5	28.3
75 %	39.7	44.5	86.4	53.3	25.6	11.0	5.9	5.2	6.9	16.1	17.9	18.6
95 %	20.5	24.5	42.1	32.5	14.4	6.7	3.8	4.0	3.6	7.7	9.1	10.1



**Figura 53:** Disponibilidad hídrica al 50 %, 75 % y 95 % de persistencia hidrológica,  $m^3/s$ .

De estos resultados, y basados en la normatividad vigente para la determinación del caudal ecológico, se establece su valor como el caudal determinado a un 95 % de persistencia hidrológica. Finalmente, para la disponibilidad hídrica, restamos el caudal ecológico al valor determinado al 75 % de persistencia, obteniéndose la disponibilidad hídrica del río Crisnejas en la estación hidrométrica Puente Crisnejas, tal como se muestra en la tabla 41.

**Cuadro 41:** Disponibilidad hídrica del río Crisnejas en la estación hidrométrica Puente Crisnejas

Caudal disponible en $m^3/s$												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
75 % – 95 %	19.3	20.0	44.3	20.8	11.2	4.3	2.1	1.2	3.3	8.4	8.8	8.5

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- La cuenca del río Crisnejas, hasta el punto emisor considerado en este trabajo de investigación, se encuentra conformada principalmente por dos grandes unidades hidrográficas: la cuenca del río Cajamarquino y la cuenca del río Condebamba. El área total de la cuenca es de  $4150\text{km}^2$ , la pendiente media de la cuenca es de 28.46 %, por lo que se presenta un relieve fuertemente accidentado. Los parámetros morfológicos de las cuencas del río Cajamarquino y Condebamba presentan un alto grado de similitud. Debido a esto, se podrían realizar investigaciones en las cuales se empleen redes neuronales artificiales que consideren en el aprendizaje información proveniente de ambas cuencas, lo cual sería beneficioso para llevar a una menor escala de investigación (cuencas más pequeñas) información registrada en cuencas más grandes haciendo uso de sus parámetros morfológicos y su cobertura vegetal.
- El NDVI promedio mensual se calculó en base a imágenes de diferentes años debido a que en el año considerado como “promedio” en el período de tiempo analizado no se pudieron obtener imágenes libres de nubosidad por la gran extensión geográfica de la cuenca.
- El régimen de precipitaciones en las estaciones meteorológicas ubicadas en el ámbito de la cuenca acentúa la diferencia entre meses de estiaje y lluvia, presentándose variaciones estacionales fuertes en toda el área de la cuenca, lo cual repercute en el caudal del cauce principal (río Crisnejas). Las precipitaciones promedio más altas registradas por las estaciones se encuentran en la estación Granja Porcón, en la cual se pueden esperar precipitaciones mensuales de  $262.6\text{mm}$  (Marzo). Las precipitaciones promedio más bajas registradas por las estaciones se encuentran en la estación Sondor Matara, en la cual se pueden esperar precipitaciones mensuales de  $2.2\text{mm}$  (Julio). Asimismo el régimen de temperaturas presenta sus temperaturas promedio mensuales más altas en la estación San Marcos, con un valor de hasta  $18.7^{\circ}\text{C}$  (Enero) y las mas bajas en la estación Huamachuco, con un valor de  $12.0^{\circ}\text{C}$  (Junio).

- Los caudales generados para el período 1965 - 2017 mediante el entrenamiento de la red neuronal artificial - RNA, guardan una alta correlación con la información registrada en la estación hidrométrica Puente Crisnejas. La información generada para este período demuestra además que la escorrentía se ve alterada severamente en cantidad por el régimen de precipitaciones, pudiéndose observar en época de lluvias valores promedio de hasta  $123.1m^3/s$  y mínimos de  $6.7m^3/s$ . Los volúmenes anuales, históricamente, guardan un comportamiento cercano a los eventos registrados a una escala macro, tal como los eventos Niño. La predicción de caudales con redes neuronales, tal como se ha hecho en este trabajo de investigación, permite realizar el cálculo de la oferta hídrica a futuro, permitiendo observar de manera directa, el posible futuro comportamiento de las variables hidrológicas de interés tales como el caudal. Después de 15 años de predicción, puede observarse cómo es que no existen alteraciones fuertes en el comportamiento del caudal en épocas de lluvia o estiaje, observándose caudales promedio mensuales para la época de lluvia de  $119.7m^3/s$  y de  $6.5m^3/s$  para la época de estiaje.
- No se pudo cuantificar la demanda histórica del recurso hídrico en la cuenca, por lo que fue un parámetro omitido en la red neuronal artificial, sin embargo, el rendimiento de la misma no fue afectado por la omisión de esta variable, demostrando la robustez del método.
- Se ha cumplido con el objetivo principal del trabajo de investigación al calcularse la disponibilidad hídrica del río Crisnejas mediante el entrenamiento de una red neuronal artificial, la cual dio como resultante una disponibilidad hídrica variable desde  $1.2m^3/s$  hasta  $44.3m^3/s$ .
- Con este trabajo de investigación, se propone una metodología alternativa para la determinación de caudales en cuencas con cortos períodos de registro de caudales pero registros completos de variables meteorológicas o climáticas.
- Se puede tomar como base teórica la metodología teórica planteada en este trabajo con la finalidad de completar el registro de caudales de cuencas con similar registro hidrológico y meteorológico

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda, para futuras investigaciones, emplear imágenes del mismo año para la determinación del índice normalizado de vegetación (NDVI).
- La red de estaciones en la cuenca, aun cuando ha sido suficiente para este estudio, podría ser mejorada para aumentar el rendimiento de la red neuronal artificial, por lo que se recomienda la instalación de más estaciones climáticas en la parte de la cuenca del río Condebamba, en la cual se disponen únicamente de 3, además que iniciar el registro de metadatos en todas las estaciones de la cuenca, lo cual facilitaría el proceso de tratamiento de información hidrometeorológica. La generación de caudales puede mejorar sus estadísticos en la red neuronal y estimar valores más cercanos a la realidad si se emplean mayor cantidad de datos en el entrenamiento de la red neuronal, por lo que se recomienda el constante mantenimiento a la estación hidrométrica Puente Crisnejas, así como la generación bimensual de sus curvas de altura-gasto.
- Se recomienda, en medida de lo posible, ingresar como dato parte del patrón de entrenamiento de la red, la demanda histórica en la cuenca. De no conocerse este dato, podría plantearse la posibilidad de reemplazarlo por una variable que sea directamente proporcional a la demanda, tal como la población histórica en la zona o la producción agrícola.
- La predicción de caudales permite visualizar el comportamiento futuro del río en cuanto a volumen de agua, guardando coherencia con el registro empleado en la generación y puede ser útil en el análisis de sequías o eventos Niño, por lo que se recomienda tomar como línea base este estudio para la posterior realización de estudios de sequías o eventos Niño en la cuenca del río Crisnejas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Espacial Europea - ESA (09/06/2018). Elementos de teledetección. [http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_ES/SEM01U3FEXF\\_0.html](http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEM01U3FEXF_0.html).
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., y Smith, M. (1990). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, [en línea], ser. *Estudio FAO Riego y Drenaje, no. ser.*
- Buishand, T. A. (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of hydrology*, 58(1-2):11–27.
- Bustamante, A. M. (2013). Series de tiempo: Una aplicación a registros hidrométricos en una cuenca del estado de Oaxaca. *Trabajo de Grado, México.*
- Cahuana, A. y Yugar, W. (2009). Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología civ-233. *Universidad San Simón, Bolivia.*
- Cantera Kintz, J., Carvajal, Y., y Castro, L. M. (2009). *Caudal Ambiental: Conceptos, experiencias y desafíos*. Programa Editorial UNIVALLE.
- Caussinus, H. y Mestre, O. (1996). New mathematical tools and methodologies for relative homogeneity testing. En *Proceedings of the Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*, pp. 63–82.
- Chereque, W. (1990). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*.
- Chuvienco, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones Rialp.
- Correa, J. C., Iral, R., y Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista colombiana de estadística*, 29(1):57–76.
- Delgado, A. (1998). *Inteligencia artificial y minirobots*. Ecoe Ediciones.
- ESRI (12/08/2018). Vista general del conjunto de herramientas de Hidrología. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/an-overview-of-the-hydrology-tools.htm>.
- Fattorelli, S. y Fernández, P. C. (2007). *Diseño hidrológico*. Zeta Editores.
- Gama, J. (2016). Alexandersson, h. and moberg, a.(1997), homogenization of swedish tem. *Package 'climrends'*, 38(1-2):59.
- Heino, R. (1996). Metadata and their role in homogenization. En *Proc. Seminar on Homogenization of Surf. Instrum. Data*, pp. 5–8.
- Herrera, S. (2004). Homogeneización e interpolación de observaciones de alta resolución. proyección regional de escenarios de cambio climático. técnicas y proyectos en curso.
- Ibáñez, S., Moreno, H., y Gisbert, J. (2011). Morfología de las cuencas hidrográficas. *Universidad politécnica de Valencia.*
- Jardí Porqueras, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de Geografía*, 19(1):41–68.
- Jasiewicz, J. (16/08/2018). The module r.stream.order.

<https://svn.osgeo.org/grass/grass-addons/grass7/raster/r.stream.order/r.stream.order.html>.

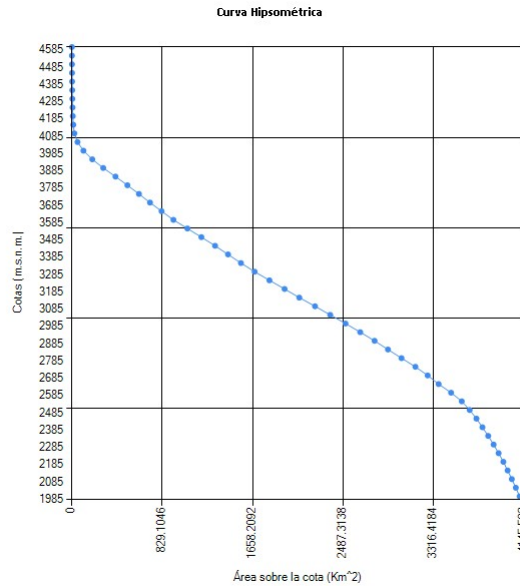
- Kvam, P. H. y Vidakovic, B. (2007). *Nonparametric statistics with applications to science and engineering*, volumen 653. John Wiley & Sons.
- Machiwal, D. y Jha, M. K. (2012). *Hydrologic time series analysis: theory and practice*. Springer Science & Business Media.
- Minnaard, C. L., Condese, V., Minnaard, V., y Rabino, M. C. (2005). Los gráficos de caja: un recurso innovador. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35.
- Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la ingeniería. *Alfaomega, Colombia*.
- Moreno Grande, Fredy Alberto and Esquivel Jimenez, Jeison Ricardo and others (2015). Estudio morfométrico de la cuenca del río azul, afluente del río Calima, departamento del valle del Cauca.
- Ordoñez, J. (2011). Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico.
- Ortiz, O. (2008). *Hidrología de superficie*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Pereyra, J. (06/08/2018). <http://cienciadesofa.com/2018/02/respuestas-lxxxix-por-que-la-velocidad-de-la-luz-es-la-que-es.html>.
- Rojas, M. (2003). Técnicas estadísticas paramétricas y no paramétricas equivalentes: Resultados comparativos por simulación. *Instituto deficiencias matemáticas. Ingeniería en estadística informática. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador*.
- Sterponi, L. (2018). *Uso de las imágenes satelitales al servicio de los gobiernos regionales*. Agencia Espacial del Perú - CONIDA.
- United States Geological Survey - USGS (19/09/2018). The Water Cycle. <https://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>.
- US Army Corps of Engineers (1971). Hec-4 monthly streamflow simulation.
- Verdin, J., Pedreros, D., y Eilerts, G. (2003). Índice diferencial de vegetación normalizado (ndvi). *FEWS-Red de Alerta Temprana Contra la Inseguridad Alimentaria, Centroamérica, USGS/EROS Data Center*.
- Verdoy, P. J., Mahiques, J. M., y Pellicer, S. S. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones*, volumen 21. Publicacions de la Universitat Jaume I.
- Villón Béjar, M. (2002a). *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Villón Béjar, M. (2002b). *Hidrología Estadística*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Zaiontz, C. (10/09/2018). Fligner killeen test. <http://www.real-statistics.com/one-way-analysis-of-variance-anova/homogeneity-variances/fligner-killeen-test/>.



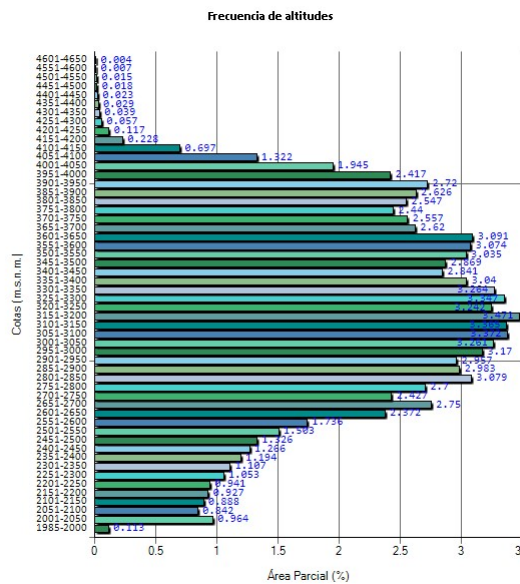
# ANEXOS

## A. Cálculo de los parámetros morfológicos

- Cuenca del río Crisnejas



**Figura 54:** Curvas hipsométrica, cuenca Crisnejas



**Figura 55:** Frecuencia de altitudes, cuenca Crisnejas

**Cuadro 42:** Curvas de nivel - Cuenca Crisnejas

<b>Cota de curva</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Longitud (Km)</b>
2000	16074.3	16.1
2050	60010.6	60.0
2100	101894.7	101.9
2150	140215.1	140.2
2200	184922.1	184.9
2250	224737.9	224.7
2300	260924.2	260.9
2350	294935.5	294.9
2400	319329.3	319.3
2450	357130.5	357.1
2500	395505.5	395.5
2550	427288.0	427.3
2600	466588.9	466.6
2650	505689.6	505.7
2700	530876.1	530.9
2750	591285.5	591.3
2800	642380.6	642.4
2850	713010.7	713.0
2900	726927.5	726.9
2950	747889.3	747.9
3000	782814.1	782.8
3050	813492.3	813.5
3100	830590.2	830.6
3150	842980.4	843.0
3200	861530.9	861.5
3250	833611.4	833.6
3300	840287.6	840.3
3350	790499.4	790.5
3400	746896.1	746.9
3450	717008.0	717.0
3500	728865.8	728.9
3550	731425.1	731.4
3600	681413.9	681.4
3650	648471.4	648.5
3700	613164.3	613.2
3750	580613.8	580.6
3800	556800.0	556.8
3850	575928.5	575.9
3900	621198.7	621.2
3950	610522.5	610.5
4000	528956.7	529.0
4050	416613.1	416.6
4100	266180.5	266.2
4150	124788.0	124.8
4200	63153.0	63.2
4250	33374.2	33.4
4300	17198.0	17.2
4350	13595.5	13.6
4400	11425.4	11.4
4450	10599.2	10.6
4500	8694.2	8.7
4550	5459.6	5.5
4600	2435.8	2.4
4650	1558.3	1.6
<b>Suma</b>	<b>:</b>	<b>23619.8</b>

**Cuadro 43:** Tabla del cauce principal - Cuenca Crisnejas

Cota inf.	Cota sup.	Área parcial Km <sup>2</sup>	$h_i * A_i$	L(i)	S(i)	$(L_i^2)/S_i^{(0.5)}$	Área sobre la cota	% del total
1985	2000	4.67	9.31	6.14	0.00	124.30	4145.52	0.11 %
2001	2050	40.02	81.07	8.68	0.01	115.46	4105.50	0.96 %
2051	2100	34.93	72.49	8.31	0.01	108.16	4070.57	0.84 %
2101	2150	36.86	78.34	4.97	0.01	50.06	4033.72	0.89 %
2151	2200	38.47	83.70	3.74	0.01	32.72	3995.25	0.93 %
2201	2250	39.07	86.96	4.31	0.01	40.46	3956.17	0.94 %
2251	2300	43.72	99.48	2.85	0.02	21.77	3912.45	1.05 %
2301	2350	45.96	106.89	3.59	0.01	30.76	3866.49	1.11 %
2351	2400	49.54	117.67	1.23	0.04	6.15	3816.96	1.19 %
2401	2450	52.54	127.44	6.83	0.01	80.57	3764.41	1.27 %
2451	2500	55.05	136.27	4.23	0.01	39.27	3709.36	1.33 %
2501	2550	62.38	157.54	2.19	0.02	14.66	3646.98	1.50 %
2551	2600	72.04	185.55	6.78	0.01	79.84	3574.94	1.74 %
2601	2650	98.45	258.47	9.23	0.01	126.66	3476.49	2.37 %
2651	2700	114.12	305.33	6.15	0.01	68.86	3362.37	2.75 %
2701	2750	100.73	274.53	2.01	0.02	12.83	3261.65	2.43 %
2751	2800	112.07	311.05	1.88	0.03	11.68	3149.58	2.70 %
2801	2850	127.79	361.06	1.33	0.04	6.91	3021.79	3.08 %
2851	2900	123.79	355.96	2.36	0.02	16.41	2898.00	2.98 %
2901	2950	122.73	359.06	1.85	0.03	11.40	2775.27	2.96 %
2951	3000	131.56	391.46	1.54	0.03	8.61	2643.71	3.17 %
3001	3050	135.34	409.48	0.96	0.05	4.26	2508.37	3.26 %
3051	3100	139.94	430.39	1.22	0.04	6.08	2368.42	3.37 %
3101	3150	139.67	436.55	0.67	0.07	2.49	2228.75	3.37 %
3151	3200	144.04	457.41	0.79	0.06	3.18	2084.71	3.47 %
3201	3250	134.56	434.03	1.03	0.05	4.70	1950.15	3.24 %
3251	3300	138.92	455.04	1.95	0.03	12.26	1811.22	3.35 %
3301	3350	135.48	450.53	1.48	0.03	8.14	1675.75	3.26 %
3351	3400	126.15	425.83	0.66	0.07	2.42	1549.59	3.04 %
3401	3450	117.90	403.87	1.21	0.04	6.04	1431.69	2.84 %
3451	3500	119.08	413.87	0.72	0.07	2.74	1312.61	2.87 %
3501	3550	125.96	444.06	0.43	0.12	1.26	1186.66	3.04 %
3551	3600	127.56	456.09	0.65	0.08	2.35	1059.09	3.07 %
3601	3650	128.30	465.13	0.54	0.09	1.79	930.80	3.09 %
3651	3700	108.75	399.72	2.58	0.02	18.73	822.05	2.62 %
3701	3750	106.14	395.42	1.40	0.04	7.48	715.91	2.56 %
3751	3800	101.27	382.34	0.17	0.29	0.31	614.64	2.44 %
3801	3850	105.72	404.43	0.38	0.13	1.05	508.92	2.55 %
3851	3900	108.98	422.37	0.79	0.06	3.17	399.94	2.63 %
3901	3950	112.88	443.10	1.41	0.03	7.57	287.06	2.72 %
3951	4000	100.31	398.77	0.30	0.16	0.76	186.75	2.42 %
4001	4050	80.71	324.88	0.40	0.12	1.16	106.05	1.95 %
4051	4100	54.86	223.59	0.00	0.00	0.00	51.18	1.32 %
4101	4150	28.91	119.27	0.00	0.00	0.00	22.27	0.70 %
4151	4200	9.47	39.56	0.00	0.00	0.00	12.80	0.23 %
4201	4250	4.84	20.46	0.00	0.00	0.00	7.96	0.12 %
4251	4300	2.38	10.16	0.00	0.00	0.00	5.58	0.06 %
4301	4350	1.60	6.93	0.00	0.00	0.00	3.98	0.04 %
4351	4400	1.21	5.29	0.00	0.00	0.00	2.77	0.03 %
4401	4450	0.96	4.26	0.00	0.00	0.00	1.81	0.02 %
4451	4500	0.76	3.39	0.00	0.00	0.00	1.05	0.02 %
4501	4550	0.60	2.72	0.00	0.00	0.00	0.45	0.02 %
4551	4600	0.30	1.36	0.00	0.00	0.00	0.16	0.01 %
4601	4650	0.16	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 %
<b>Totales</b>	<b>:</b>	4150.19	13250.60	109.93		1105.44		

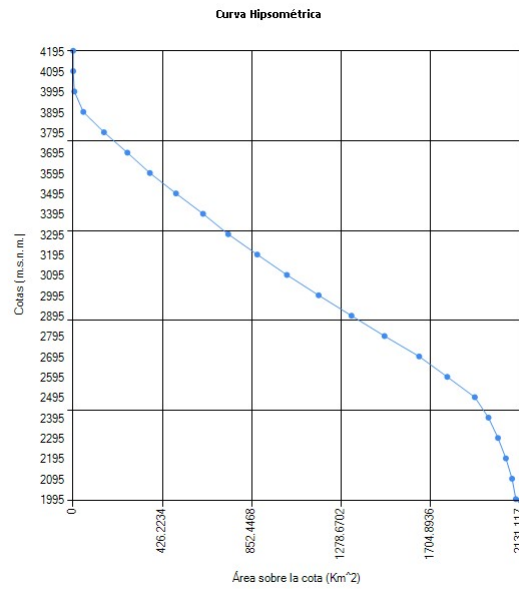
**Cuadro 44:** Tabla de áreas - Cuenca Crisnejas

Cota inf.	Cota sup.	Área parcial (Km <sup>2</sup> )	Área parcial (%)
1985	2000	4.67	0.113
2001	2050	40.023	0.964
2051	2100	34.927	0.842
2101	2150	36.855	0.888
2151	2200	38.473	0.927
2201	2250	39.073	0.941
2251	2300	43.718	1.053
2301	2350	45.963	1.107
2351	2400	49.536	1.194
2401	2450	52.543	1.266
2451	2500	55.048	1.326
2501	2550	62.38	1.503
2551	2600	72.044	1.736
2601	2650	98.447	2.372
2651	2700	114.119	2.75
2701	2750	100.728	2.427
2751	2800	112.07	2.7
2801	2850	127.785	3.079
2851	2900	123.789	2.983
2901	2950	122.733	2.957
2951	3000	131.561	3.17
3001	3050	135.342	3.261
3051	3100	139.942	3.372
3101	3150	139.673	3.365
3151	3200	144.042	3.471
3201	3250	134.562	3.242
3251	3300	138.923	3.347
3301	3350	135.478	3.264
3351	3400	126.152	3.04
3401	3450	117.901	2.841
3451	3500	119.081	2.869
3501	3550	125.957	3.035
3551	3600	127.561	3.074
3601	3650	128.295	3.091
3651	3700	108.753	2.62
3701	3750	106.139	2.557
3751	3800	101.269	2.44
3801	3850	105.719	2.547
3851	3900	108.984	2.626
3901	3950	112.876	2.72
3951	4000	100.307	2.417
4001	4050	80.706	1.945
4051	4100	54.862	1.322
4101	4150	28.91	0.697
4151	4200	9.474	0.228
4201	4250	4.841	0.117
4251	4300	2.377	0.057
4301	4350	1.601	0.039
4351	4400	1.208	0.029
4401	4450	0.962	0.023
4451	4500	0.757	0.018
4501	4550	0.602	0.015
4551	4600	0.297	0.007
4601	4650	0.155	0.004
<b>Suma</b>	<b>:</b>	<b>4150.193</b>	

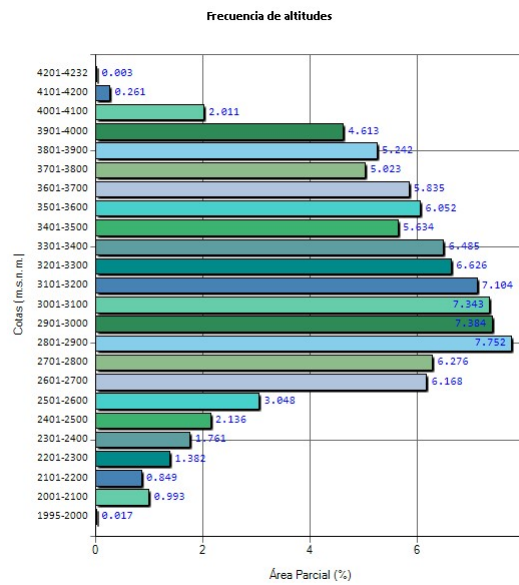
**Cuadro 45:** Tabla de ríos - Cuenca Crisnejas

Orden de río	Número de ríos	Longitud (Km)	Longitud prom. (Km)	$n(i)/n(i+1)$	$l(i)/l(i+1)$
1	1099	1558.731	1.418	2.028	0
2	542	810.971	1.496	1.895	1.055
3	286	361.183	1.263	2.306	0.844
4	124	133.736	1.079	1.333	0.854
5	93	95.841	1.031	1.979	0.956
6	47	95.841	2.039	0	1.978
Totales :	2191	3056.303	Rc :	1.908	1.137

- Cuenca del río Cajamarquino



**Figura 56:** Curvas hipsométrica, cuenca Cajamarquino



**Figura 57:** Frecuencia de altitudes, cuenca Cajamarquino

**Cuadro 46:** Curvas de nivel - Cuenca Cajamarquino

<b>Cota de curva</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Longitud (Km)</b>
<b>2000</b>	3247.765	3.248
<b>2100</b>	33942.996	33.943
<b>2200</b>	73658.575	73.659
<b>2300</b>	111530.723	111.531
<b>2400</b>	142131.117	142.131
<b>2500</b>	189169.363	189.169
<b>2600</b>	234940.924	234.941
<b>2700</b>	294619.718	294.62
<b>2800</b>	381614.032	381.614
<b>2900</b>	418998.908	418.999
<b>3000</b>	427244.189	427.244
<b>3100</b>	442931.592	442.932
<b>3200</b>	439923.018	439.923
<b>3300</b>	415340.01	415.34
<b>3400</b>	363071.608	363.072
<b>3500</b>	351115.519	351.116
<b>3600</b>	316926.785	316.927
<b>3700</b>	278191.064	278.191
<b>3800</b>	268482.111	268.482
<b>3900</b>	306112.553	306.113
<b>4000</b>	199698.269	199.698
<b>4100</b>	53563.373	53.563
<b>4200</b>	910.35	0.91

**Cuadro 47:** Tabla del cauce principal - Cuenca Cajamarquino

Cota inf.	Cota sup.	Área parcial $Km^2$	$h(i)*A(i)$	L(i)	S(i)	$L_i^2/S_i^2(0.5)$	Área sobre la cota	% del total
1995	2000	0.358	0.715	1.581	0.00316	28.125	2131.117	0.02 %
2001	2100	21.172	43.413	14.528	0.00681	176.048	2109.945	0.99 %
2101	2200	18.104	38.933	9.735	0.01017	96.533	2091.841	0.85 %
2201	2300	29.456	66.291	9.185	0.01078	88.465	2062.385	1.38 %
2301	2400	37.54	88.238	5.533	0.01789	41.367	2024.845	1.76 %
2401	2500	45.537	111.588	11.162	0.00887	118.517	1979.308	2.14 %
2501	2600	64.964	165.691	8.918	0.0111	84.646	1914.344	3.05 %
2601	2700	131.467	348.453	15.416	0.00642	192.4	1782.877	6.17 %
2701	2800	133.775	367.948	3.868	0.02559	24.18	1649.102	6.28 %
2801	2900	165.234	471	3.662	0.02703	22.274	1483.868	7.75 %
2901	3000	157.389	464.376	3.381	0.02928	19.759	1326.479	7.38 %
3001	3100	156.509	477.431	2.223	0.04453	10.534	1169.97	7.34 %
3101	3200	151.418	477.042	1.46	0.06781	5.607	1018.552	7.10 %
3201	3300	141.242	459.107	2.951	0.03355	16.111	877.31	6.63 %
3301	3400	138.222	463.113	2.097	0.04721	9.651	739.088	6.49 %
3401	3500	120.089	414.367	1.95	0.05077	8.654	618.999	5.63 %
3501	3600	129	458.014	1.069	0.09261	3.513	489.999	6.05 %
3601	3700	124.382	454.056	3.057	0.03238	16.989	365.617	5.84 %
3701	3800	107.069	401.562	1.637	0.06048	6.656	258.548	5.02 %
3801	3900	111.727	430.205	1.124	0.08808	3.787	146.821	5.24 %
3901	4000	98.322	388.421	1.732	0.05716	7.244	48.499	4.61 %
4001	4100	42.864	173.621	0.385	0.25714	0.759	5.635	2.01 %
4101	4200	5.566	23.102	0	0	0	0.069	0.26 %
4201	4232	0.069	0.291	0	0	0	0	0.00 %
<b>Totales</b>	<b>:</b>	2131.475	6786.978	106.654		981.819		



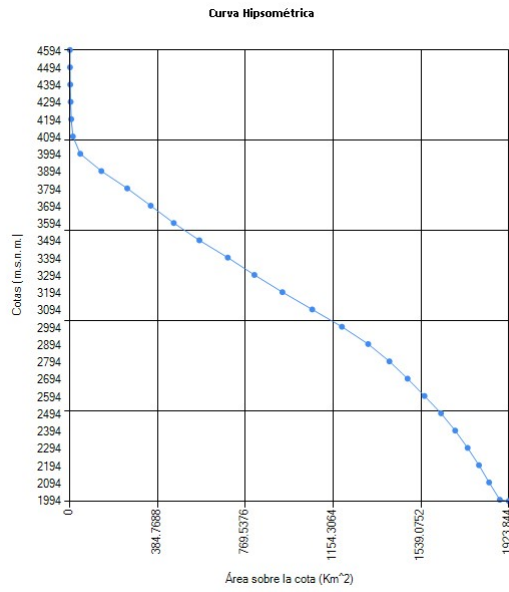
**Cuadro 48:** Tabla de áreas - Cuenca Cajamarquino

<b>Cota inf.</b>	<b>Cota sup.</b>	<b>Área parcial (<math>Km^2</math>)</b>	<b>Área parcial (%)</b>
1995	2000	0.358	0.017
2001	2100	21.172	0.993
2101	2200	18.104	0.849
2201	2300	29.456	1.382
2301	2400	37.54	1.761
2401	2500	45.537	2.136
2501	2600	64.964	3.048
2601	2700	131.467	6.168
2701	2800	133.775	6.276
2801	2900	165.234	7.752
2901	3000	157.389	7.384
3001	3100	156.509	7.343
3101	3200	151.418	7.104
3201	3300	141.242	6.626
3301	3400	138.222	6.485
3401	3500	120.089	5.634
3501	3600	129	6.052
3601	3700	124.382	5.835
3701	3800	107.069	5.023
3801	3900	111.727	5.242
3901	4000	98.322	4.613
4001	4100	42.864	2.011
4101	4200	5.566	0.261
4201	4232	0.069	0.003
<b>Suma</b>	<b>:</b>	<b>2131.475</b>	

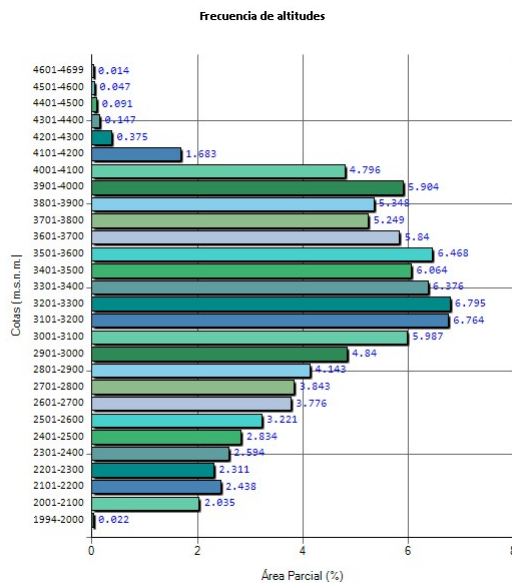
**Cuadro 49:** Tabla de ríos - Cuenca Cajamarquino

Orden de río	Número de ríos	Longitud (Km)	Longitud prom. (Km)	$n(i)/n(i+1)$	$l(i)/l(i+1)$
1	5582	2197.238	0.394	2.173	0
2	2569	1048.057	0.408	1.668	1.036
3	1540	625.625	0.406	2.295	0.995
4	671	263.045	0.392	2.052	0.966
5	327	110.966	0.339	2.019	0.865
6	162	54.598	0.337	0.743	0.994
7	218	62.148	0.285	0	0.846
Totales :	11069	4361.677	Re :	1.825	0.95

- Cuenca del río Condebamba



**Figura 58:** Curvas hipsométrica, cuenca Cajamarquino



**Figura 59:** Frecuencia de altitudes, cuenca Cajamarquino

**Cuadro 50:** Curvas de nivel - Cuenca Condebamba

<b>Cota de curva</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Longitud (Km)</b>
<b>2000</b>	3636.115	3.636
<b>2100</b>	52202.543	52.203
<b>2200</b>	89915.563	89.916
<b>2300</b>	131926.479	131.926
<b>2400</b>	160093.959	160.094
<b>2500</b>	188246.197	188.246
<b>2600</b>	217292.396	217.292
<b>2700</b>	223760.915	223.761
<b>2800</b>	258699.613	258.7
<b>2900</b>	300881.067	300.881
<b>3000</b>	350626.393	350.626
<b>3100</b>	384542.529	384.543
<b>3200</b>	418773.565	418.774
<b>3300</b>	420927.482	420.927
<b>3400</b>	382654.283	382.654
<b>3500</b>	381962.6	381.963
<b>3600</b>	369179.026	369.179
<b>3700</b>	336208.003	336.208
<b>3800</b>	304530.81	304.531
<b>3900</b>	337638.18	337.638
<b>4000</b>	340853.952	340.854
<b>4100</b>	215946.13	215.946
<b>4200</b>	62572.322	62.572
<b>4300</b>	17909.687	17.91
<b>4400</b>	11723.975	11.724
<b>4500</b>	8744.836	8.745
<b>4600</b>	2490.932	2.491
<b>Suma</b>	:	5973.94

**Cuadro 51:** Tabla del cauce principal - Cuenca Condebamba

Cota inf.	Cota sup.	Área parcial $Km^2$	$h(i)*A(i)$	L(i)	S(i)	$L_i^2/S_i^{(0.5)}$	Área sobre la cota	% del total
1994	2000	0.418	0.835	2.866	0.00209	62.691	1923.844	0.02 %
2001	2100	39.153	80.283	17.143	0.00577	225.683	1884.691	2.04 %
2101	2200	46.904	100.867	8.391	0.0118	77.245	1837.787	2.44 %
2201	2300	44.466	100.071	7.128	0.01389	60.481	1793.321	2.31 %
2301	2400	49.906	117.304	4.814	0.02057	33.565	1743.415	2.59 %
2401	2500	54.53	133.626	2.81	0.03523	14.971	1688.885	2.83 %
2501	2600	61.983	158.088	2.593	0.03818	13.27	1626.902	3.22 %
2601	2700	72.655	192.572	4.769	0.02076	33.099	1554.247	3.78 %
2701	2800	73.941	203.375	4.495	0.02202	30.292	1480.306	3.84 %
2801	2900	79.725	227.256	3.491	0.02836	20.73	1400.581	4.14 %
2901	3000	93.125	274.765	3.554	0.02786	21.293	1307.456	4.84 %
3001	3100	115.212	351.454	4.064	0.02436	26.038	1192.244	5.99 %
3101	3200	130.152	410.044	1.698	0.0583	7.032	1062.092	6.76 %
3201	3300	130.746	424.99	7.385	0.01341	63.773	931.346	6.80 %
3301	3400	122.684	411.053	3.324	0.02978	19.262	808.662	6.38 %
3401	3500	116.69	402.639	5.731	0.01727	43.61	691.972	6.06 %
3501	3600	124.466	441.917	3.384	0.02926	19.783	567.506	6.47 %
3601	3700	112.376	410.229	1.468	0.06744	5.653	455.13	5.84 %
3701	3800	100.999	378.797	1.072	0.09235	3.528	354.131	5.25 %
3801	3900	102.908	396.247	1.025	0.09659	3.298	251.223	5.35 %
3901	4000	113.609	448.812	1.431	0.06918	5.441	137.614	5.90 %
4001	4100	92.285	373.8	1.305	0.07586	4.738	45.329	4.80 %
4101	4200	32.384	134.41	0.594	0.16667	1.455	12.945	1.68 %
4201	4300	7.207	30.633	0.187	0.52941	0.257	5.738	0.38 %
4301	4400	2.835	12.334	0	0	0	2.903	0.15 %
4401	4500	1.743	7.757	0	0	0	1.16	0.09 %
4501	4600	0.898	4.086	0	0	0	0.262	0.05 %
4601	4699	0.262	1.218	0	0	0	0	0.01 %
<b>Totales</b>	<b>:</b>	1924.262	6229.462	94.722		797.188		

**Cuadro 52:** Tabla de áreas - Cuenca Condebamba

<b>Cota inf.</b>	<b>Cota sup.</b>	<b>Área parcial (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área parcial (%)</b>
<b>1994</b>	<b>2000</b>	0.418	0.022
<b>2001</b>	<b>2100</b>	39.153	2.035
<b>2101</b>	<b>2200</b>	46.904	2.438
<b>2201</b>	<b>2300</b>	44.466	2.311
<b>2301</b>	<b>2400</b>	49.906	2.594
<b>2401</b>	<b>2500</b>	54.53	2.834
<b>2501</b>	<b>2600</b>	61.983	3.221
<b>2601</b>	<b>2700</b>	72.655	3.776
<b>2701</b>	<b>2800</b>	73.941	3.843
<b>2801</b>	<b>2900</b>	79.725	4.143
<b>2901</b>	<b>3000</b>	93.125	4.84
<b>3001</b>	<b>3100</b>	115.212	5.987
<b>3101</b>	<b>3200</b>	130.152	6.764
<b>3201</b>	<b>3300</b>	130.746	6.795
<b>3301</b>	<b>3400</b>	122.684	6.376
<b>3401</b>	<b>3500</b>	116.69	6.064
<b>3501</b>	<b>3600</b>	124.466	6.468
<b>3601</b>	<b>3700</b>	112.376	5.84
<b>3701</b>	<b>3800</b>	100.999	5.249
<b>3801</b>	<b>3900</b>	102.908	5.348
<b>3901</b>	<b>4000</b>	113.609	5.904
<b>4001</b>	<b>4100</b>	92.285	4.796
<b>4101</b>	<b>4200</b>	32.384	1.683
<b>4201</b>	<b>4300</b>	7.207	0.375
<b>4301</b>	<b>4400</b>	2.835	0.147
<b>4401</b>	<b>4500</b>	1.743	0.091
<b>4501</b>	<b>4600</b>	0.898	0.047
<b>4601</b>	<b>4699</b>	0.262	0.014
<b>Suma</b>	<b>:</b>	1924.262	

**Cuadro 53:** Tabla de ríos - Cuenca Cajamarquino

Orden de río	Número de ríos	Longitud (Km)	Longitud prom. (Km)	$n(i)/n(i+1)$	$l(i)/l(i+1)$
1	5411	2083.436	0.385	2.177	0
2	2485	958.444	0.386	1.937	1.003
3	1283	475.392	0.371	1.602	0.961
4	801	273.734	0.342	1.93	0.922
5	415	122.669	0.296	2.785	0.865
6	149	40.842	0.274	1.014	0.926
7	147	48.187	0.328	0	1.197
Totales :	10691	4002.704	Re :	1.908	0.979

## **B. Información hidrometeorológica**



**Cuadro 54:** Estación Augusto Weberbauer, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>AUGUSTO WEBERBAUER</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°10'2.98"</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°29'35.14"</b>				
Dist.	:	<b>Cajamarca</b>					Elev.	:	<b>2673 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>			91.0	78.1	10.4	0.0	6.2	0.0	49.2	83.6	66.0	67.9	
<b>1966</b>	62.7	45.9	54.5	47.9	40.0	0.0	0.0	0.7	13.1	76.8	62.7	18.7	
<b>1967</b>	120.9	139.5	109.1	32.3	44.1	10.3		5.8	24.9	101.0	17.8	36.7	
<b>1968</b>	58.0	81.0	67.7	26.2	14.9	1.6	1.6	16.2	50.0	66.4	54.6	70.8	
<b>1969</b>	42.0	73.7	83.5	85.7	1.5	19.6	0.3		18.4		106.4	162.0	
<b>1970</b>	71.0	41.8	79.9	54.5	33.8	19.9	3.2	2.5	18.2	103.0	51.4	54.1	
<b>1971</b>	58.4	97.8		54.7	8.0	12.2	17.6	17.2	28.1	89.8	45.8	66.5	
<b>1972</b>	55.5	67.6	113.8	76.2	18.1	4.4	3.4	20.6		31.4	66.5	50.2	
<b>1973</b>	95.4	70.8	92.5	101.6	23.8	28.7	8.5	19.4		67.0	65.5	75.0	
<b>1974</b>	61.6	140.0	89.1	59.0	4.6	17.3	6.5	27.3	38.7	70.7	55.1	76.8	
<b>1975</b>	95.6	156.5	202.0	68.8	66.8	10.0	7.2	19.3	45.1	80.2	65.1	0.9	
<b>1976</b>	130.4	62.9	81.3	34.5	43.0	23.0	0.1	4.4	12.3	32.2	71.6	44.4	
<b>1977</b>	129.9	146.4	141.9	42.6	25.5	8.0	7.5	0.1	16.1	53.4	54.8	68.2	
<b>1978</b>	12.7	34.4	48.8	37.0	65.6	3.9	4.4	3.8	25.0	24.4	54.0	44.8	
<b>1979</b>	84.1	81.6	159.7	37.1	16.3	1.8	7.5	15.7	33.6	24.4	26.3	46.6	
<b>1980</b>	34.9	42.4	65.0	29.3	6.9	15.1	3.2	6.7	2.3	130.4	111.0	106.7	
<b>1981</b>	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22.0	111.9	45.6	111.3	
<b>1982</b>	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4	
<b>1983</b>	116.6	75.7	152.8	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4	
<b>1984</b>	24.7		123.8	80.0	69.5	25.1		18.7	36.7	68.6	97.6	104.1	
<b>1985</b>	24.6	42.4	37.2	41.9	53.0	0.4	4.8	18.3	37.3	50.0	23.9	40.3	
<b>1986</b>	84.4	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.3	43.6	66.2	51.8	
<b>1987</b>	98.2	95.2	39.2	52.2	9.1	4.0	10.8	12.3	39.5	37.2	74.3	61.5	
<b>1988</b>	109.7	105.5	44.8	95.6	10.6	5.4	0.0	0.4	32.9	69.4	65.2	63.4	
<b>1989</b>	87.0	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	5.9	53.5	106.6	47.1	2.7	
<b>1990</b>	101.8	68.5	58.3	27.4	39.5	24.6	0.8	7.1	20.1	87.6	99.1	72.3	
<b>1991</b>	43.8	90.0	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9	
<b>1992</b>	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10.0	40.8	64.0	32.0	34.1	
<b>1993</b>	61.0	112.2	245.0	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1	
<b>1994</b>	116.9	103.1	170.2		35.3	3.3	0.0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6	
<b>1995</b>	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4	
<b>1996</b>	65.2	124.0	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1	
<b>1997</b>	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.4	50.8	119.9	129.4	
<b>1998</b>	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9	
<b>1999</b>	94.8		69.5	65.0	53.7	22.8		1.2		21.7	77.0	68.8	
<b>2000</b>	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3	
<b>2001</b>		100.8	230.2	57.2	48.1	2.4	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9	
<b>2002</b>	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1	
<b>2003</b>	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7	
<b>2004</b>	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7	
<b>2005</b>	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8	
<b>2006</b>	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7	
<b>2007</b>	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	118.9	97.6	68.8	
<b>2008</b>	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.5	2.3	11.7	34.7	96.5	72.0		
<b>2009</b>		74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2	
<b>2010</b>	49.5	112.9	154.0	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	29.0	43.4	52.5	70.9	
<b>2011</b>	76.6	73.3	125.2	102.0	16.7	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7	
<b>2012</b>	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.2	0.0	2.5	19.1	83.2	120.3	58.3	
<b>2013</b>	61.5	98.0	213.6	73.8	62.6	7.5	5.7	8.9	3.7	110.7	17.0	51.9	
<b>2014</b>	74.7	62.4	143.2	78.8	26.9	5.0	2.0	3.9	27.7	26.3	45.7	114.9	
<b>2015</b>		55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	45.7	114.9	
<b>2016</b>		55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5	
<b>2017</b>	69.2	61.6	125.3	70.2	41.9	10.5	1.7	18.9	17.7	60.3	57.2	149.1	
Media	73.9	90.5	118.9	65.8	30.7	9.5	4.8	8.3	26.6	64.8	64.3	75.0	
Mediana	71.4	85.8	113.7	64.0	26.9	7.5	3.3	6.0	26.2	66.7	63.8	71.4	
Desv.	31.0	39.5	56.4	24.3	19.4	8.4	4.5	7.7	14.1	32.3	27.0	34.5	
Co. Var.	0.42	0.44	0.47	0.37	0.63	0.88	0.93	0.93	0.53	0.50	0.42	0.46	
Sesgo	0.33	0.41	0.62	0.25	0.71	0.67	1.00	0.86	0.32	0.10	0.29	0.26	
Curtosis	-0.14	-0.53	-0.20	-0.82	-0.27	-0.85	0.23	-0.04	-0.71	-0.97	-0.58	0.05	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 55:** Estación Augusto Weberbauer, temperatura en °C.

ESTACIÓN	:	<b>AUGUSTO WEBERBAUER</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Temperatura promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>grados centígrados - °C</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°10'2.98''</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°29'35.14''</b>				
Dist.	:	<b>Cajamarca</b>					Elev.	:	<b>2673 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>			14.7		14.6	15.7	14.4	15.2	16.1	16.2	15.7	16.2	
<b>1966</b>	16.4	16.4	16.0	16.9	15.9	14.7	16.0	16.3	16.4	15.8	15.9	15.2	
<b>1967</b>	15.3	15.5	15.4	15.6	15.1	15.2	15.0	15.8	15.7	15.8	16.9	17.6	
<b>1968</b>	16.2	16.3	15.2	15.8	15.2	14.9	14.7	16.1	16.4	16.2	16.3	17.0	
<b>1969</b>	17.2	16.5	16.7	16.6	15.6	15.8	15.4		16.4		16.4	16.2	
<b>1970</b>	16.2	16.9	16.6		16.0	14.8	14.7	15.5	15.5	16.5	15.7	16.2	
<b>1971</b>	16.7	15.2	15.2	15.2	15.3	15.2	14.7	14.9		15.4		15.6	
<b>1972</b>	15.4	16.1	15.5	15.5	15.7	15.3	16.7	16.1		16.4	16.4	17.0	
<b>1973</b>	16.8	16.2	16.4	16.3	15.5	16.0	15.2	16.2	15.3	15.6	16.0		
<b>1974</b>	15.5	15.3	15.3	16.2	15.4	14.8	14.9	15.4	15.4	16.0	16.2	15.4	
<b>1975</b>	15.7	15.1	14.8	15.3			13.6		15.1	15.4	15.9	16.1	
<b>1976</b>	15.9	15.6	16.1	16.2	15.9	15.3	15.4	15.5	16.9	17.1	16.8	16.9	
<b>1977</b>	16.7	15.8	16.9	16.3	15.8	15.9	15.8	16.4	16.4	17.1	16.3	16.9	
<b>1978</b>	17.4	17.4	17.1	16.5	16.1	15.2	14.9	16.0	16.2	17.0	17.4	17.4	
<b>1979</b>	17.0	16.7	16.3	16.2	16.1	16.9	16.3	17.5	16.9	17.7	17.5	17.4	
<b>1980</b>	17.6	17.2	17.5	17.3	16.5	17.2	17.0	16.6	17.4	16.5	16.5	16.5	
<b>1981</b>	16.2	16.7	16.1	17.1	16.2	16.7	15.9	16.4	15.9	16.7	16.9	17.1	
<b>1982</b>	16.8	16.8	16.7	16.3	16.6	16.2	16.5	16.3	16.7	16.1	16.6	16.8	
<b>1983</b>	17.6	17.7	17.1	16.9	17.3	16.6	16.2	15.9	16.8	16.4	16.9	16.2	
<b>1984</b>	15.8	15.4	16.2	16.2	15.6	15.6	14.2	15.2	16.4	16.4	16.0	16.4	
<b>1985</b>	15.9	16.0	17.0	16.2	16.4	16.8	15.9	16.0	16.8	16.8	17.3	17.7	
<b>1986</b>	17.1	16.7	17.0	16.8	16.8	16.2	14.9	17.5	16.9	17.3	17.7	17.6	
<b>1987</b>	17.5	17.5	17.4	17.0	16.7		17.4	16.1	17.3	17.4	17.7	18.0	
<b>1988</b>	17.0	17.4	16.9	17.0	17.0	16.1	17.1	15.8	16.5	16.4	16.6	16.6	
<b>1989</b>	16.5	15.9	16.0	16.7	15.8	15.9	15.7	16.3	16.7	16.3	17.7	18.0	
<b>1990</b>	18.0	17.1	17.3	16.9	16.6	17.1	16.9	16.4	17.7	16.8	17.1	17.1	
<b>1991</b>	16.8	17.2	17.4	17.0	17.1		17.0	17.5	17.6	17.2	17.4	17.7	
<b>1992</b>	17.7	18.1	18.3	17.5	17.0	17.0	15.1	16.6	16.5	16.4	17.1	17.9	
<b>1993</b>	17.3	16.6	16.0	16.4	17.1	16.4	16.3	17.2	16.5	16.6	16.5	16.9	
<b>1994</b>	16.4	16.4	16.7	16.2	16.5	16.0	16.2	16.2	17.3	16.9	16.8	17.1	
<b>1995</b>	17.7	16.7	16.6	17.2	17.0	16.4	15.8	16.6	16.7	17.0	17.4	17.1	
<b>1996</b>	16.1	16.4	16.6	16.5	16.0	16.1	17.4	16.1	17.1	16.8	16.9	17.2	
<b>1997</b>	16.3	16.5	17.3	16.9	16.8	16.5	16.4	17.0	17.6	18.0	17.2	17.5	
<b>1998</b>	18.1	18.4	17.7	18.0	17.8	16.3	15.8	16.3	17.2	17.2	17.5	17.3	
<b>1999</b>	16.4	15.9	16.3	16.2	16.0	16.2	15.3	15.7	16.2	16.4	16.6	16.7	
<b>2000</b>	16.5	15.6	15.8	16.3	16.2	16.2	15.9	15.4	16.3	17.4	16.9	16.3	
<b>2001</b>	15.7	16.5	16.4	16.3	16.2	15.5	17.1	16.6	16.4	17.7	17.0	17.1	
<b>2002</b>	17.0	17.1	16.6	16.6	16.3	15.7	16.5	16.4	16.8	16.5	16.9	17.5	
<b>2003</b>	17.5	17.3	16.5	17.2	16.9	16.1	15.9	17.2	17.8	17.7	17.4	16.9	
<b>2004</b>	18.2	16.8	17.3	16.9	17.1	15.9	15.7	16.6	16.3	16.8	17.1	17.0	
<b>2005</b>	17.2	17.5	17.2	17.1	16.5	15.5	17.0	17.3	17.2	16.9	17.3	16.9	
<b>2006</b>	17.1	16.9	16.4	16.4	16.6	16.4	15.2	16.3	16.7	17.7	17.0	17.2	
<b>2007</b>	17.6	16.9	16.7	16.4	17.0	15.3	15.9	16.4	15.6	16.5	16.7	16.4	
<b>2008</b>	16.5	16.1	15.9	16.3	15.8	16.0	15.4	16.1	16.7	16.3	16.7		
<b>2009</b>	16.4	16.5	16.6	16.4	16.7	15.8	16.6	17.7	17.5	17.3	17.4	17.5	
<b>2010</b>	17.8	18.0	17.8	17.8	17.2	16.4	16.7	17.3	16.8	16.6	16.9	16.2	
<b>2011</b>	16.6	16.5	16.2	16.6	16.9	16.1	15.7	16.7	16.1	16.8	17.2	16.5	
<b>2012</b>	16.8	16.7	16.9	16.5	16.3	15.4	17.6	17.3	16.3	16.7	17.0	17.3	
<b>2013</b>	17.5	17.4	16.8	17.7	16.9	16.7	16.4	16.8	17.7	16.9	17.1	17.3	
<b>2014</b>	17.5	17.7	16.7	16.7	17.0	16.3	16.8	16.8	16.8	17.3	17.8	17.4	
<b>2015</b>	17.0	17.4	17.2	16.8	16.8	17.0	16.6	17.4	17.1		15.9	16.7	
<b>2016</b>	17.1	17.1	16.6	16.0	15.5	14.1	13.7	14.5	15.2	15.7		15.8	
<b>2017</b>	15.7	15.7	15.7	15.5	15.1	14.2	13.6		15.2	15.6	15.8	15.8	
Media	16.8	16.6	16.5	16.6	16.3	15.9	15.8	16.3	16.6	16.7	16.8	16.9	
Mediana	16.8	16.7	16.6	16.5	16.4	16.0	15.9	16.3	16.7	16.7	16.9	17.0	
Desv.	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7	0.7	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	
Co. Var.	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	
Sesgo	-0.13	-0.01	-0.34	0.02	-0.31	-0.47	-0.41	-0.20	-0.33	-0.08	-0.35	-0.52	
Curtosis	-0.77	-0.43	0.12	0.30	-0.43	-0.04	-0.33	-0.12	-0.35	-0.39	-0.70	-0.17	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 56:** Estación Cachachi, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>CACHACHI</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°27'3.83"</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°16'6.78"</b>				
Dist.	:	<b>Cachachi</b>					Elev.	:	<b>3203 m.s.n.m.</b>				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>1965</b>								11.7	64.6	271.0	160.8	116.9	
<b>1966</b>	136.0	181.4	208.6	222.0	26.7	4.2	17.7	13.8	12.3	172.1	100.8	2.2	
<b>1967</b>	111.7			12.2	31.3	0.0	8.1	18.2	8.0	145.4	97.2	30.2	
<b>1968</b>	27.6	28.6	57.8		7.3	4.0	5.2	14.2	8.3	85.8	4.0	37.5	
<b>1969</b>	15.2	51.8	53.7				0.0		13.9			160.1	
<b>1970</b>	98.0	9.3	61.6	62.5			3.9	5.6	43.6	164.1	137.3		
<b>1971</b>	103.2	40.5	343.8	255.3	23.0	1.8	20.3	18.0	7.3	36.2	33.9	207.3	
<b>1972</b>		28.4	312.4	174.5	26.5	1.2	0.0	4.2		152.6	66.9	113.0	
<b>1973</b>		95.1	123.2	319.8	35.6	0.0	0.1			162.7	116.1	87.2	
<b>1974</b>	107.2	230.6	334.2	211.9		0.0	0.0	0.0	0.0	66.7	106.1	63.0	
<b>1975</b>		305.5		302.7	15.6	0.0	0.0	0.0	28.5	109.5	0.0	0.0	
<b>1976</b>	52.3	182.1	210.4	135.4		0.0	0.0	0.0	56.4	96.8	78.6	44.3	
<b>1977</b>	110.9		83.6	0.0		0.0	0.0	0.0	10.9	25.0	23.3	90.5	
<b>1978</b>	0.0	10.2	3.1	27.4	59.2	0.0	21.7	0.0	31.3	23.9	51.5	26.3	
<b>1979</b>	36.7	47.6	73.6				8.6	13.8	74.4	0.0	47.6	42.3	
<b>1980</b>	44.0	21.6	88.4	39.3	0.0	0.0	1.3	3.6	0.0	195.4		228.1	
<b>1981</b>	127.6	153.8	160.2	13.3	66.8		0.0	15.8	6.4	187.6	72.8	161.3	
<b>1982</b>	139.3	102.3	46.1	14.1	10.9	9.5	0.0	0.0	18.9	93.4	7.4	58.9	
<b>1983</b>	149.7	2.0	240.6	112.4	21.0	2.5	0.0	0.0	0.0	4.3	9.0	42.3	
<b>1984</b>			131.8	95.8	49.5	2.5	0.0	2.5	2.0	93.5	111.6	77.9	
<b>1985</b>	2.0	0.0	15.5	2.0	16.5	0.0	0.0	0.0	37.0	7.0	2.5	78.0	
<b>1986</b>	71.5	67.2	99.6	181.3	26.8	0.0	0.0	19.0	9.5	16.0	84.6	97.5	
<b>1987</b>	140.8	79.9	57.0	25.0	20.3	0.0	11.3	0.0	11.0	63.5	100.1	52.2	
<b>1988</b>	206.3	197.2	31.8	254.9	27.9	11.5	0.0	0.0	17.5	0.0	21.0	20.0	
<b>1989</b>	98.1	126.8	218.4	215.2	8.5	4.5	0.0	0.0	66.4	43.8	2.4	0.0	
<b>1990</b>		47.0	59.0	45.1	44.3		0.0	0.0	0.0	53.2	144.6	9.5	
<b>1991</b>	32.5	66.5	190.1	139.1	42.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	6.0	
<b>1992</b>	6.5	7.5	22.4	80.8	12.5	0.0	0.0	0.0	66.2	30.1	0.0	2.5	
<b>1993</b>	28.2	118.0	352.6	165.4	43.3	0.0	0.0	0.0	76.6	157.6	113.4	286.8	
<b>1994</b>	218.8	248.2	270.1	103.3	29.1	2.5	0.0	0.0	4.1	163.1	128.0	149.0	
<b>1995</b>	54.4	173.1	338.9	65.1	25.8	0.0	12.2	0.0	26.6	82.0	131.9	181.1	
<b>1996</b>	159.5	180.4	285.9	90.0	35.5	13.0	0.0			127.5	132.3	72.5	
<b>1997</b>	108.5	338.0	24.0	69.4	35.1	12.3	0.0	15.6	41.3	104.2	124.6	276.6	
<b>1998</b>	199.6	160.0	249.8	257.5	29.9	0.0	0.0	1.2	25.5	150.4	34.9	76.9	
<b>1999</b>	152.9	359.0	95.1	13.3	31.6		2.4	1.2		20.3	90.6	133.7	
<b>2000</b>	66.2	187.2	155.6	102.3	52.4	5.2	0.0	13.5	54.1	6.1	34.8	157.6	
<b>2001</b>	282.8	98.0	323.1	41.5	28.3	0.0	2.9	3.0	12.6	84.1	97.4	128.6	
<b>2002</b>	70.5	91.9	245.3	99.9	6.3	2.0		0.0	43.1	150.0	155.0	140.8	
<b>2003</b>	74.1	89.1	159.0	87.5	33.6	10.4	0.4	5.4	63.6	57.7	111.8	124.0	
<b>2004</b>	73.5	94.2	104.2	93.4	43.1	4.7	12.0		34.8	104.4	154.7	161.6	
<b>2005</b>	36.5	100.3	228.2	47.1	8.1	0.6	0.0	9.2	20.1	148.3	3.4	155.1	
<b>2006</b>	121.5	69.8	235.6	93.3	9.5	20.5	9.5	17.0	24.3	66.3	96.8	229.8	
<b>2007</b>	130.3	70.5	325.0	175.4	21.7	0.0	4.7	2.4	26.4	182.4	114.7	98.5	
<b>2008</b>	165.9	164.0	122.1	143.4	18.4	21.4	0.0	1.6	68.1	229.5	74.8	28.9	
<b>2009</b>		157.3	245.1	145.5	44.2	1.4	13.5	1.9	14.4	190.2		122.3	
<b>2010</b>	46.8	137.3	202.2	74.8	38.4	14.1	11.1	0.0	38.3	53.1	80.5	124.9	
<b>2011</b>	100.4	102.1	179.4	173.2	8.1	4.1		0.0	58.1	51.3	67.7	214.4	
<b>2012</b>	257.4	133.6	90.6	202.2	52.3	3.1	0.0	3.0	7.7	167.7	129.4	96.7	
<b>2013</b>	62.4	98.0	215.6			1.8	16.4	27.5					
<b>2014</b>	86.5	210.6	178.0	94.9	75.2	0.0	4.2	0.0	27.0	77.2	73.1	98.0	
<b>2015</b>	202.4	46.6	206.6	37.0	65.6	0.0	6.6	0.0	16.0	23.6	101.1	52.0	
<b>2016</b>	133.3	65.3	135.8	79.1	3.2	19.8	6.2	1.1	7.9	72.7	29.3	139.6	
<b>2017</b>	144.0	89.6	307.2	99.4	77.6		0.0	19.7		120.7	37.4		
Media	104.2	115.6	170.0	114.5	30.9	4.0	4.1	5.3	27.3	95.9	75.7	102.1	
Mediana	101.8	98.0	169.1	95.4	28.3	1.4	0.0	1.2	20.1	85.8	80.5	97.1	
Desv.	66.8	84.9	102.4	82.6	19.2	6.0	6.1	7.4	23.2	67.7	49.2	72.7	
Co. Var.	0.64	0.73	0.60	0.72	0.62	1.51	1.49	1.40	0.85	0.71	0.65	0.71	
Sesgo	0.61	1.00	0.16	0.70	0.63	1.74	1.45	1.26	0.71	0.39	-0.12	0.61	
Curtosis	0.13	0.91	-1.12	-0.23	-0.05	2.14	1.14	0.40	-0.74	-0.61	-1.22	-0.08	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 57:** Estación Cajabamba, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>CAJABAMBA</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°37'17.99"</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°3'4.71"</b>				
Dist.	:	<b>Cajabamba</b>					Elev.	:	<b>2625 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>			189.9	108.8	13.8	0.1	0.5	0.0	96.1	90.7		111.1	
<b>1966</b>													
<b>1967</b>	108.3	164.2	183.4	84.2	29.5	2.6	16.5	13.0	11.5	164.5	36.1	91.8	
<b>1968</b>							3.6	11.0	72.0			139.4	
<b>1969</b>	36.4	116.3	134.5	46.9	2.8	40.2	0.0	9.8	2.7	34.2	134.8	138.4	
<b>1970</b>	39.0	59.8	97.8	123.0	95.3	13.0	4.0	3.8	35.0	101.6	147.0	111.2	
<b>1971</b>	128.9	136.0	266.1	148.5	57.6	28.0	12.5	8.3	33.8	120.4	105.9	77.8	
<b>1972</b>	111.9	77.2	249.5	142.6	100.9	16.0		19.4	70.8	50.9	136.1	66.2	
<b>1973</b>	139.8	141.9	142.2	200.8	13.2	37.3		13.8	67.5	150.2	99.7	118.2	
<b>1974</b>	175.4	173.9	241.8	53.7	17.1		2.7	18.7	55.8	118.3	69.4	43.3	
<b>1975</b>	91.8	282.4	232.9	125.9	58.5	32.8		27.8	37.4	101.8	70.2	75.0	
<b>1976</b>	163.2	113.3	185.1	75.2	55.8	9.5	0.0	10.3	10.1	62.3	27.1	81.1	
<b>1977</b>	169.4	165.0	146.4	72.1	4.6	33.5	28.8	3.6	35.5	85.9	142.7	140.8	
<b>1978</b>	42.2	92.8	62.4	92.7	84.9	1.8		0.0	32.4	61.6	102.8	92.2	
<b>1979</b>	70.7	116.2		47.0	27.1	0.0	10.7	27.0	103.7	5.5	48.4	53.6	
<b>1980</b>	40.1	21.8	44.6	6.8	2.0	0.0	0.0	0.0	3.5	77.0		61.4	
<b>1981</b>	63.6		60.2	35.7	5.0	7.2	0.0	0.0	0.0				
<b>1982</b>													
<b>1983</b>													
<b>1984</b>										62.3	110.1	103.9	
<b>1985</b>	66.9	49.7	85.7	45.7	28.9	0.5	5.3	8.4	54.1	117.8	74.5	159.7	
<b>1986</b>	148.4	117.4	112.7	166.2	27.9	5.5	8.2	24.3	5.6	102.6	121.8	135.7	
<b>1987</b>	247.1	125.5	77.2	106.1	45.6	10.0	12.2	23.0	68.0	67.9	119.1	92.8	
<b>1988</b>	170.2	256.3	86.5	194.5	16.0	12.0	4.5	3.0	31.2	103.1	96.4	107.5	
<b>1989</b>	188.0	187.9	175.7	154.5	16.6	15.2	0.0	2.6	98.9	162.2	38.5	0.0	
<b>1990</b>	232.5	144.8	75.5	95.6	25.3	27.8	1.5	1.2	11.7	202.0	181.7	100.0	
<b>1991</b>	77.9	93.6	176.0	70.0	19.0	6.0	3.5	0.0	20.5	56.8	156.0	81.5	
<b>1992</b>	55.4	70.2	65.9	59.5	12.0	20.5	1.5	10.5	79.7	162.0	65.5	74.0	
<b>1993</b>	87.0	230.0	309.0	216.5	66.8	0.5	5.2		67.6	166.6	173.0		
<b>1994</b>	195.0	248.2	182.8	162.6	62.9	4.5	8.6	1.0	19.1	106.1	116.4	135.1	
<b>1995</b>	46.9	156.7	155.6	71.2	65.6	3.7	16.5	1.0	35.2	127.8	80.0		
<b>1996</b>	121.6	233.2	162.8	151.6	43.1	11.8	0.0	9.5	28.8	151.1	67.6	75.1	
<b>1997</b>	59.9	148.4	84.8	58.8	25.1	21.9	0.0	21.2	39.0	93.8	148.2	184.7	
<b>1998</b>	261.2	262.8	296.3	151.3	22.6	2.7	0.0	7.6	48.6	120.5	64.5	87.1	
<b>1999</b>	187.3		98.7	73.2	50.6	38.7	14.3	3.1	92.5	21.9	95.3	123.1	
<b>2000</b>	92.3	228.9	186.0	98.8	37.4	14.9	2.3	7.7	65.6	14.8	40.0	141.5	
<b>2001</b>	193.0	127.0	244.2	42.0	46.5	2.6	5.1	0.0	33.9	95.8	169.4	192.9	
<b>2002</b>	73.1	94.4	329.5	108.4	19.7	4.7	13.5	0.0	57.6	124.5	144.2	176.1	
<b>2003</b>	84.9	92.1	137.4	78.6	23.2	17.5	7.9	0.0	50.8	100.8	140.7	139.0	
<b>2004</b>	100.1	76.4	75.3	75.1	41.3	3.1		4.7	79.7	128.7	158.6	145.9	
<b>2005</b>	120.0	135.0	172.6	70.0	11.1	4.7	1.4	11.7	10.8	149.9	22.7	172.5	
<b>2006</b>	84.7	137.8	276.4	98.9	8.0	22.8	4.4	23.0	60.7	74.3	101.5	140.6	
<b>2007</b>	106.0	58.4	319.2	155.9	44.8	0.0	7.2	1.3	28.5	170.8	85.6	108.1	
<b>2008</b>	155.2	134.6	144.5	125.4	35.4	25.2	9.8	4.8	65.0	167.6	87.5	36.6	
<b>2009</b>	228.3	102.2	220.4	199.5	118.6	16.2							
<b>2010</b>	56.6	124.6	126.4	118.8	63.8	6.6	1.1	5.4	21.8	51.0	85.0	111.2	
<b>2011</b>	75.0	107.6	140.6	170.1	7.7	3.7	11.2	6.4	63.5	101.7	85.7		
<b>2012</b>	244.6	189.4	103.9	144.7	40.2	4.1	0.0	1.6	1.5	153.3	107.0	79.1	
<b>2013</b>	77.8	128.0	278.5	136.9	63.4		16.9	24.7	3.0	174.9			
<b>2014</b>	108.7	199.6	178.3	105.5	76.2	0.0	10.8	0.7	41.3	68.8	102.8	157.9	
<b>2015</b>	180.5	64.2	212.9	63.5	68.3	1.0	2.0	0.0	10.8	33.9	96.6	31.3	
<b>2016</b>	153.8	149.4	117.0	44.3	12.4	10.4	0.0	3.1	11.6	67.6	14.5	189.7	
<b>2017</b>	104.1	134.6	173.9	93.8		17.0	0.0	17.2	26.5	127.3	28.4		
Media	122.7	139.3	166.4	105.7	38.6	12.1	5.9	8.4	41.7	103.3	97.7	108.9	
Mediana	108.3	134.6	162.8	98.9	29.5	8.4	4.0	5.4	35.4	101.8	98.2	108.1	
Desv.	62.3	61.2	76.3	49.8	28.1	11.7	6.4	8.6	28.9	47.3	43.7	44.9	
Co. Var.	0.51	0.44	0.46	0.47	0.73	0.97	1.09	1.02	0.69	0.46	0.45	0.41	
Sesgo	0.58	0.56	0.44	0.36	0.86	0.97	1.38	0.91	0.38	-0.07	-0.04	-0.11	
Curtosis	-0.65	-0.12	-0.66	-0.60	0.27	-0.07	2.27	-0.38	-0.79	-0.67	-0.73	-0.31	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 58:** Estación Cajabamba, temperatura en °C.

ESTACIÓN	:	<b>CAJABAMBA</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Temperatura promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>grados centígrados - °C</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	7°37'17.99"				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	78°3'4.71"				
Dist.	:	<b>Cajabamba</b>					Elev.	:	<b>2625 m.s.n.m.</b>				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>1965</b>			15.0	14.2	13.6	13.0	12.7	13.3	13.7	13.9		13.9	
<b>1966</b>													
<b>1967</b>	15.5	14.8		15.0	15.0	14.3	13.9	14.1	14.5	15.0	14.8	15.6	
<b>1968</b>							14.0	14.6	15.3			15.0	
<b>1969</b>	15.6	15.5	15.7	15.8	15.6	15.3	13.8	13.8	13.7	13.5	14.2	14.0	
<b>1970</b>	14.3	14.5	14.1	14.7	13.8	12.7	12.4	13.1	13.4	14.4		14.4	
<b>1971</b>	14.1	12.8		13.9	13.1	13.2	12.9	13.6	13.9	14.1	14.3	13.9	
<b>1972</b>	14.3	14.3	14.0	14.1	14.1	13.6	13.3	14.1	14.7	15.6	15.5	16.1	
<b>1973</b>	15.9	15.4	15.4	15.3	14.8	14.4	13.9	14.2	14.0	14.8	15.4	14.2	
<b>1974</b>	14.2	14.1	14.7	14.8	14.3	14.3	13.0	14.2	14.0	14.7	15.7	15.6	
<b>1975</b>	14.7	14.6	15.1	15.3	14.7	14.0	13.0	13.6	14.9	15.7	15.2	14.7	
<b>1976</b>	14.9	14.4	14.1	14.5	14.9	14.0	13.2	14.0	15.6	16.1	15.4	15.7	
<b>1977</b>	15.2	14.8	15.4	14.8	14.4	14.2	14.1	14.3	14.7	15.5	15.5	16.0	
<b>1978</b>	16.0	15.3	14.9	15.2	14.3	13.1	14.0	13.4	15.4	15.1	15.6	15.3	
<b>1979</b>	15.5	15.1		14.7	14.5	14.6	14.4	14.3	14.4	15.3	15.8	14.4	
<b>1980</b>	14.6	13.4						15.3					
<b>1981</b>													
<b>1982</b>													
<b>1983</b>													
<b>1984</b>										15.4	15.3	16.6	
<b>1985</b>	16.1	15.7	15.5	15.7	15.0	14.3	13.9	15.0	16.1	16.0	15.8	16.4	
<b>1986</b>	16.3	15.9	15.8	16.5	16.0	15.0	14.1	16.1	16.5	17.1	16.5	17.1	
<b>1987</b>	16.7	16.6	17.0	17.1	16.2	15.9	16.0	16.2	16.8	17.7	16.9	18.1	
<b>1988</b>	16.9	16.6	17.3	16.3	16.0	15.2	15.4	15.7	16.7	16.7	16.3	15.5	
<b>1989</b>	16.3	16.8	15.8	15.5	14.7	14.8	14.5	15.4	16.1	16.5	16.6	16.3	
<b>1990</b>	16.0	15.6	16.3	16.8	15.4	15.0	14.4	14.3	16.5	16.8	17.0	16.4	
<b>1991</b>	16.1	16.1	16.3	16.2	15.7	15.9	14.4	15.2	16.6	16.5	16.7	17.3	
<b>1992</b>	17.1	17.4	17.1	17.1	17.0	14.8	14.2	15.3	16.8	16.4	16.7	16.5	
<b>1993</b>	16.4	14.9	14.8	16.2			15.4	14.5	15.7	16.5	15.7	16.4	
<b>1994</b>	16.1	15.3	15.9	15.9	15.8	14.9	15.4	16.2	17.2	16.1	15.2	15.6	
<b>1995</b>	17.1	16.0	16.2	16.2	15.7	16.4	16.7	17.1	17.1	17.3	16.8	16.3	
<b>1996</b>	15.7	15.6	16.0	15.6	15.4	15.0	14.7	15.2	16.7	16.8	15.9	16.3	
<b>1997</b>	15.7	16.0	16.1	16.0	16.3	15.3	15.4	15.9	17.4	17.9	17.0	16.9	
<b>1998</b>	17.1	17.6	17.4	17.7	16.7	15.8	15.6	16.3	16.8	17.1	16.6	17.0	
<b>1999</b>	16.2	15.5	16.0	16.6	16.0	16.1	15.1	15.9	16.5	16.6	17.2	16.5	
<b>2000</b>	16.6	15.4	15.8	15.8	16.1	15.9	15.5	16.1	16.3	17.0	16.5	16.5	
<b>2001</b>	15.6	16.1	15.8	16.3	16.1	15.3	16.0	16.1	17.1	17.9	16.9	17.5	
<b>2002</b>	16.9	16.9	16.5	16.3	16.6	15.7	16.1	16.2	17.6	17.0	16.8	17.3	
<b>2003</b>	17.5	17.3	16.5	17.2	16.7	16.0	15.5	16.4	17.2	17.7	16.9	16.7	
<b>2004</b>	16.9	17.0	17.2	16.6	17.0	15.3	15.9	16.0	16.5	17.3	16.8	17.2	
<b>2005</b>	17.0	17.9	16.6	17.1	16.2	16.8	15.8	16.5	17.2	16.9	16.8	16.2	
<b>2006</b>	16.9	17.2	16.3	16.3	16.0	15.7	15.6	16.5	17.2	17.6	16.8	17.0	
<b>2007</b>	17.8	16.7	16.6	16.2	16.7	15.8	16.2	16.4	16.1	16.4	16.6	16.6	
<b>2008</b>	16.2	16.2	15.6	16.0	16.1	15.7	15.6	16.7	16.6	16.5	16.3	16.8	
<b>2009</b>	16.2	16.2	16.1	16.1	16.7	16.0	15.7	16.8	17.2	17.4	16.6	16.9	
<b>2010</b>	17.5	17.8	17.6	17.5	16.8	16.2	16.5	16.4	17.2	17.0	16.8	16.1	
<b>2011</b>	16.3	16.0	15.3	15.9	16.1	16.0	15.8	16.6	16.5	16.1	17.1	16.5	
<b>2012</b>	16.3	15.8	16.6	16.2	16.2	15.4	15.7	16.2	16.8	17.1	17.3	17.0	
<b>2013</b>	18.1	17.0	16.8	17.1	16.7	16.1	15.5	16.5	17.5	17.3	17.3	17.4	
<b>2014</b>	17.5	17.4	16.7	17.1	17.1	16.5	16.4	16.3	17.5	17.8	17.5	17.7	
<b>2015</b>	17.3	17.6	17.3	17.1	16.9	16.3	16.6	17.1	18.6	18.8	18.1	18.8	
<b>2016</b>		18.7	18.3	18.1	18.0	16.3	16.5	17.3	18.1	19.4	18.7	17.6	
<b>2017</b>	17.0	17.4	16.6	17.0	16.5	16.4	15.9	17.0	17.8	18.0	18.1	17.4	
Media	16.2	16.0	16.0	16.0	15.7	15.2	14.9	15.4	16.2	16.5	16.4	16.3	
Mediana	16.2	16.0	16.1	16.2	16.0	15.3	15.4	15.9	16.5	16.6	16.6	16.5	
Desv.	1.0	1.3	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2	1.2	1.3	1.3	1.0	1.1	
Co. Var.	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.07	
Sesgo	-0.40	-0.22	-0.16	-0.26	-0.48	-0.70	-0.42	-0.40	-0.63	-0.33	-0.16	-0.49	
Curiosis	-0.37	-0.11	-0.06	-0.43	-0.28	-0.27	-0.92	-1.13	-0.53	0.09	0.20	0.00	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 59:** Estación Encañada, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>ENCAÑADA</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°7'23.78"</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°19'59.3"</b>				
Dist.	:	<b>Encañada</b>					Elev.	:	<b>2980 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>													
<b>1966</b>													
<b>1967</b>													
<b>1968</b>													
<b>1969</b>													
<b>1970</b>													
<b>1971</b>													
<b>1972</b>													
<b>1973</b>													
<b>1974</b>													
<b>1975</b>													
<b>1976</b>													
<b>1977</b>													
<b>1978</b>													
<b>1979</b>													
<b>1980</b>													
<b>1981</b>													
<b>1982</b>													
<b>1983</b>													
<b>1984</b>													
<b>1985</b>													
<b>1986</b>													
<b>1987</b>													
<b>1988</b>													
<b>1989</b>													
<b>1990</b>													
<b>1991</b>													
<b>1992</b>													
<b>1993</b>													
<b>1994</b>													
<b>1995</b>													
<b>1996</b>													
<b>1997</b>													
<b>1998</b>	102.1	196.0	223.3	181.7	71.5	6.2	0.5	8.4	36.3	132.7	40.4	86.6	
<b>1999</b>	115.3		108.7	99.7	102.8		11.0	9.3		30.3	125.3	143.4	
<b>2000</b>	46.9	155.9	184.7	106.7	89.7	18.2	0.9	20.0	88.1	4.7	50.4	117.4	
<b>2001</b>		72.4	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4	
<b>2002</b>	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	28.8	159.2			
<b>2003</b>	33.1	80.6	145.5	93.0	37.8	38.3	0.0	9.9	41.9	93.8	124.4	85.0	
<b>2004</b>	95.4	72.5	54.6	91.1	39.8	5.8	21.7	0.5	44.2	173.2	108.5	171.2	
<b>2005</b>	119.6	107.1	260.8	51.2	42.0	12.4	1.2	7.0	13.4	205.5		145.4	
<b>2006</b>	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8		11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7	
<b>2007</b>	93.1	44.8	259.4	140.5	70.9	0.0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9	
<b>2008</b>	104.1	149.0	175.9	151.5	44.0	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7	
<b>2009</b>		70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90.0	115.3	66.6	
<b>2010</b>	70.0	94.8	184.3	123.0	39.8	11.8	7.7	0.0	35.7	100.0	98.9	94.0	
<b>2011</b>	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0.0	51.2	52.1	93.8	149.5	
<b>2012</b>	166.1	101.5	108.0	108.3	59.7	10.6	0.0	7.7	1.5	169.6	152.8	56.0	
<b>2013</b>	72.7	96.9	181.5	39.4		11.2	3.6	19.1	0.0				
<b>2014</b>	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0.0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9	
<b>2015</b>		71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0.0	3.0	27.8	170.5	23.2	
<b>2016</b>	82.6	197.6	126.6	174.3	89.5		10.4	11.5	75.4	141.3	90.5	195.1	
<b>2017</b>	109.1	100.9	275.8	116.1	69.6	18.4	3.2		13.8	103.3	41.6		
Media	87.3	109.1	191.6	112.6	59.9	10.3	6.4	7.3	34.8	107.4	104.0	104.6	
Mediana	90.3	96.9	184.5	112.2	60.7	10.6	4.9	7.0	35.7	103.3	106.9	92.9	
Desv.	32.4	42.3	63.5	35.8	27.3	9.5	5.8	7.1	25.2	54.5	35.2	47.0	
Co. Var.	0.37	0.39	0.33	0.32	0.46	0.92	0.91	0.97	0.72	0.51	0.34	0.45	
Sesgo	0.48	0.86	-0.32	-0.07	-0.06	1.51	0.89	0.86	0.42	-0.23	-0.35	0.17	
Curtosis	0.98	0.12	-0.44	0.31	-0.86	3.71	0.68	-0.09	-0.36	-0.59	0.27	-0.50	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 60:** Estación Granja Porcón, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>GRANJA PORCÓN</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°2'15.11"</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°38'.22"</b>				
Dist.	:	<b>Cajamarca</b>					Elev.	:	<b>3149 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>													
<b>1966</b>						18.1	4.0	8.2	33.0	189.0	83.0	26.0	
<b>1967</b>	269.0	290.0	216.0	85.0	62.0	7.0	30.5	33.0	28.0	188.5	23.0	105.5	
<b>1968</b>	102.0	154.5	168.5	82.5	22.0	3.0	11.5	37.5	117.5	158.5	123.0	173.5	
<b>1969</b>	79.5	176.5	183.0	167.5	18.5	64.0	5.5	15.0	42.0	105.0	208.0	182.5	
<b>1970</b>	107.0	123.5	140.5	127.0	91.0	33.5	22.5	25.0	74.0	122.5	207.0	117.5	
<b>1971</b>	140.0	130.5	476.5	153.5	117.5	65.0		37.5	76.0	220.5	163.0	166.0	
<b>1972</b>	104.0	150.0	257.0	149.5	55.2	14.5	0.0	47.0	0.0	29.5	174.2	119.7	
<b>1973</b>	186.3	103.0	203.0	198.3	62.0	70.6	33.9		139.4	22.0	173.9	121.3	
<b>1974</b>	146.8	112.7	159.7	204.4	51.0	60.0	18.0	59.0	45.0	81.6	62.5	104.0	
<b>1975</b>	108.1	23.3	175.2	224.7	61.9	32.5	3.0	53.5	16.0	117.0	91.0	20.0	
<b>1976</b>	189.0	135.0	185.0	61.0	58.0	30.0	0.0	12.0	27.0	62.0	26.0	79.0	
<b>1977</b>	197.0	236.0	175.0	100.5	29.5	13.5	6.5	2.0	62.5	96.5	149.5	85.0	
<b>1978</b>	40.0	105.5	51.5	88.5	88.2	0.0	25.8	0.0	66.9	70.4	191.0	189.5	
<b>1979</b>	108.7	144.8	370.2	61.5	54.0	10.8	34.0	40.4	117.3	48.2	27.3	108.1	
<b>1980</b>	70.0	37.3	166.9	69.6	73.6	11.8	0.0	5.7	2.2	247.2	221.1	161.0	
<b>1981</b>	94.1	257.3	190.0	153.1	65.6	0.0	0.0	0.0	6.5	160.6	60.3	90.8	
<b>1982</b>	56.8	19.2	72.2	32.6	34.2								
<b>1983</b>													
<b>1984</b>													
<b>1985</b>													
<b>1986</b>	127.0	41.0	6.0	74.2	106.6	0.0	0.0	50.0	10.9	24.0	51.8	133.2	
<b>1987</b>	313.7	113.0	126.5	60.3	68.6	0.0	9.5	0.0	60.5	122.7	161.6	82.0	
<b>1988</b>	307.5	176.9	63.6	165.8	18.6	15.6	6.4	5.3	30.6	133.7	112.6	124.1	
<b>1989</b>	188.7	216.8	85.0	89.9	18.5	0.0	0.0	0.0	46.5	77.0	51.5	0.0	
<b>1990</b>	29.7	85.4	88.6	127.2	33.1	35.6	0.9	0.6	139.7	262.0	250.2	103.6	
<b>1991</b>	94.7	355.5	509.6	248.6		6.3	0.0	0.0	78.7	157.6	221.5	250.1	
<b>1992</b>	170.1	74.1	137.1	119.1	107.7	62.4	0.0	24.0	135.5	119.2	75.7	174.1	
<b>1993</b>	147.6	190.6	374.3		102.7	19.8	0.0	18.4	82.6	137.5	206.2		
<b>1994</b>		373.5	531.9	268.5		18.6	0.0	22.2	104.8	252.8	210.7	142.5	
<b>1995</b>	139.7	228.8	217.7	127.8	112.7	12.6	51.8	48.9	54.9	96.5	125.9	243.9	
<b>1996</b>	198.8		312.7	141.3	59.7	49.7	0.0	20.3	48.5	232.9	80.6	58.6	
<b>1997</b>	186.9	190.3	123.2	260.0	81.0	18.5	39.0	9.9	80.5	169.2	301.6	305.1	
<b>1998</b>	168.5	380.5	298.7	243.2	85.4	0.0	0.0	14.8	67.6	234.7	158.8	99.0	
<b>1999</b>	210.3		253.5	126.0	166.7	53.9	20.3	6.4		65.3	138.6	166.4	
<b>2000</b>	74.8	237.0	221.1	168.6	160.7	40.7	1.6	16.3	123.2	19.3	62.8	236.5	
<b>2001</b>		227.7	419.2	92.6	88.7	17.6	15.2	0.4	145.2	169.5	156.1	171.8	
<b>2002</b>	76.2	188.8	390.1	159.0	38.1	27.8	15.2	2.6	53.3	202.1	226.5	243.0	
<b>2003</b>	103.8	134.9	124.3	81.2	76.0	54.4	28.9	15.6	47.2	101.8	112.6	100.0	
<b>2004</b>	70.3	230.4	168.2	82.4	75.4	11.7	41.0	19.1	84.8	147.0	168.0	240.9	
<b>2005</b>	157.8	231.2	343.3	93.1	91.6	53.7	0.0	7.1	54.4	152.8	28.6	164.8	
<b>2006</b>	145.5	188.1	345.7	184.7	62.8	62.0	5.1	15.7	116.2	39.8	158.5	183.6	
<b>2007</b>	245.4	64.5	352.3	226.3	57.7	1.1	42.6	20.1	32.8	171.8	211.1	146.4	
<b>2008</b>	190.6	291.2	252.4	150.3	76.0	73.3	16.0	11.0	110.9	182.6	127.3	66.4	
<b>2009</b>		197.5	307.3	149.6	127.4	31.3	18.1	8.0	27.0	184.0	187.9	234.8	
<b>2010</b>	108.0	169.7	275.7	163.5	83.1	39.4	44.3	33.6	31.2	82.7	96.5	182.6	
<b>2011</b>	257.0	148.9	284.6	269.4	21.2	8.5	13.7	4.8	55.4	84.5	93.0	265.4	
<b>2012</b>	325.9	320.0	155.7	210.7	109.6	32.4	0.0	45.8	33.7	137.7	202.5	67.6	
<b>2013</b>	141.0	279.9	352.4	196.2		32.8	17.7	44.7	30.4				
<b>2014</b>	137.4	189.9	227.4	103.4	79.3	5.1	9.6	10.5	65.8	97.4	91.4	209.3	
<b>2015</b>		159.6	286.4	108.9	158.4	1.7	9.7	0.4	24.6	88.4	126.3	107.8	
<b>2016</b>	166.3	134.3	162.2	138.4	36.8	44.9	1.1	0.0	43.4	149.2	39.9	173.8	
<b>2017</b>	156.6	235.6	365.6	134.9	170.7	43.9	1.2	49.9	51.7	146.8	37.7		
Media	150.9	179.5	236.5	143.1	76.0	27.3	12.9	19.2	62.3	131.1	133.1	145.0	
Mediana	143.3	176.7	216.9	138.4	73.6	19.2	6.5	15.0	54.4	133.7	127.3	142.5	
Desv.	71.3	88.2	121.8	61.3	39.8	22.6	14.7	17.8	39.3	64.5	69.6	69.3	
Co. Var.	0.47	0.49	0.52	0.43	0.52	0.83	1.15	0.93	0.63	0.49	0.52	0.48	
Sesgo	0.71	0.34	0.49	0.44	0.69	0.49	1.06	0.74	0.59	0.16	0.15	0.15	
Curtosis	0.24	-0.09	-0.20	-0.60	0.21	-1.01	0.06	-0.73	-0.51	-0.64	-0.78	-0.36	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 61:** Estación Huamachuco, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>HUAMACHUCO</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>La Libertad</b>					Lat.	:	<b>7°49'8.97"</b>				
Prov.	:	<b>Sánchez Carrión</b>					Long.	:	<b>78°2'24.48"</b>				
Dist.	:	<b>Huamachuco</b>					Elev.	:	<b>3186 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	103.4	102.5	184.5	91.0	25.9	0.0	14.6	24.4	86.9	68.1	80.1	160.4	
<b>1966</b>	158.6	97.4	86.7	63.6	71.0	4.1	0.0	0.1	0.5	172.8	69.4	38.9	
<b>1967</b>	114.1	184.1	140.0	28.0	29.0	4.0		13.5	2.5	118.2	32.4	79.9	
<b>1968</b>	90.9	139.1	141.1	54.2	30.0	6.0	8.3		60.3	113.0	26.6	127.9	
<b>1969</b>	85.4	129.9	130.7	94.1	2.9	31.0	6.5	4.5	10.0	119.5	144.4	157.8	
<b>1970</b>	111.6	46.1	102.1	94.2	52.2	16.0	14.7	5.0	36.2	107.9	88.5	75.2	
<b>1971</b>	71.2	130.8	227.0	102.4	59.2	40.1		14.6	21.7	98.7	100.2	88.5	
<b>1972</b>	75.1	134.7	270.0	107.9	38.7	16.2	1.0	17.0	18.7	23.2	83.1	54.1	
<b>1973</b>	197.1	109.6	159.2		35.5	43.0	22.1	15.4	51.7	98.9	91.4	99.7	
<b>1974</b>	95.2	255.6	197.0	52.9	5.2	45.0	1.5	32.9	58.3	91.6	75.3	71.2	
<b>1975</b>	106.7	283.2	238.2	102.6	75.2	22.2	7.1	31.6	70.5	75.5	97.1	28.0	
<b>1976</b>	144.1	155.4	183.1	62.0	26.5	9.7	0.0	16.2	7.5	80.9	57.1	57.4	
<b>1977</b>		163.2	118.3	119.0	30.7	7.5	14.1	7.5	30.8	61.0	128.8	79.2	
<b>1978</b>	52.3	120.7	60.4	97.9	82.1	2.0	17.3	0.5	31.7	44.4	74.3	145.1	
<b>1979</b>	125.5	200.2	197.2	146.4	40.2	0.0	13.4	22.7	61.4	18.2	66.7	74.6	
<b>1980</b>	49.2	114.8	77.6	74.6	9.6	3.5	0.0	8.5	5.5	164.1	154.9	173.8	
<b>1981</b>	72.4	217.1	91.7					8.3	28.7	129.5	96.6	172.8	
<b>1982</b>	131.8	170.0	82.0	86.5	55.8	29.2	3.6	3.4	29.4	194.9	89.4	222.8	
<b>1983</b>	122.2	39.7	226.3	129.6	35.5	21.1	19.0	19.7	13.6	56.6	28.6	145.6	
<b>1984</b>	66.7		214.3	115.0	87.1	21.0	10.3	15.2	34.1	111.6	109.1	117.9	
<b>1985</b>	15.4	79.1	90.6	80.9	48.0	18.5	2.3	4.0	114.8	62.6	59.0	111.8	
<b>1986</b>	149.9						8.4	28.9	27.1	58.0	99.7	141.8	
<b>1987</b>	237.3	109.4	127.2	129.5	15.8	15.1	18.6	8.9	35.9	39.8	136.7	124.3	
<b>1988</b>	186.0	148.6	93.4	141.2	44.7	15.2	9.3	3.6	15.4	86.1	69.4	93.9	
<b>1989</b>	121.9	195.3	154.4	130.8	26.8	19.2	0.0	10.9	108.5	113.7	107.0	0.0	
<b>1990</b>	163.1	119.3		102.3	24.0	49.8	1.2	0.0	78.7	216.4	100.1	57.7	
<b>1991</b>													
<b>1992</b>					19.1	32.9	2.1	29.3	79.1	81.6	31.6	67.3	
<b>1993</b>	109.4	185.1	228.6	106.2	41.3	0.0	11.5	1.2	82.5	133.0	159.6	197.3	
<b>1994</b>	129.7		150.7	138.9	38.8	5.5	2.5	12.6	26.9	99.9	143.2	108.9	
<b>1995</b>	57.4	142.6	114.1	97.4	60.9	29.5	4.1	1.4	12.2	115.8	98.9	95.0	
<b>1996</b>	80.8	177.9	195.7	110.3	32.9	6.4	1.9	10.6	26.6	159.7	68.9	53.7	
<b>1997</b>	107.4	128.3	100.2	59.5	52.5	26.1	0.0	13.6	68.9	102.4	87.6	200.8	
<b>1998</b>	168.4	227.7	204.1	136.6	21.0	18.8	0.8	6.2	20.0	115.0	119.9	55.4	
<b>1999</b>	172.3		136.6	56.6	39.0	50.1	2.2	7.0	90.5	25.0	118.4	109.7	
<b>2000</b>	108.9	186.5	196.5	88.9	69.2	45.0	5.9	18.4	55.1	40.9	54.7	133.9	
<b>2001</b>	240.6	135.7	290.3	30.9	81.6	4.3	9.5	0.6	32.6	128.3	145.3	181.5	
<b>2002</b>	79.9	122.3	190.7	138.6	19.5	19.4	17.6	0.0	40.3	110.2	145.7	185.8	
<b>2003</b>	65.9	112.2	143.8	85.5	19.4	21.8	5.1	8.7	46.4	94.6	84.3	146.7	
<b>2004</b>	51.0	110.3	65.6	67.0	53.6	2.8	26.5	22.9	54.7	126.4	187.7	111.2	
<b>2005</b>	97.6	176.7	289.9	78.4	21.9	11.1	0.0	14.7	23.6	158.3	32.9	128.6	
<b>2006</b>	142.5	154.2	293.0	160.1	22.3	42.9	14.7	35.0	51.6	116.3	99.5	157.9	
<b>2007</b>	134.1	76.0	248.9	123.2	66.4	0.0	17.1	5.6	12.6	219.8	142.2	104.8	
<b>2008</b>	173.1	98.3	156.6	115.9	53.0	33.9	12.3	11.5	74.4	133.7	74.7	64.7	
<b>2009</b>	223.1		249.1	205.7	120.0	43.7							
<b>2010</b>	92.4	115.6	238.6	72.6	61.4	25.3	21.2	7.7	18.0	75.4	123.4	162.0	
<b>2011</b>	126.9	91.5	178.4	164.9	24.6	0.6	15.0	1.0	68.5	45.3	99.5	229.4	
<b>2012</b>	244.2	186.3	105.5	150.7	28.0	5.0	0.0		9.1	152.4	150.6	134.4	
<b>2013</b>	67.7	136.2	214.6	156.8	87.7	8.8	12.0	21.5	9.2				
<b>2014</b>	98.2	237.1	265.6	93.2	95.8	1.2	26.7	2.5	77.4	55.5	55.2	132.9	
<b>2015</b>	148.1	93.4	279.1	82.7	106.9	4.2	13.9	0.4	12.9	35.9	99.0	86.5	
<b>2016</b>	114.5	155.7	152.5	79.6	70.6	21.5	2.6	1.3	21.4	63.0	37.7	189.1	
<b>2017</b>	141.9	106.3	206.3	136.5	91.5	23.8	0.0	28.6	28.0	90.3	39.2		
Media	120.5	143.5	173.2	103.0	47.0	18.5	8.7	11.8	40.8	100.1	93.3	117.1	
Mediana	112.9	135.2	178.4	100.1	39.6	17.4	7.7	8.9	31.7	99.4	94.0	111.8	
Desv.	52.0	51.6	65.9	36.8	27.5	15.2	7.8	10.0	29.0	47.7	39.0	52.6	
Co. Var.	0.43	0.36	0.38	0.36	0.59	0.82	0.89	0.84	0.71	0.48	0.42	0.45	
Sesgo	0.63	0.55	0.12	0.29	0.68	0.58	0.58	0.73	0.71	0.50	0.19	0.12	
Curtosis	0.21	0.39	-1.01	0.14	-0.17	-0.76	-0.67	-0.42	-0.35	0.11	-0.50	-0.52	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología



**Cuadro 62:** Estación Huamachuco, temperatura en °C.

ESTACIÓN	:	HUAMACHUCO											
TIPO	:	Climática											
VARIABLE	:	Temperatura promedio mensual											
UNIDAD	:	grados centígrados - °C											
Dep.	:	<b>La Libertad</b>					Lat.	:	7°49'8.97"				
Prov.	:	<b>Sánchez Carrión</b>					Long.	:	78°2'24.48"				
Dist.	:	<b>Huamachuco</b>					Elev.	:	<b>3186 m.s.n.m.</b>				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1965	13.4	12.9	13.1	12.7	13.0	13.1	13.3		14.2	14.2		13.9	
1966	14.7				11.7	10.7	11.0	11.5	12.2	12.0	11.2	10.5	
1967	12.1	11.1	11.2	11.7	11.5	10.8	10.6	10.8	11.8	11.5	11.1	11.8	
1968	11.8	11.4	11.0	11.2	10.9	10.9	11.0	11.9	11.8	12.1	11.6	11.5	
1969	12.2	12.7	12.7	12.3	12.4	11.7	11.1	11.7	12.5	11.8	11.9	11.6	
1970	11.9	12.6	12.1	12.8	11.6	11.4	11.0	11.5	11.7	12.4	11.3	11.9	
1971	11.7	11.0	11.6	11.2	11.2	10.7	10.6	10.9	11.5	11.6	11.1	11.5	
1972	10.9	11.4	10.8	11.5	12.0	11.3	11.3	11.6	12.2	12.5	12.4	12.6	
1973	13.3	12.5	12.7	12.3	11.5	11.1	10.9	11.4	11.3	11.4	11.9	10.8	
1974	10.8	10.8	11.2	11.4	11.3	11.0	10.0	11.3	11.4	11.5	11.9	11.9	
1975	11.6	11.4	11.8	11.7	11.3	10.9	10.1	10.7	11.6	11.7	10.9	10.9	
1976	11.1	10.9	11.0	11.3	11.7	11.1	10.5	11.3	12.5	12.2	11.7	11.8	
1977	12.3	11.8	12.3	12.0	11.5	10.9	11.0	11.5	12.1	12.0	11.6	12.3	
1978	12.2	12.7	12.0	11.9	11.7	10.0	10.7	10.5	11.8	11.3	12.3	11.8	
1979	12.1	11.6	11.5	11.6	11.7	10.5	10.4	11.6	11.6	12.0	11.9	11.5	
1980	12.4	11.6	12.2	11.7	12.2	11.4	11.1	11.5	12.3	11.7	11.4	10.9	
1981	11.2	11.8	11.3	12.3				10.7	11.7	12.0	11.4	11.6	
1982	11.1	11.4	11.9	11.8	11.5	11.0	10.5	11.1	11.6	11.2	11.5	12.0	
1983	13.3	12.8	13.0	12.6	12.7	11.5	11.3	11.5	12.3	12.2	12.4	11.3	
1984	10.2	11.2	11.6	11.6	11.3	10.8	9.6	11.0	11.4	11.9	10.4	11.7	
1985	11.3	11.2	11.6	11.8	11.0	10.9	9.9	11.0	11.6	11.4	11.0	11.7	
1986	12.2						10.2	11.4	11.8	11.7	11.7	12.3	
1987	12.5	12.6	12.1	12.2	11.2	11.1	11.3	11.5	12.3	12.3	12.1	12.6	
1988	12.2	12.7	11.7	11.9	11.5	10.1	9.8	10.8	11.5	11.7	12.2	11.9	
1989	12.2	12.4	11.7	12.4	11.3	11.5	10.7	12.2	12.4	12.4	12.3	12.5	
1990	13.2	12.7	13.5	13.3	12.6	12.1	11.7	12.3	13.0	12.7	12.9	12.6	
1991	12.7												
1992													
1993								11.8	12.6	12.4	11.7	12.4	
1994	12.3	12.2	12.2	12.2	11.9	11.0	11.1	11.3	12.5	11.9	11.9	12.4	
1995	12.5	12.0	12.0	12.7	11.9	12.0	11.8	12.0	12.5	12.5	12.2	11.9	
1996	11.2	11.6	11.9	11.9	11.7	11.1	10.5	11.1	12.3	11.6	11.2	11.9	
1997	11.1	11.8	11.6	11.9	12.2	11.4	12.4	12.7	13.5	13.7	13.2	13.6	
1998	13.9	14.1	13.8	14.1	12.9	12.0	11.5	12.1	12.2	13.0	11.5	11.4	
1999	11.3	11.0	11.3	11.8	10.9	10.4	9.7	10.0	10.6	10.3	10.6	10.4	
2000	10.6	10.5	11.2	12.0	12.5	12.1	11.5	12.1	12.5	12.8	11.7	12.2	
2001	11.7	12.3	12.0	12.6	12.3	11.8	11.8	11.9	12.7	13.7	12.8	13.2	
2002	12.9	13.1	12.8	12.5	12.9	12.0	12.2	12.3	13.9	13.4	13.2	13.6	
2003	13.9	13.6	13.2	13.6	13.4	12.4	12.2	12.9	13.4	13.7	13.2	13.0	
2004	12.8	13.4	14.0	13.0	13.5	12.1	12.4	12.4	13.0	13.5	12.9	13.4	
2005	13.1	14.5	12.8	13.6	12.4	12.9	12.3	12.7	13.6	13.1	12.6	12.3	
2006	13.1	13.4	13.1	12.9	12.4	12.4	12.1	12.9	13.3	13.5	13.1	13.3	
2007	14.6	12.9	13.4	13.1	13.2	12.2	12.7	12.7	12.9	12.9	13.2	12.6	
2008	12.6	12.4	11.6	12.0	12.2	11.3	11.2	12.3	12.7	12.8	12.9	12.2	
2009	12.6	12.7	12.6	13.0	12.4	12.2	12.3	13.1	13.3	13.4	12.7	13.3	
2010	14.2	14.2	14.3	14.1	13.2	12.6	12.4	12.1	12.8	12.6	12.3	12.0	
2011	12.1	11.9	11.5	12.5	12.5	12.4	11.9	12.8	12.7	12.1	12.9	12.8	
2012	12.8	11.9	13.3	12.6	12.8	12.3	12.1	12.5	13.2	13.5	13.6	12.9	
2013	14.4	13.2	13.5	13.4	12.9	12.6	12.1	12.5	13.1	13.4	12.7	13.4	
2014	13.5	13.5	12.9	13.3	13.4	12.7	12.8	12.1	13.1	13.3	13.0	13.3	
2015	13.6	13.7	13.4	13.6	13.5	12.9	12.8	13.5	14.9	14.8	13.9		
2016	14.7	15.0	14.7	14.4	14.2	12.8	12.6	13.8	14.4	13.8	13.5	13.6	
2017	13.1	13.0	13.0	13.3	13.0	12.6	12.5	13.2	13.9	13.8	13.5	13.3	
Media	12.5	12.4	12.3	12.4	12.2	11.6	11.4	11.8	12.5	12.5	12.2	12.2	
Mediana	12.3	12.4	12.1	12.3	12.2	11.5	11.3	11.8	12.5	12.4	12.2	12.2	
Desv.	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	
Co. Var.	0.09	0.08	0.08	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
Sesgo	0.22	0.42	0.51	0.56	0.38	0.06	-0.01	0.21	0.51	0.27	0.04	-0.03	
Curtosis	-0.46	-0.28	-0.49	-0.40	-0.64	-0.99	-0.93	-0.30	0.17	-0.31	-0.81	-0.58	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 63:** Estación Jesús, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>JESÚS</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°14'44.53''</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°23'18.29''</b>				
Dist.	:	<b>Jesús</b>					Elev.	:	<b>2564 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>													
<b>1966</b>													
<b>1967</b>													
<b>1968</b>													
<b>1969</b>													
<b>1970</b>													
<b>1971</b>													
<b>1972</b>													
<b>1973</b>													
<b>1974</b>													
<b>1975</b>													
<b>1976</b>													
<b>1977</b>													
<b>1978</b>													
<b>1979</b>													
<b>1980</b>													
<b>1981</b>													
<b>1982</b>													
<b>1983</b>													
<b>1984</b>													
<b>1985</b>													
<b>1986</b>													
<b>1987</b>													
<b>1988</b>													
<b>1989</b>													
<b>1990</b>													
<b>1991</b>													
<b>1992</b>													
<b>1993</b>													
<b>1994</b>		137.7	225.6	169.2	26.2	5.7	0.3	0.0	13.2	11.3	54.8	129.1	
<b>1995</b>	37.3	114.0	70.9	57.4	20.4	3.5	5.2	8.8	7.7	74.1	56.9	89.5	
<b>1996</b>	76.8	112.0	142.0	97.2	18.2	7.0	0.5	15.8	18.2	78.8	45.5		
<b>1997</b>	75.6	125.1	30.9	71.2	16.0	8.2	0.6	1.2	31.3	72.4	102.2	153.9	
<b>1998</b>	137.4	144.2	165.2	91.0	18.2	2.8	0.0	2.2	20.0	64.7	37.1	72.7	
<b>1999</b>	97.3		93.7	57.6	47.7	25.4	2.0	7.6		23.3	65.3	77.4	
<b>2000</b>	50.1	145.3	137.9	53.4	50.8	19.2	3.7		36.9	6.3	41.0	137.9	
<b>2001</b>		115.0	236.8	27.5	40.3	5.4	3.7	0.3	29.9	99.0	81.9	106.8	
<b>2002</b>	36.7	59.6	182.5	68.1	17.7	3.8	7.6	0.0	25.0	135.2	82.3	97.8	
<b>2003</b>	46.1	62.1	104.5	36.9	13.9	21.3	3.1	8.4	7.4	62.7	95.0	64.3	
<b>2004</b>	66.4	66.7	49.8	39.7	56.4	20.7	7.5	4.7	18.4	64.2	79.0	100.1	
<b>2005</b>	92.2	57.1		33.0	6.0	4.7	0.3	5.4	15.0	87.1	16.2	90.9	
<b>2006</b>	93.8	70.3		71.4	6.4	30.6	1.1	3.9	56.4	19.2	74.9	106.5	
<b>2007</b>	82.2	20.3	209.9	112.4	18.1	0.4	7.9	7.6	10.9	116.8	86.8	73.4	
<b>2008</b>	92.9	154.9	147.3	73.8	7.0	16.2	1.9	6.8	32.1	105.4	62.8		
<b>2009</b>		97.6	140.4	99.5	43.2	18.6	14.1	13.9	7.9	80.4	72.9	101.1	
<b>2010</b>	70.9	110.4	116.2	45.8	28.4	12.4	10.0	0.2	25.8	41.2	64.0	42.1	
<b>2011</b>	80.3	65.0	138.9	113.0	6.0	0.0	6.7	0.8	35.5	34.2	43.3	139.4	
<b>2012</b>	154.9	125.4	58.3	60.6	40.7	13.1	0.0	2.7	8.8	130.1	57.2	64.2	
<b>2013</b>	85.2	124.2	207.5	47.6	58.4	0.4	0.0	11.6	3.2	91.8			
<b>2014</b>	78.9	69.8	124.2	64.0	54.5	10.8	5.8	0.0	14.6	33.7	43.6	81.8	
<b>2015</b>		59.7	190.4	38.5	71.9	0.0	2.0	0.5	14.5	19.5	97.9	58.9	
<b>2016</b>	81.2	71.0	54.3	37.4	4.0	5.6	0.1	0.4	18.9	47.5	15.0	130.1	
<b>2017</b>	114.8	42.6	202.4	98.0	33.6	34.5	0.0		13.2	78.7	34.2		
Media	82.6	93.5	137.7	69.3	29.3	11.3	3.5	4.7	20.2	65.7	61.3	95.9	
Mediana	80.8	97.6	139.7	62.3	23.3	7.6	2.0	3.3	18.2	68.6	62.8	94.4	
Desv.	29.8	37.6	61.0	33.2	19.8	10.0	3.8	4.8	12.5	37.1	24.5	30.3	
Co. Var.	0.36	0.40	0.44	0.48	0.68	0.89	1.09	1.03	0.62	0.56	0.40	0.32	
Sesgo	0.68	-0.05	-0.12	1.25	0.50	0.84	1.17	0.90	1.17	0.13	-0.17	0.27	
Curtosis	0.97	-1.13	-1.00	2.04	-0.88	-0.18	0.93	-0.10	1.72	-0.81	-0.65	-0.68	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología



**Cuadro 65:** Estación Namora, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>NAMORA</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°12'2.17"</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°19'40.16"</b>				
Dist.	:	<b>Namora</b>					Elev.	:	<b>2744 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	44.8	63.7	127.4	66.2	27.1	0.8	4.7	7.9	45.2	101.4	48.8	83.2	
<b>1966</b>	39.0	34.8	24.2	28.6	42.7	3.8	14.2	0.5	41.7	101.1	42.6	14.5	
<b>1967</b>	134.8	145.5	109.0	37.7	29.5	4.7	8.2	6.0	14.7	130.3	50.8	47.9	
<b>1968</b>	67.8	67.2	33.7	25.7	34.2	0.3	1.7	17.2	38.7	78.3	12.2	65.9	
<b>1969</b>	21.0	136.6	88.9	82.5	10.3	16.1	3.6	16.5	28.0	68.1	56.3	77.7	
<b>1970</b>	55.1	23.3	53.7	51.6	34.1	23.3	8.0	0.0	20.5	207.5	52.6	94.0	
<b>1971</b>	31.0	35.8	132.6	7.4	12.5	11.1		13.3	31.4	84.8	24.3	72.8	
<b>1972</b>	9.1	27.4	104.8	116.1	24.6	4.8	2.6	6.1	38.8	54.9	54.2	70.7	
<b>1973</b>	117.2	80.7	54.0	160.7	5.1		2.1	2.4		50.2	98.0	84.2	
<b>1974</b>	101.7	103.1	72.0	24.3	5.1	16.5	0.0			74.1	33.8	39.4	
<b>1975</b>	79.4	98.9	223.3	59.0	67.8	0.0		17.6	38.7	43.9	53.4	7.2	
<b>1976</b>	89.7	168.7	55.8	56.8	43.9	8.0	1.1	6.3	5.0	53.9	22.3	105.1	
<b>1977</b>	131.6	166.4	112.8	29.5	18.1	15.5	2.9	0.0	28.2	57.4	78.3	103.2	
<b>1978</b>	23.6	73.9	39.7	78.1		4.1		4.0	24.7	46.3	47.0	100.8	
<b>1979</b>	69.3	167.0	114.7	44.1	20.4	1.3	17.6	23.1	35.1	10.7	37.1	54.1	
<b>1980</b>	38.8	17.2	124.6	30.7	30.0	3.1	0.0	8.1	4.5		149.1	22.0	
<b>1981</b>	106.9	153.3	29.0	19.9	41.0	19.4	0.0	23.6	13.8	121.5	19.8	93.9	
<b>1982</b>	77.6	22.9	75.5	59.3	45.6	0.0	9.9	0.0	70.8	142.5		155.9	
<b>1983</b>	174.9	41.1	135.5	195.4	65.0	32.7	7.3	15.0	0.0	100.5	28.4	36.9	
<b>1984</b>	9.8	223.1	75.6	92.7	38.6	9.7	14.9	16.6	0.0	153.2	82.9	43.9	
<b>1985</b>	24.9	46.9	48.5	190.9	38.1	8.2		19.6	30.0	23.2	40.1	84.0	
<b>1986</b>	122.1	58.7	84.8	137.8	36.4	0.0	2.1	6.6	3.4	51.4	76.5	85.5	
<b>1987</b>		123.3	85.1	88.9	14.7	3.0	10.0	12.4	49.1	40.8	97.7	87.6	
<b>1988</b>	147.4	104.1	52.5	156.9	10.8	6.3	0.0	0.0	26.9	63.6	85.3	41.1	
<b>1989</b>	62.3	144.2	115.1	135.3	31.3	21.4	4.1	10.2	36.5	97.6	1.3	5.4	
<b>1990</b>	84.9	99.7	49.1	47.7	25.9	24.1	1.5	6.3	16.7	194.6		60.0	
<b>1991</b>	38.5	99.9	160.5	48.2	43.6	2.3	0.0	0.0	38.7	65.2	61.9	96.6	
<b>1992</b>	28.1	35.0	54.8	48.9	22.4	21.1	2.9	11.3	30.8	137.6	33.6	44.0	
<b>1993</b>	94.9	176.5	225.2	148.6	55.0	5.8	0.0	11.2		92.0	74.0	136.0	
<b>1994</b>	137.9	169.8	262.6	137.4	23.7	14.7	0.0	1.7	20.6	50.8	62.0	110.5	
<b>1995</b>	50.0	131.9	112.7	47.6	22.7	12.1	7.7	1.8	19.1	68.6	72.3	121.9	
<b>1996</b>	99.2	181.3	251.7	81.4	20.0	0.3	0.5	6.5	26.1	91.0	54.6	18.8	
<b>1997</b>	68.5	141.5	51.7	78.4	16.5	13.1	0.0	0.9	22.6	105.5	106.4		
<b>1998</b>	160.6	202.0	204.0	153.0	34.4	1.1	0.0	2.6	21.6	110.2	66.1	72.9	
<b>1999</b>	115.9		114.5	56.8	77.8			6.6	1.0	32.0	71.2	95.9	
<b>2000</b>	50.4	173.9	194.8	97.2		12.4	1.8	23.7		24.7	65.8	157.9	
<b>2001</b>		109.3	238.5	52.9	61.7	0.4	2.9	0.0	24.6	91.8	106.5	125.0	
<b>2002</b>	59.0	118.1	235.4	102.9	23.3	5.8	13.9	7.0	55.1	116.2	87.9	153.7	
<b>2003</b>	46.2	110.5	119.8	87.3	23.5	19.1	3.1	10.1	16.3	67.9	111.4	93.6	
<b>2004</b>	68.3	102.0	75.7	37.8	40.4	5.1	14.1	6.2	18.8	91.5	83.9	134.2	
<b>2005</b>	126.9	73.1	205.8	81.3	22.1	1.0	1.4	5.6	9.2	126.3	13.9	153.5	
<b>2006</b>	91.6	92.1	253.6	93.1	8.0	40.7	2.9	11.5	47.9	53.4	80.4	124.2	
<b>2007</b>	188.1	34.2	246.5	127.0	50.4	0.0	6.4	6.9	22.2	142.4		101.8	
<b>2008</b>	124.5	176.0	151.9	104.2	32.3	31.1	1.9	9.5	52.3	141.3	83.0	38.4	
<b>2009</b>		117.0	192.8	127.9	59.5	17.9	6.9	7.8	10.8	116.2	121.5	133.8	
<b>2010</b>	68.6	116.7	175.5	68.9	24.2	20.2	9.9	0.0	30.2	49.1	86.8	122.4	
<b>2011</b>	122.3	108.9	150.5	171.4	4.6	0.3	10.4	1.3	33.8	27.8	59.0	146.2	
<b>2012</b>	222.7	127.7	118.7		34.3	7.7	0.0	5.0	4.6	149.3	109.0	50.8	
<b>2013</b>	61.3	106.9	280.5	89.0		0.4	0.7	19.9	1.9	91.4	23.2		
<b>2014</b>	98.3	114.2	176.6	63.3		1.3	4.3	0.0	22.9	49.7	76.8	153.8	
<b>2015</b>	223.3	92.3	239.7	70.7		0.2	3.5	0.2	2.5	23.3	124.0	60.5	
<b>2016</b>	94.7	149.6	79.9	117.6	25.4	16.6	0.8	3.5	28.9	53.1	9.1	165.1	
<b>2017</b>	146.5	35.3	237.6	106.5	75.7	25.5	0.0	18.2	24.8	91.6	42.5		
Media	89.0	106.2	132.7	85.1	32.4	10.1	4.5	7.9	25.6	84.8	63.6	87.0	
Mediana	82.2	107.9	115.1	79.9	29.8	6.3	2.9	6.4	24.8	81.6	62.0	86.6	
Desv.	51.8	52.3	73.8	46.5	18.2	10.0	4.8	7.1	15.8	43.9	33.1	43.7	
Co. Var.	0.58	0.49	0.56	0.55	0.56	0.99	1.06	0.89	0.62	0.52	0.52	0.50	
Sesgo	0.70	0.04	0.41	0.58	0.73	1.02	1.13	0.72	0.42	0.67	0.26	0.00	
Curtosis	0.21	-0.77	-1.08	-0.40	0.16	0.52	0.37	-0.48	0.22	0.23	-0.27	-0.86	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 66:** Estación San Juan, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>SAN JUAN</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°17'51.22"</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°29'27.81"</b>				
Dist.	:	<b>San Juan</b>					Elev.	:	<b>2228 m.s.n.m.</b>				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1965	61.1	119.0	159.5	185.0	1.5	0.0	1.1	4.0	2.1	5.9	42.0	124.0	
1966	13.1	11.0	9.8	80.0	50.1	0.0	0.0	8.0	30.4	141.8	32.2	25.2	
1967	241.7	298.2	190.1	38.9	29.7	5.9		3.4	12.8	94.6	9.5	24.9	
1968	64.6	80.4	117.3	35.5	13.0	0.0	0.6	8.2	29.3	65.6	47.6	68.8	
1969	35.9	156.2	199.6	107.4	1.6	18.7	4.6	8.6	3.3	57.8	126.0	164.3	
1970	161.0	96.4	116.9	124.4	28.8	25.1	2.2	10.8	28.6	115.6	61.4	82.8	
1971	97.7	137.1	357.5	148.9	14.0	15.5	4.9		39.3	78.2	34.8	142.9	
1972	81.1	144.6	294.6	111.0	37.6	0.5	2.3	0.0	35.7	23.9	47.3	93.9	
1973	218.4	165.3	298.6	216.0	29.8	32.6	1.5	4.4	68.4	65.9	64.5	126.9	
1974	144.6	242.6	128.0	80.0	4.5	28.4	3.8	14.7	41.4	41.8	65.2	65.1	
1975	103.3	266.8	298.3	128.8	35.3		11.5		69.1	140.4	62.4	13.1	
1976	283.7	163.1	179.7	98.1	49.2	4.5	0.0	0.0	0.0	19.0	39.3	76.9	
1977	272.0	423.4	194.4	75.7	4.8	1.6	0.0	0.0	16.6	19.1	56.8	74.7	
1978	16.3	131.1	115.2	61.1	58.5	0.0	5.3	0.0	31.1	22.7	32.6	62.4	
1979	99.5	125.8	282.7	35.0	7.4	1.0	0.0	5.2	23.8	0.0	19.6	23.0	
1980	36.8	50.5	135.6	73.6	2.0	6.4	0.0	2.6	3.3	123.9	73.1	79.5	
1981	133.3	311.5	180.9	26.3	8.5	0.0	0.0	4.8	0.0	87.9	77.2	98.2	
1982	98.5	110.8	111.7	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	78.2	38.0	106.2	
1983	123.0	72.4	276.9	166.6	9.2	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.8	
1984	52.6	318.5	182.8	56.4	59.3	16.2	8.5	0.0	0.0	35.9	0.0	38.4	
1985	33.6	65.5	20.7	25.0	15.1	0.0	0.0	0.0	19.0	0.8	20.8	88.1	
1986	141.7	107.6	181.8	204.8	16.0	0.0	0.0	9.6	0.0	34.4	103.8		
1987	234.9	182.2	82.1	96.9	2.7	0.0	0.0	9.0	13.3	9.5	64.3	61.0	
1988	183.7	171.7	54.8	123.5	4.1	3.7	0.0	6.2	13.1	56.2	98.2	62.9	
1989	158.3	289.6	245.3	90.9	15.2	15.2	0.0	1.5	41.3	124.1	9.4	0.0	
1990	126.4	115.3	155.7	51.7	30.5	26.9	3.3	0.5	0.7	75.1	134.7	94.8	
1991	26.7	91.8	194.3	82.3	8.1	2.0	0.0	0.0	3.9	50.0	38.2	87.1	
1992	139.3	55.9	141.5	177.6	46.6	30.3	0.9	2.3		158.9	46.6	30.5	
1993	103.9	199.6	286.5	141.1	27.6	1.2	5.3	2.0	33.8	109.4	80.2	174.6	
1994	194.4	199.9	270.7	154.8	38.6	4.2	0.0	0.0	13.9	9.6	65.3	215.7	
1995	120.5	211.3	126.2	78.5	26.0	2.9	3.4	0.4	7.4	54.9	52.0	119.8	
1996	164.3	204.7	301.4	75.5	10.1	13.0	0.0	6.0	12.1	64.1	32.6	31.7	
1997	70.0	182.2	66.5	107.4	21.2	11.7	0.0	0.0	49.1	80.2	136.1		
1998	300.8	421.4	359.5	153.0	47.0	12.3	0.0	5.4	12.1	56.8	20.0	56.1	
1999	118.6		151.5	94.6	67.7			0.5	59.8	20.6	74.3	139.6	
2000	113.8	302.4	293.1	144.9	71.9		1.8	5.6	62.6	12.7	49.6	155.5	
2001		128.9	461.8	68.1	42.8	0.6	0.0	0.0	14.0	48.1	125.5	68.9	
2002	34.4	211.0	337.3	108.0	13.1	8.6	9.7	0.0	7.4	128.0	106.6	182.8	
2003	104.5	118.4	173.1	80.1	37.9	30.2	5.0	1.6	4.6	28.0	49.3	90.4	
2004	33.9	226.5	102.5	89.5	35.8	2.5	6.0	1.0	13.7	73.5	71.6	128.8	
2005	135.1	114.1	285.5	46.1	9.1	4.0	0.0	1.5	10.6	72.2	24.3	109.1	
2006	156.6	195.0	448.6	131.3	5.4	23.9	4.5	5.8	37.6	6.6	76.7	153.8	
2007	171.0	72.3	366.8	130.8	13.9	1.5	1.5	6.2	1.6	93.9	86.4	57.4	
2008	271.0	301.5	229.4	195.5	30.0	5.2	0.6	10.6	32.7	69.4	101.9	18.4	
2009		268.7	391.8	118.7	50.7	9.6		2.0	2.0	103.6	114.4	124.5	
2010	81.1	188.3	220.4	101.9	42.2	9.6	5.2	0.0	25.8	21.7	64.3	65.7	
2011	136.3	117.6	204.7	207.9	8.3	5.5	9.2	0.0	26.0	13.7	34.0	169.0	
2012	298.6	244.4	161.6	102.6	63.3	3.2	0.0	2.2	3.8	128.5	127.6	90.6	
2013	94.7	254.0	386.2	85.0	53.7	4.7	4.2	10.0	0.7	95.4	4.7	94.2	
2014					79.8	5.5	0.0	1.6	22.6	32.4	85.1	116.6	
2015	157.2	100.2	401.1	93.2	65.4	0.9	0.5	1.6	16.2	11.0	100.4	53.1	
2016	94.1	156.9	172.5	121.3	8.6	8.9	0.0	0.0	5.4	15.1	12.5	105.5	
2017	269.8	178.1	457.2	154.3	65.6	19.3	0.3	6.2	5.1	116.6	19.4	121.5	
Media	132.1	178.5	222.4	106.6	28.7	8.6	2.2	3.4	19.6	60.2	59.6	91.3	
Mediana	121.8	165.3	194.4	100.0	27.6	5.0	0.6	2.0	13.8	56.8	56.8	90.4	
Desv.	78.2	91.1	112.9	48.4	22.3	9.6	3.0	3.8	18.8	43.9	36.9	48.2	
Co. Var.	0.59	0.51	0.51	0.45	0.78	1.12	1.39	1.11	0.96	0.73	0.62	0.53	
Sesgo	0.60	0.72	0.36	0.45	0.53	1.19	1.47	1.01	1.09	0.42	0.40	0.33	
Curtosis	-0.33	0.37	-0.53	-0.34	-0.87	0.29	1.52	0.24	0.54	-0.89	-0.63	-0.20	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología









**Cuadro 70:** Estación Sondor Matara, precipitación en mm.

ESTACIÓN	:	<b>SONDOR MATARA</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°14'12.75"</b>				
Prov.	:	<b>San Marcos</b>					Long.	:	<b>78°12'45.43"</b>				
Dist.	:	<b>Gregorio Pita</b>					Elev.	:	<b>2908 m.s.n.m.</b>				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>1965</b>													
<b>1966</b>													
<b>1967</b>													
<b>1968</b>													
<b>1969</b>													
<b>1970</b>													
<b>1971</b>													
<b>1972</b>													
<b>1973</b>													
<b>1974</b>													
<b>1975</b>													
<b>1976</b>													
<b>1977</b>													
<b>1978</b>													
<b>1979</b>													
<b>1980</b>													
<b>1981</b>													
<b>1982</b>													
<b>1983</b>													
<b>1984</b>													
<b>1985</b>													
<b>1986</b>													
<b>1987</b>													
<b>1988</b>													
<b>1989</b>													
<b>1990</b>													
<b>1991</b>													
<b>1992</b>													
<b>1993</b>		148.5	284.5	144.3	48.5	0.0	0.0	8.0	100.6	170.1	122.1	177.7	
<b>1994</b>	196.5	211.8	247.8	167.1	50.2	10.7	0.0	3.4	50.7	60.8	127.3	124.7	
<b>1995</b>	12.3	140.2	161.6	56.3	44.8	4.4	5.4	3.2	11.4	75.5	108.9	184.5	
<b>1996</b>	158.3	162.7	210.8	103.4	27.1	11.5	0.0		14.9	116.0	39.0	11.7	
<b>1997</b>	78.0	179.7	51.5	75.3	13.1	14.6	2.2	0.0	46.1	84.4	166.2	230.3	
<b>1998</b>	162.8	192.6	212.9	154.8	61.6	4.0	0.0	4.5	22.7	214.2	82.0	68.7	
<b>1999</b>	143.2	291.9	102.6	68.2	75.3	34.3	5.8	4.3	102.5	76.0	83.1	110.5	
<b>2000</b>	53.1	202.1	283.4	145.7		16.3	0.0	14.6	80.1	14.7	63.6	182.4	
<b>2001</b>	248.8	173.8	296.7	31.1	54.0	0.0	2.2	0.0	17.7	118.6	155.0	119.9	
<b>2002</b>	43.8	92.3	332.9	111.4	14.1	4.2	0.0	0.0	60.9	155.4	180.4	220.7	
<b>2003</b>	64.3	68.6	152.9	67.5	33.8	21.4	0.0	2.5	34.9	85.9	121.8	131.3	
<b>2004</b>	67.4	52.7	77.2	72.1	49.2	20.7		2.0	42.4	146.8	144.4	164.4	
<b>2005</b>	144.3	139.9	270.1	44.6	25.3	0.0	0.0	12.7	29.6	236.1	40.0	182.2	
<b>2006</b>	136.8	135.9	430.2	145.8	25.7	35.4	0.0	7.0	64.0	67.8	85.5	176.3	
<b>2007</b>	170.1	41.1	260.1	158.8	30.0	0.0	11.0	3.6	44.2	193.1	100.1	71.4	
<b>2008</b>	133.7	224.3	154.8	149.6	28.9	25.4	4.6	19.6	65.5	166.2	110.1	61.2	
<b>2009</b>								7.7	25.5	155.3	195.1	226.1	
<b>2010</b>	85.5	122.5	203.8	98.9	58.0	13.6		0.0	36.2	71.1	113.6	216.5	
<b>2011</b>	118.3	144.1	155.3	153.0	11.0	0.0	9.3	2.8	52.1	44.2	48.5	208.1	
<b>2012</b>	250.8	176.0	65.9	98.9	35.5	1.7	0.0	11.5	3.6	108.0	206.1	59.8	
<b>2013</b>	72.1	53.6	250.1	48.9	48.1	0.0	0.0		4.8	174.0			
<b>2014</b>	76.2	149.2	188.0	68.3	74.2	3.4	2.0	0.0	48.1	47.1	53.9	207.5	
<b>2015</b>	217.9	86.2	319.5	89.6	51.0	0.0	0.0	0.0	9.6	11.1	159.1	93.2	
<b>2016</b>	167.0	151.2	129.4	55.4	1.1	11.0	0.0	0.0	17.1	30.1	7.8	105.7	
<b>2017</b>	143.9	63.6	226.4	129.3	41.4	7.8	0.0	4.5	19.0	106.4	26.9		
Media	128.0	141.9	211.2	101.6	39.2	10.0	1.9	4.9	40.2	109.2	105.9	145.0	
Mediana	136.8	146.3	211.9	98.9	41.4	6.1	0.0	3.4	36.2	106.4	109.5	164.4	
Desv.	64.9	61.9	92.6	42.8	19.6	10.9	3.3	5.4	27.6	62.2	54.8	63.7	
Co. Var.	0.51	0.44	0.44	0.42	0.50	1.08	1.69	1.10	0.69	0.57	0.52	0.44	
Sesgo	0.24	0.24	0.20	0.06	-0.03	1.07	1.76	1.33	0.78	0.30	0.07	-0.38	
Curtosis	-0.59	0.08	-0.03	-1.46	-0.48	0.34	2.32	1.35	0.10	-0.77	-0.82	-0.96	

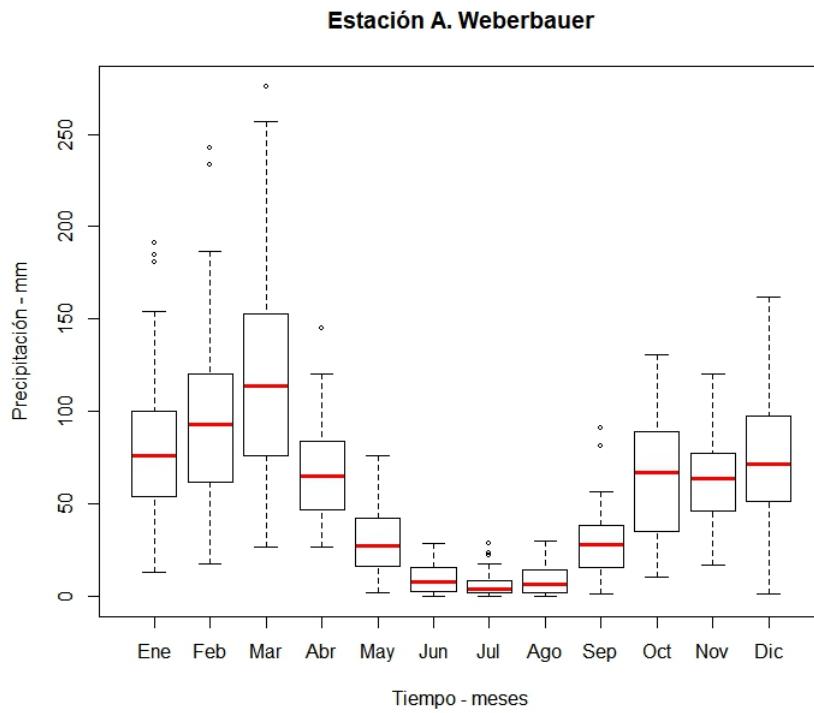
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Cuadro 71:** Estación Puente Crisnejas, caudal en  $m^3/s$ .

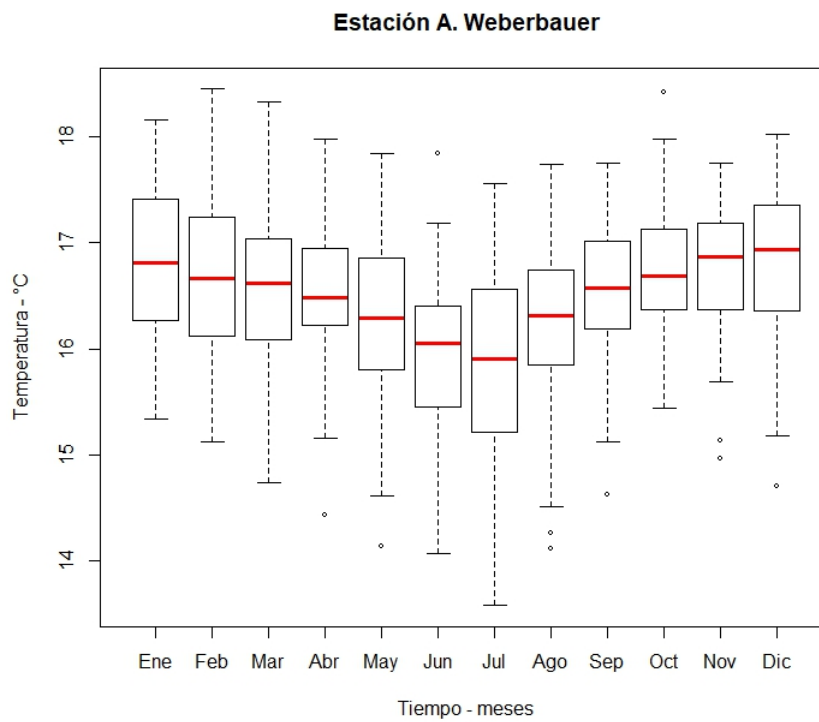
ESTACIÓN	:	<b>PUENTE CRISNEJAS</b>											
TIPO	:	<b>Hidrométrica</b>											
VARIABLE	:	<b>Caudal promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>metros cúbicos por segundo - m<sup>3</sup>/s</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°27'48.73"</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°6'47.25"</b>				
Dist.	:	<b>Condebamba</b>					Elev.	:	<b>1988 m.s.n.m.</b>				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>1965</b>													
<b>1966</b>													
<b>1967</b>													
<b>1968</b>			73.8	23.7	10.5	5.6	6.1	6.1	6.4	26.9	16.9	20.0	
<b>1969</b>	17.3	42.0	39.3	95.0	13.9	9.1	3.6	1.2	2.2	13.7	31.2	79.0	
<b>1970</b>	72.5	42.0	55.8	53.3	47.8	13.3	5.5	2.0	2.9	16.1	54.3	57.3	
<b>1971</b>	41.3	73.2	152.3	115.0	43.3	23.8	11.9	10.0	7.9	31.0	24.0	50.3	
<b>1972</b>	49.2	38.5	145.2	133.0	60.5	23.6	9.1	6.0	9.6	11.6	13.4	30.9	
<b>1973</b>	57.5	43.3	78.0	205.6	63.3	22.7	13.5	8.1		37.2	49.9	57.0	
<b>1974</b>	85.0		127.2	76.7	27.7	18.0	9.9	7.2	7.5	27.3	15.2	22.4	
<b>1975</b>	34.1	117.1	202.9	139.3	91.0	37.6		13.7		35.7	40.5	10.6	
<b>1976</b>	65.8	76.5	116.4	84.6	32.5	14.7	8.2	5.5	4.0	3.3	7.5	8.7	
<b>1977</b>													
<b>1978</b>													
<b>1979</b>													
<b>1980</b>													
<b>1981</b>													
<b>1982</b>													
<b>1983</b>													
<b>1984</b>													
<b>1985</b>													
<b>1986</b>													
<b>1987</b>													
<b>1988</b>													
<b>1989</b>													
<b>1990</b>													
<b>1991</b>													
<b>1992</b>													
<b>1993</b>													
<b>1994</b>													
<b>1995</b>													
<b>1996</b>													
<b>1997</b>													
<b>1998</b>													
<b>1999</b>													
<b>2000</b>													
<b>2001</b>													
<b>2002</b>													
<b>2003</b>													
<b>2004</b>													
<b>2005</b>													
<b>2006</b>													
<b>2007</b>													
<b>2008</b>													
<b>2009</b>													
<b>2010</b>													
<b>2011</b>													
<b>2012</b>													
<b>2013</b>													
<b>2014</b>									6.9	8.6	12.1	34.3	
<b>2015</b>	106.5	50.7	106.9	74.5	39.7	15.3	7.5	3.8	2.4	4.9	17.7	10.9	
<b>2016</b>	14.8	32.1	33.9	21.2	4.8	3.1	1.9	1.4	1.0	3.3	0.4	11.6	
<b>2017</b>	53.4	27.1	114.7	65.9	39.8	12.2	4.3	3.5	3.0	5.0			
Media	54.3	54.2	103.9	90.6	39.6	16.6	7.4	5.7	4.9	17.3	23.6	32.8	
Mediana	53.4	42.7	110.8	80.6	39.7	15.0	7.5	5.8	4.0	13.7	17.3	26.7	
Desv.	27.7	27.3	50.1	52.0	24.6	9.4	3.5	3.7	2.9	12.7	16.9	23.2	
Co. Var.	0.51	0.50	0.48	0.57	0.62	0.57	0.48	0.65	0.59	0.73	0.72	0.71	
Sesgo	0.32	1.54	0.35	0.78	0.54	0.77	0.20	0.78	0.28	0.41	0.72	0.75	
Curtosis	-0.13	2.28	-0.22	0.90	0.36	1.02	-0.70	0.48	-1.45	-1.50	-0.51	-0.53	

Fuente: Sistema Nacional de información de Recursos Hídricos, Autoridad Nacional del Agua- SNIRH, ANA

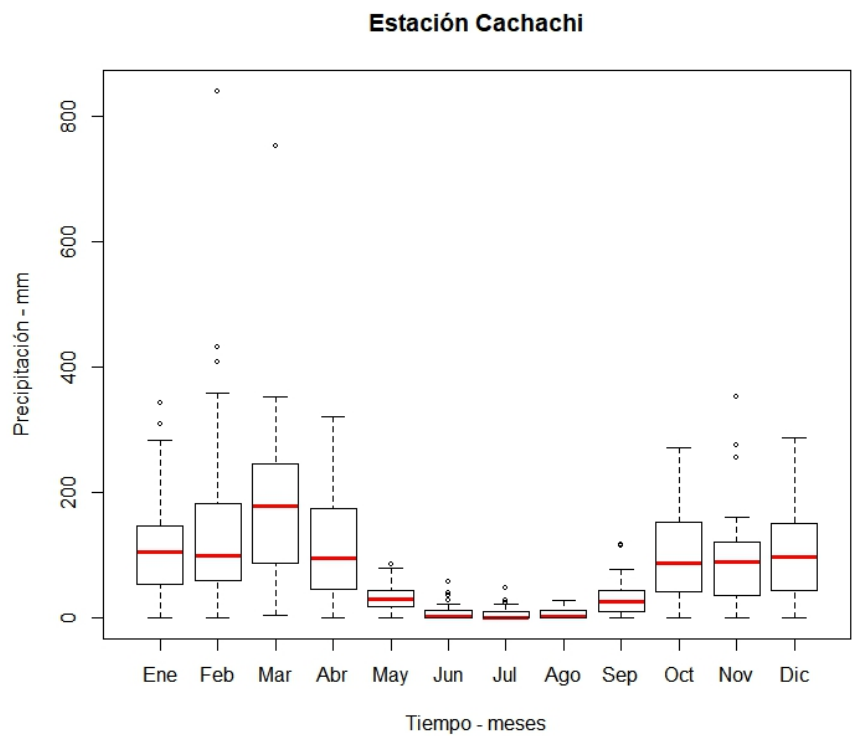
### C. Gráficos de cajas de la información hidrometeorológica



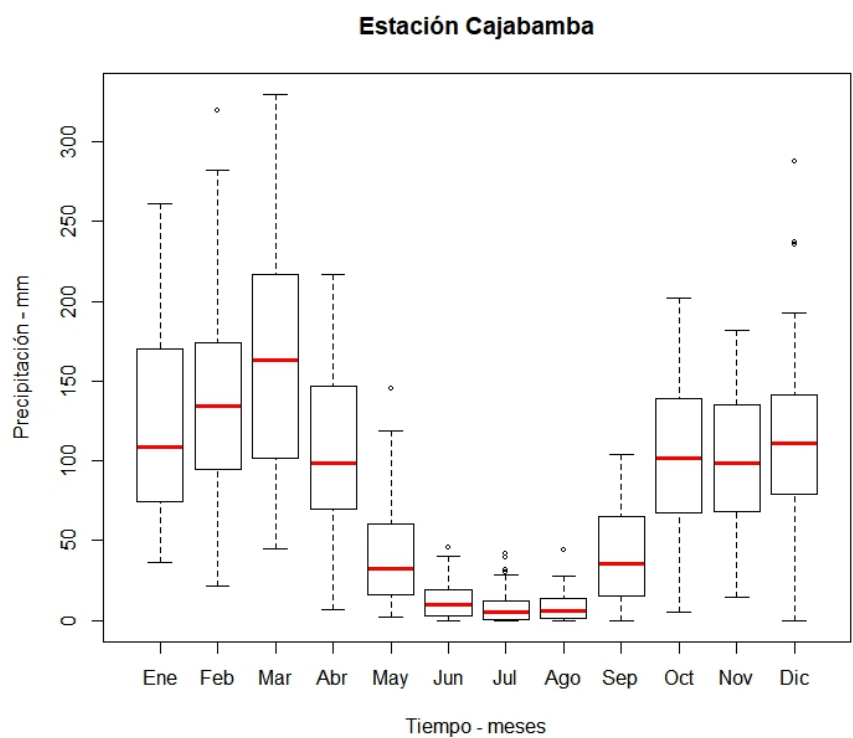
**Figura 60:** Gráfico de cajas, estación Augusto Weberbauer.



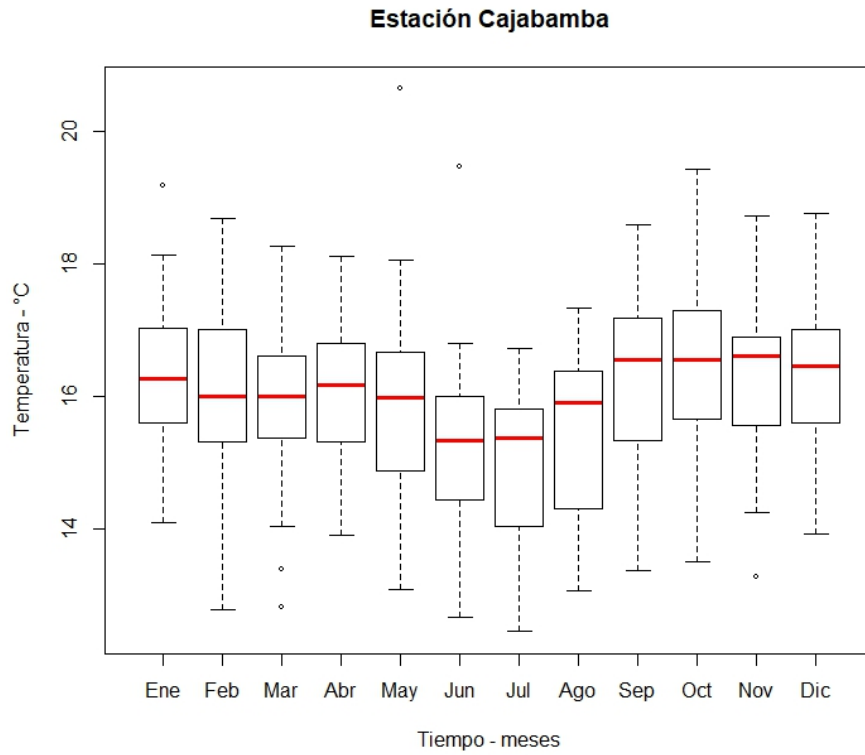
**Figura 61:** Gráfico de cajas, estación Augusto Weberbauer temperatura.



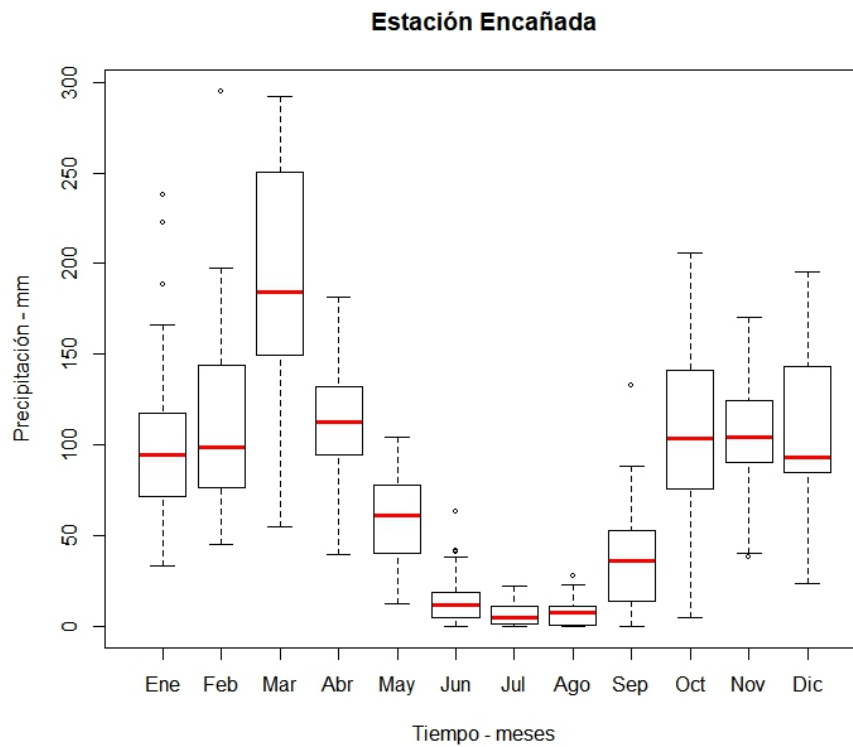
**Figura 62:** Gráfico de cajas, estación Cachachi.



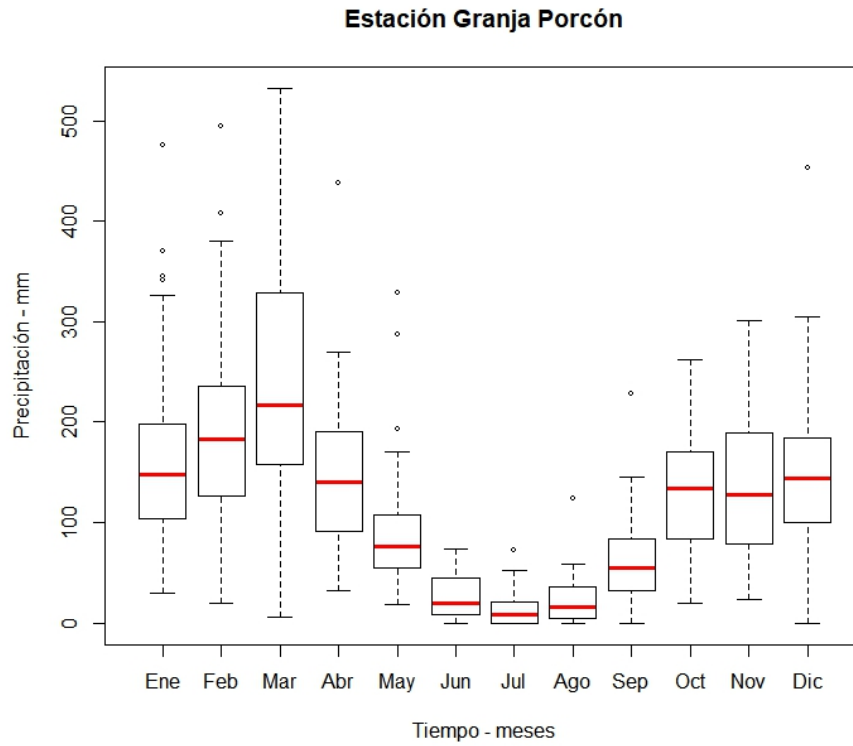
**Figura 63:** Gráfico de cajas, estación Cajabamba.



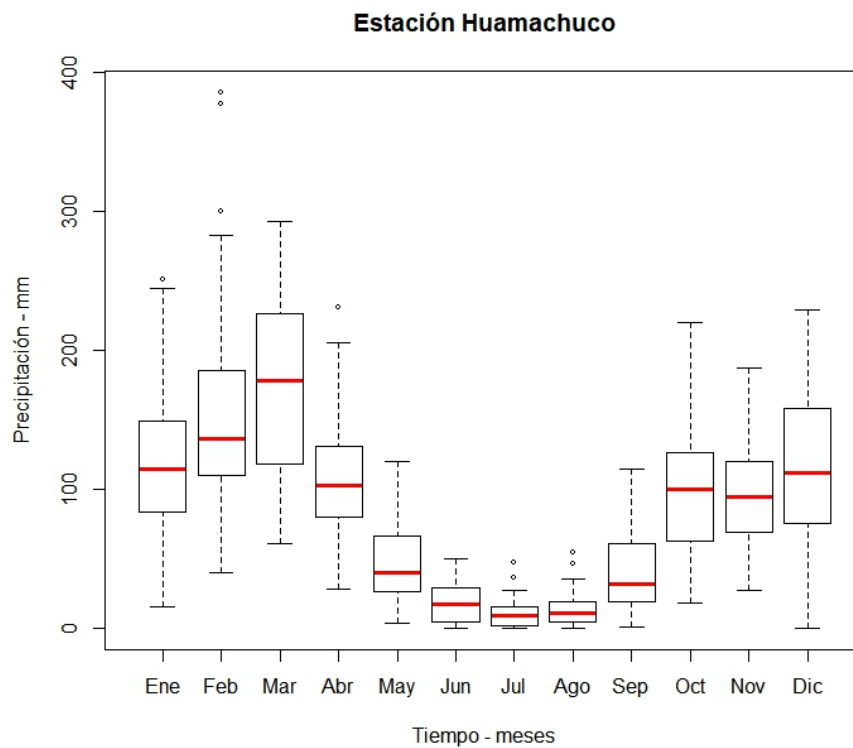
**Figura 64:** Gráfico de cajas, estación Cajabamba temperatura.



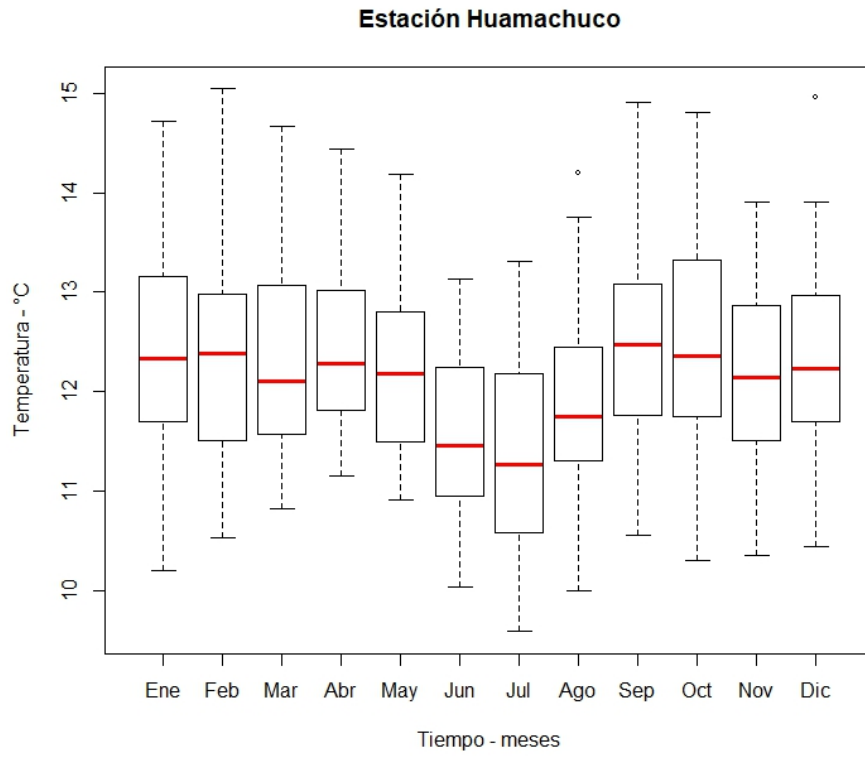
**Figura 65:** Gráfico de cajas, estación Encañada.



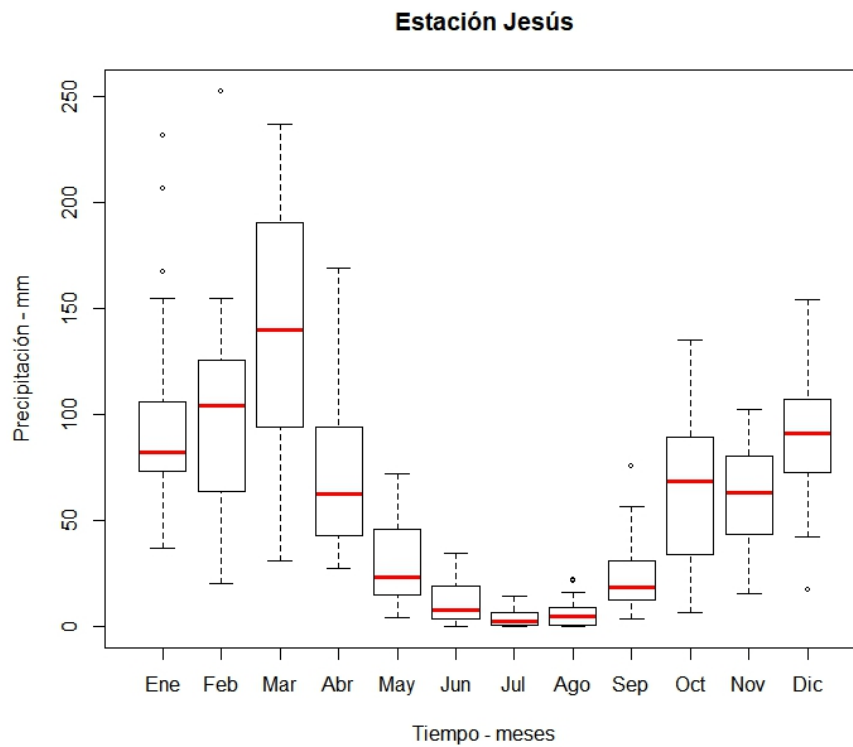
**Figura 66:** Gráfico de cajas, estación Granja Porcón.



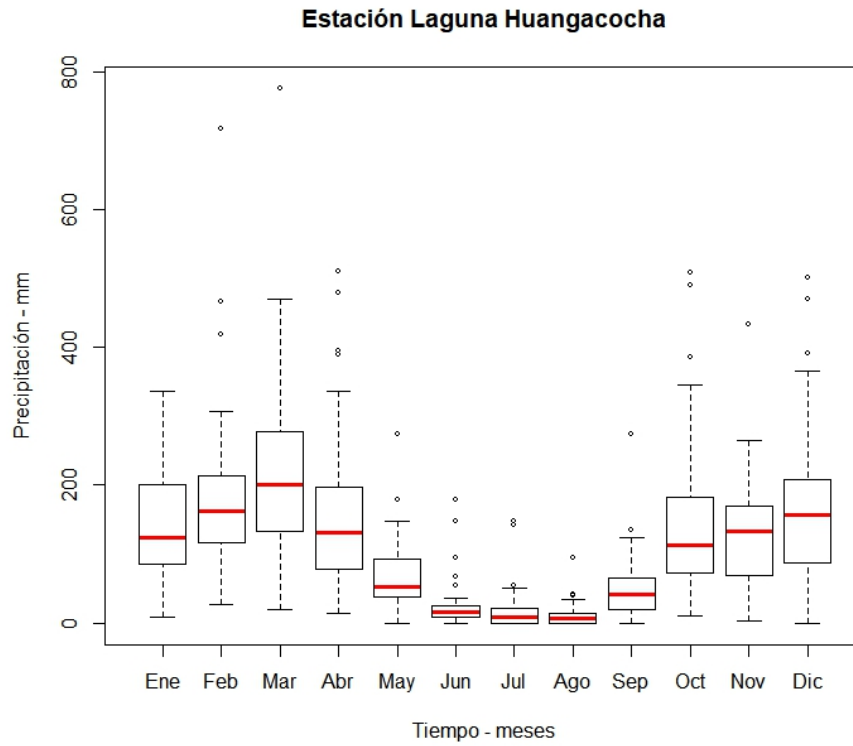
**Figura 67:** Gráfico de cajas, estación Huamachuco.



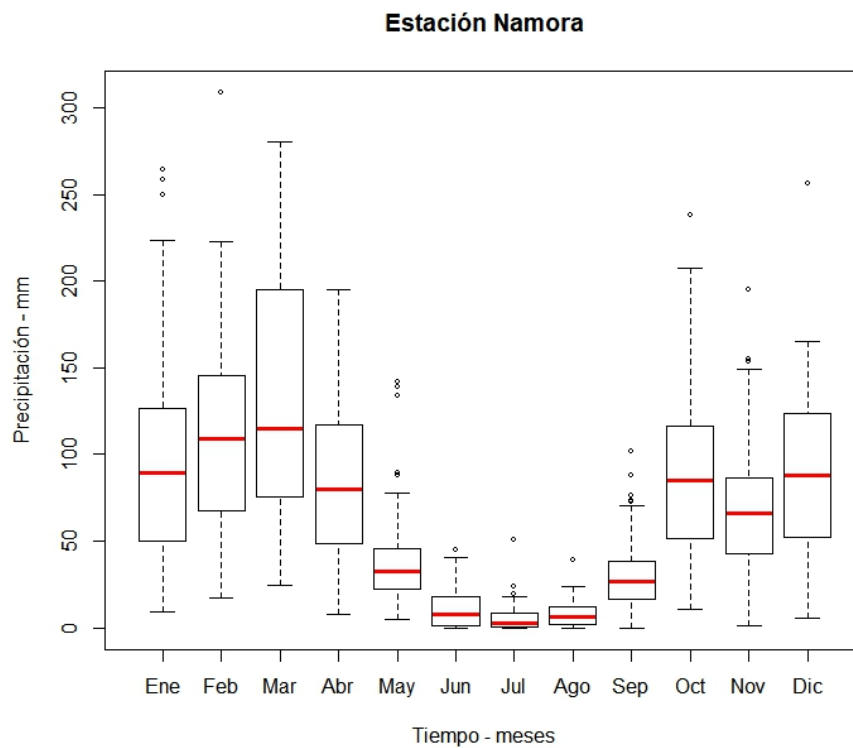
**Figura 68:** Gráfico de cajas, estación Huamachuco temperatura.



**Figura 69:** Gráfico de cajas, estación Jesús.

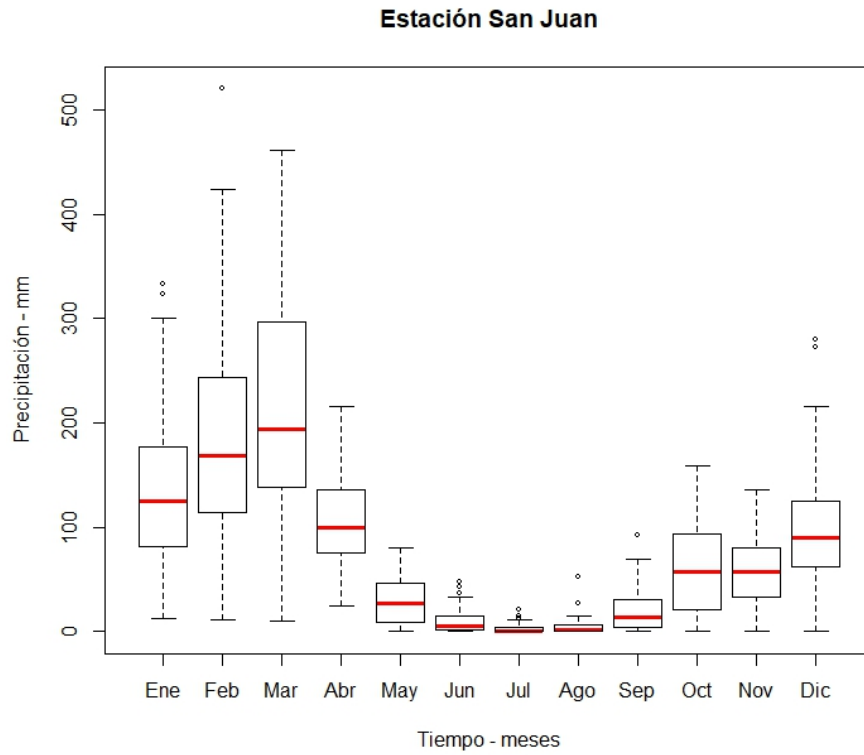


**Figura 70:** Gráfico de cajas, estación Laguna Huangacochoa.

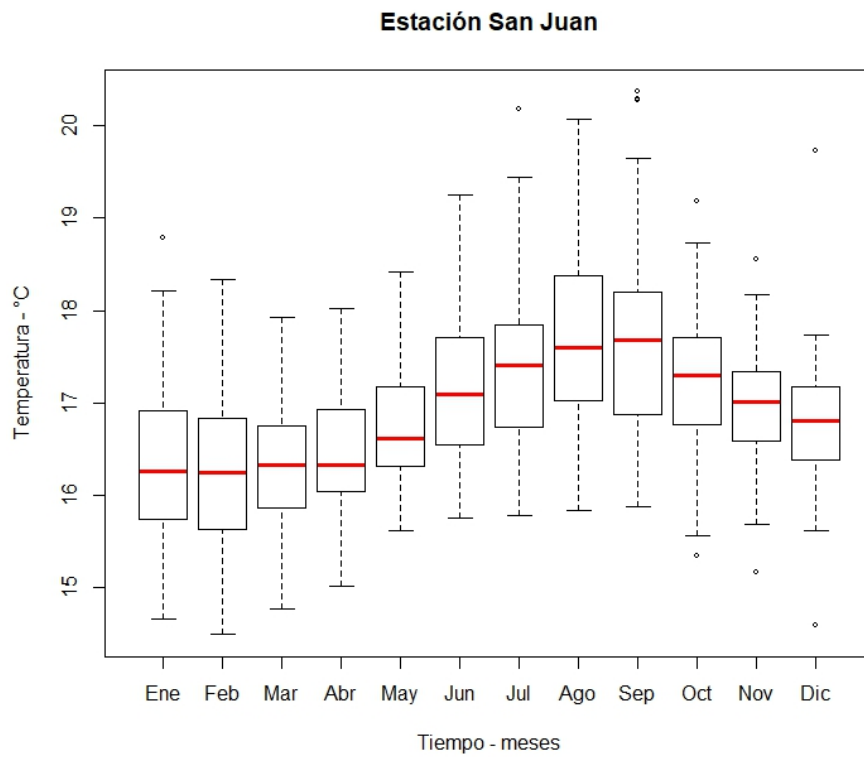


**Figura 71:** Gráfico de cajas, estación Namora.

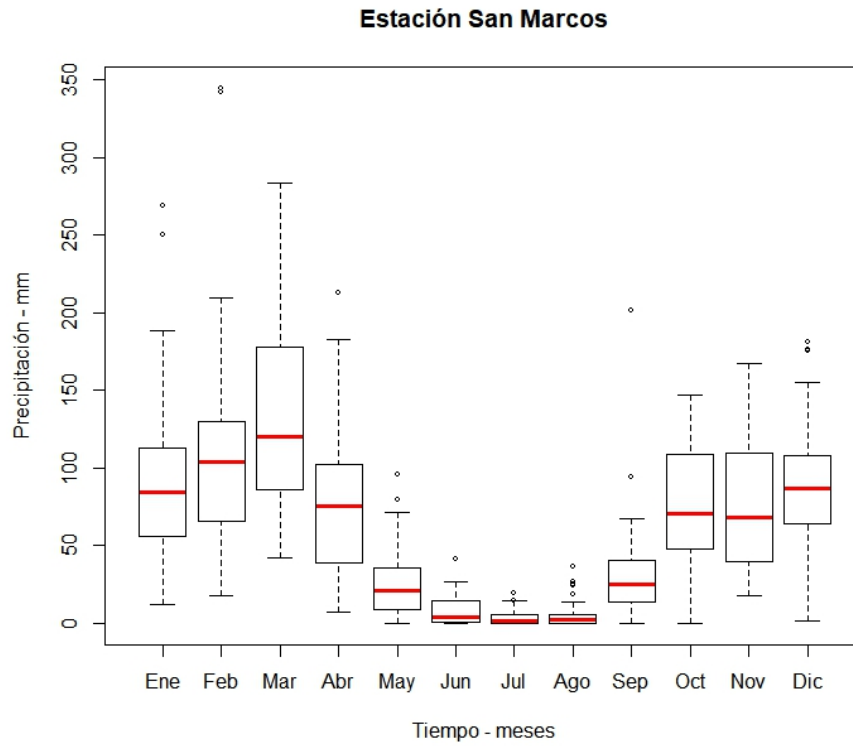




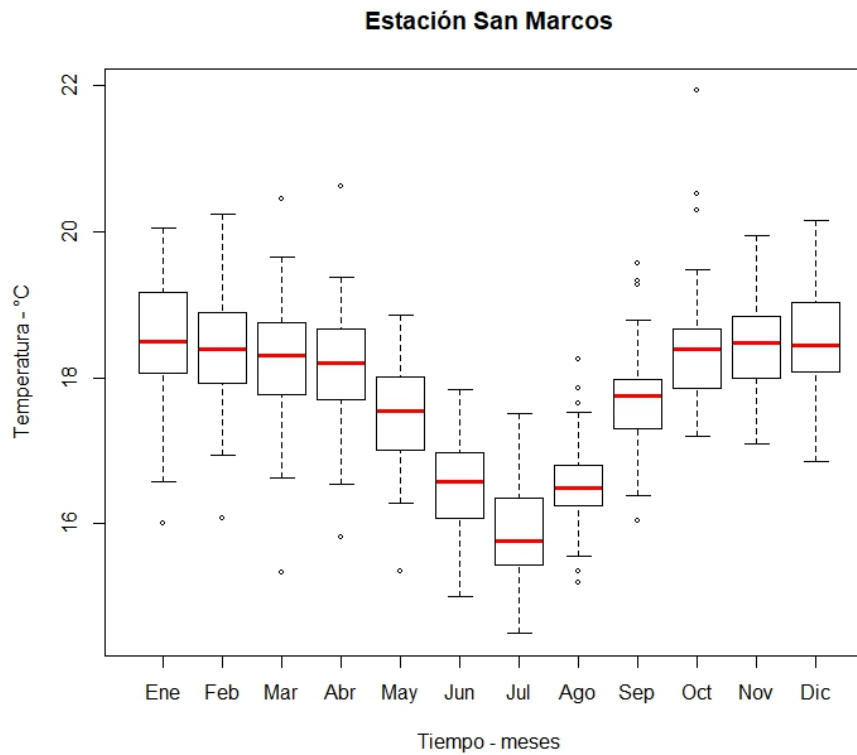
**Figura 72:** Gráfico de cajas, estación San Juan.



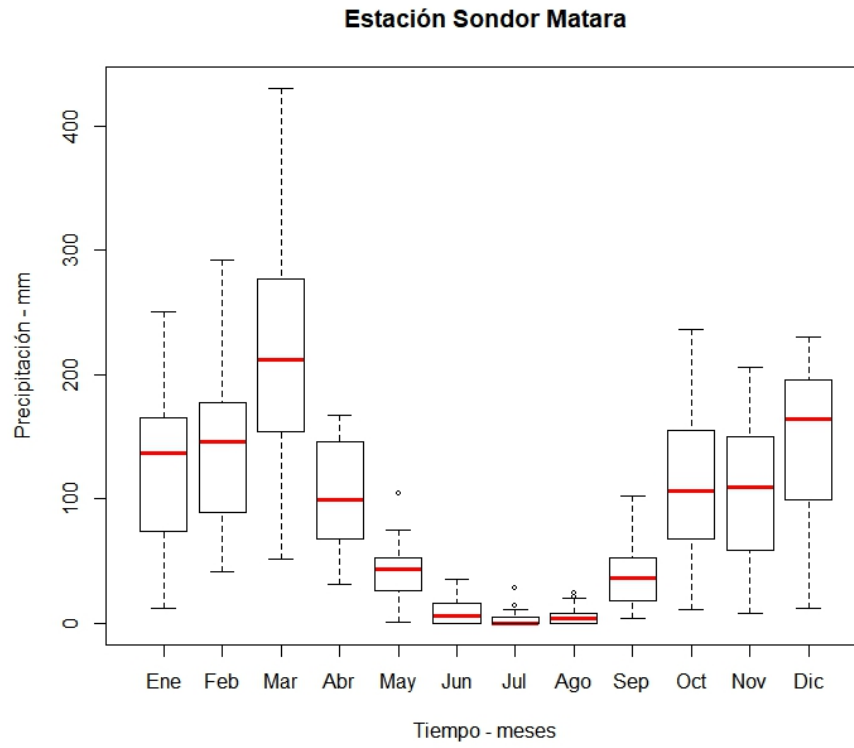
**Figura 73:** Gráfico de cajas, estación San Juan Temperatura.



**Figura 74:** Gráfico de cajas, estación San Marcos.

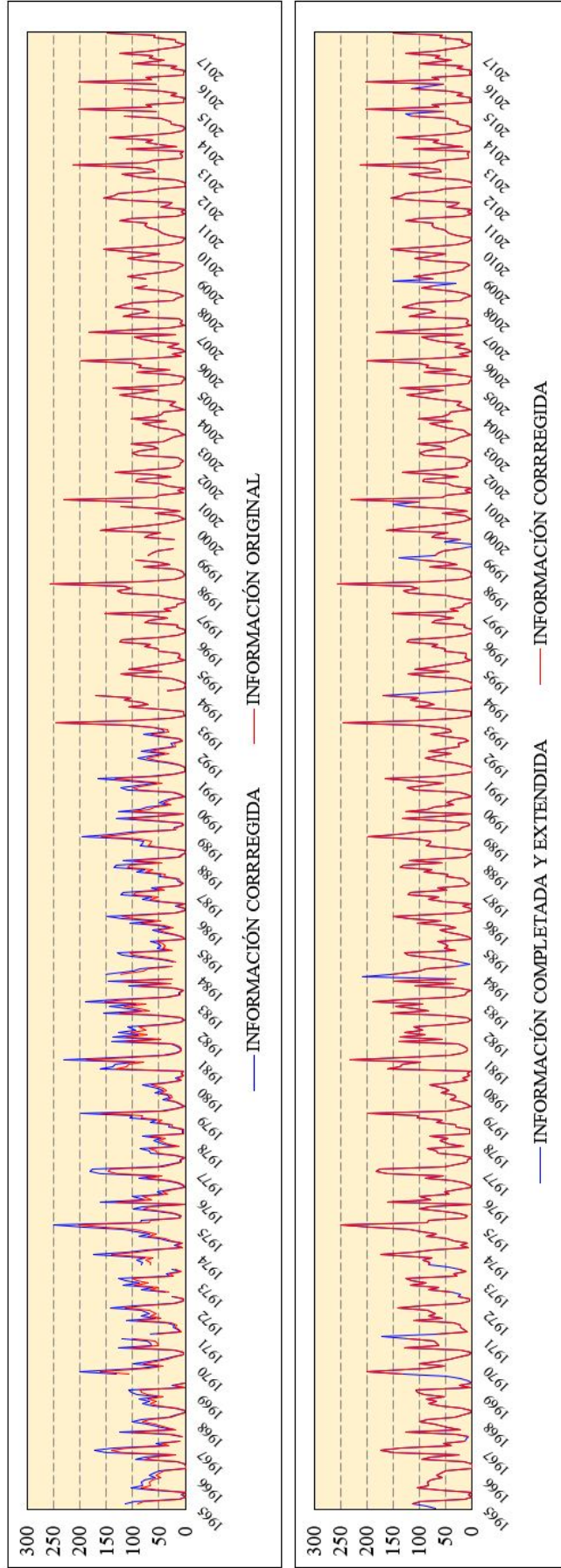


**Figura 75:** Gráfico de cajas, estación San Marcos Temperatura.



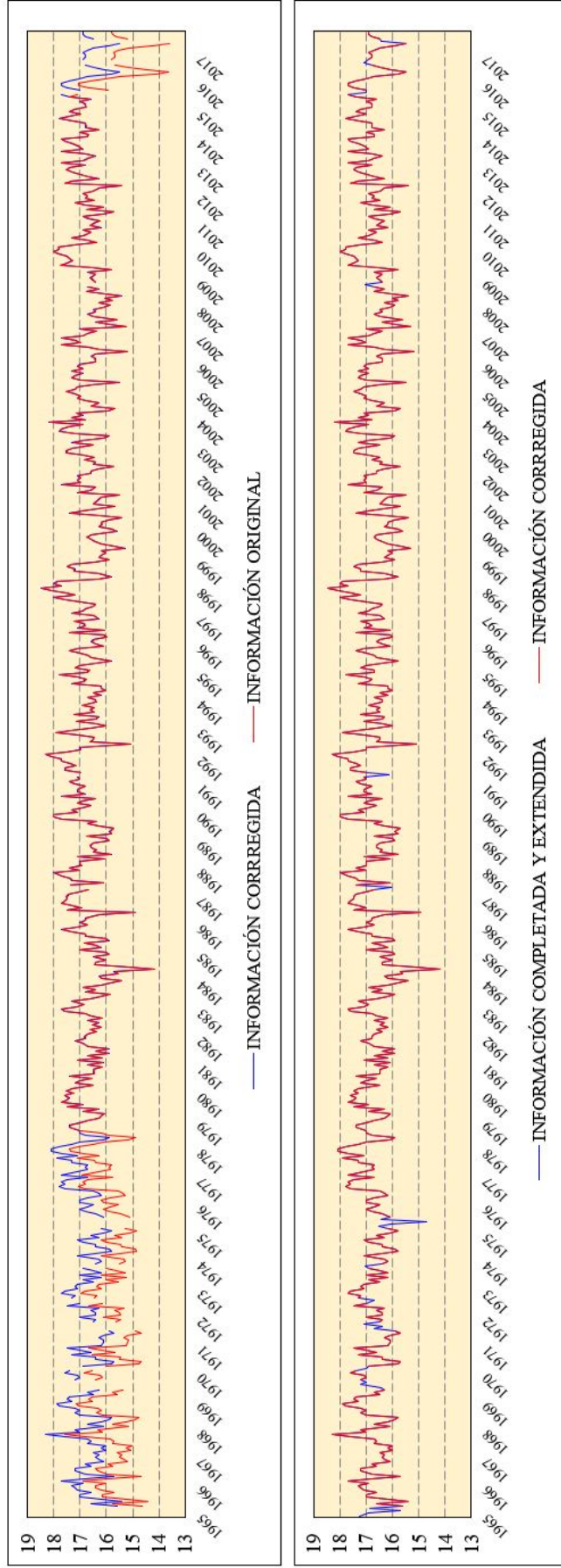
**Figura 76:** Gráfico de cajas, estación Sondor Matara.

## **D. Hidrogramas del procesamiento de información**



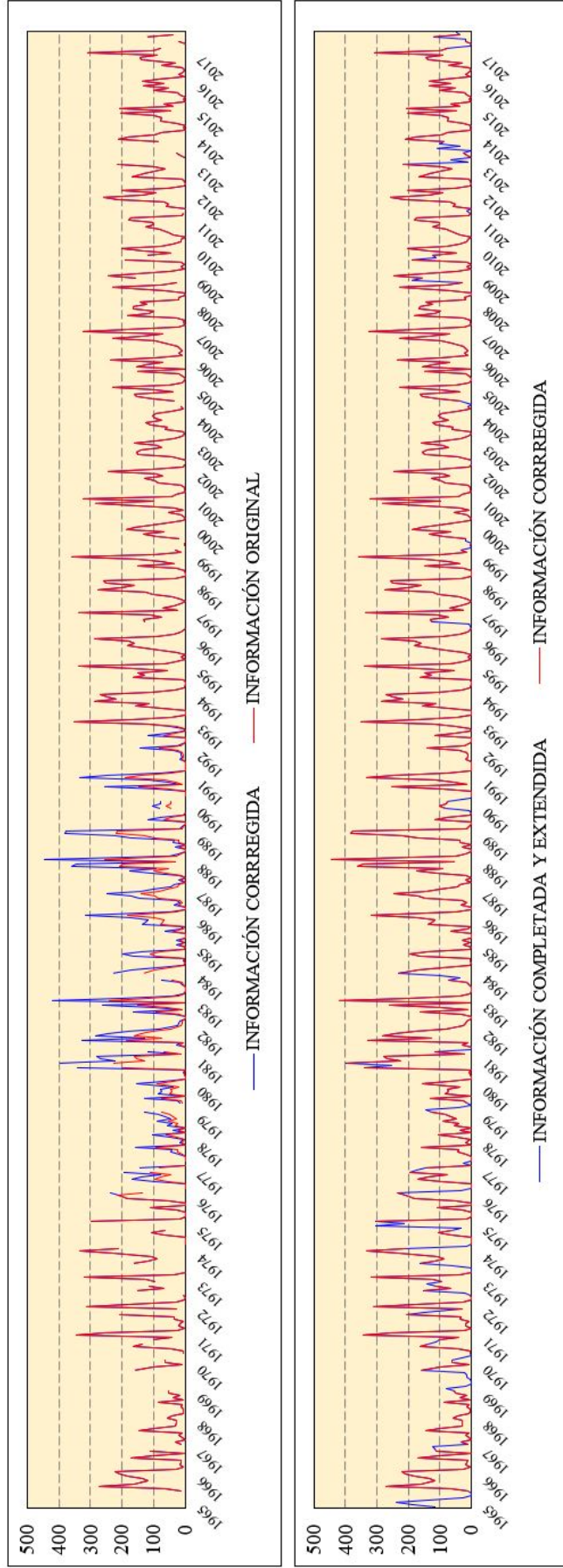
**Figura 77:** Análisis estadístico Augusto Weberbauer.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la varianza, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



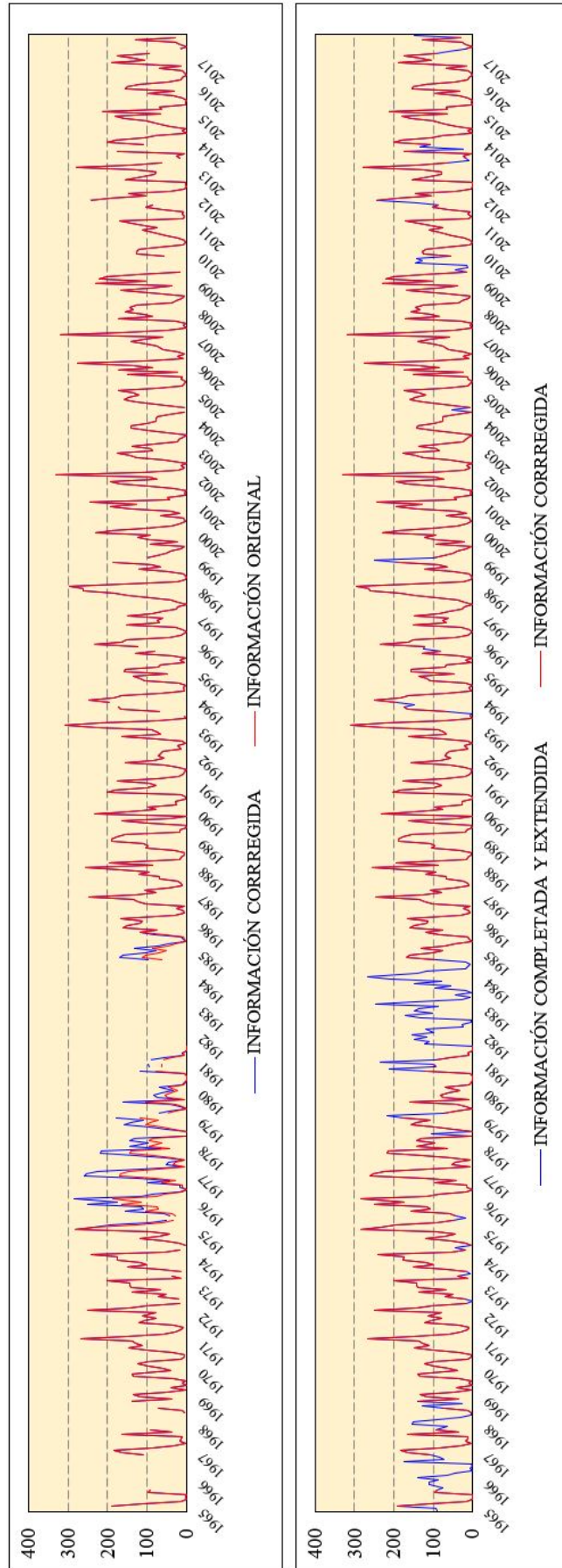
**Figura 78:** Análisis estadístico Augusto Weberbauer, temperatura.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media y la varianza y para diferentes períodos, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



**Figura 79:** Análisis estadístico Cachachi.

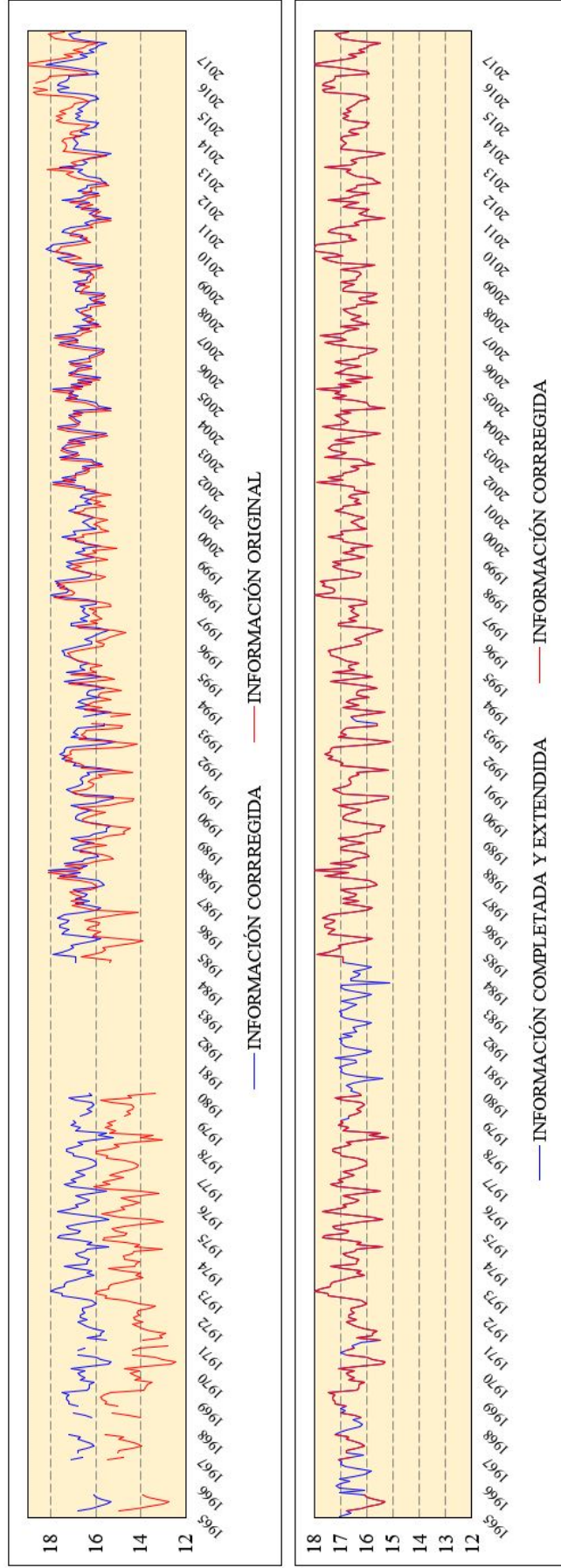
En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



**Figura 80:** Análisis estadístico Cajabamba.

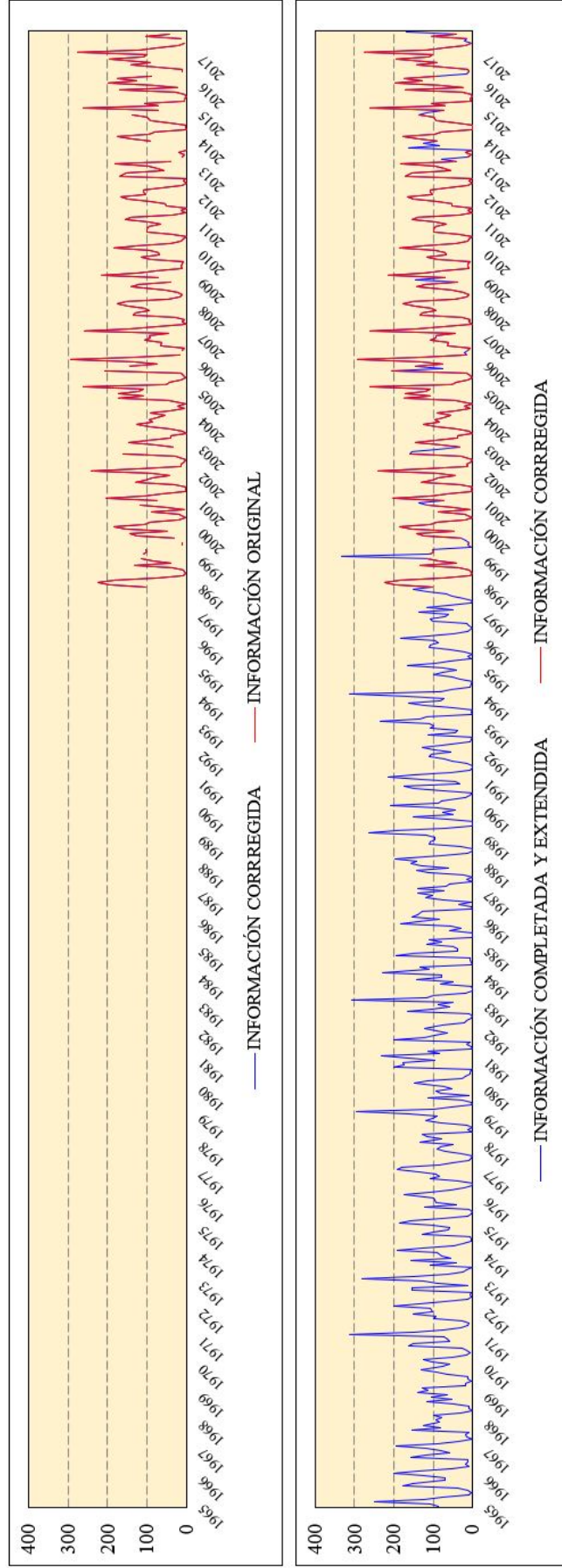
En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la varianza, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.





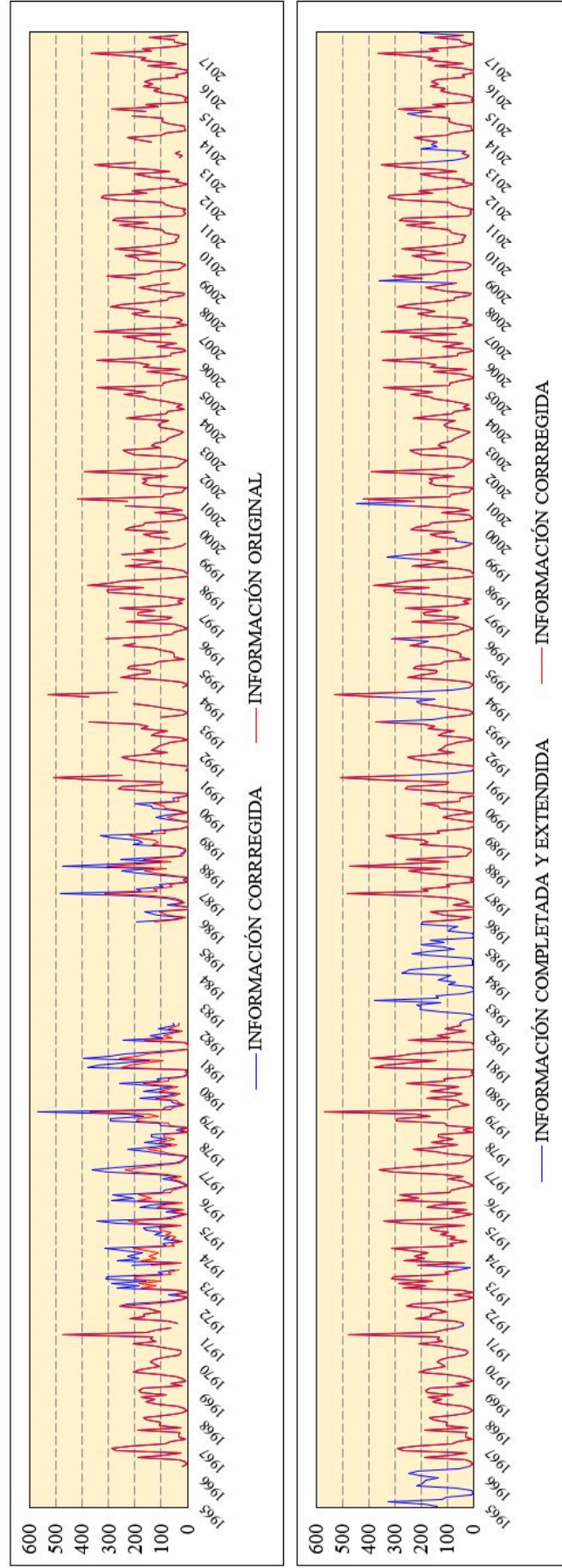
**Figura 81:** Análisis estadístico Cajabamba, temperatura.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media y la varianza y en varios períodos, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



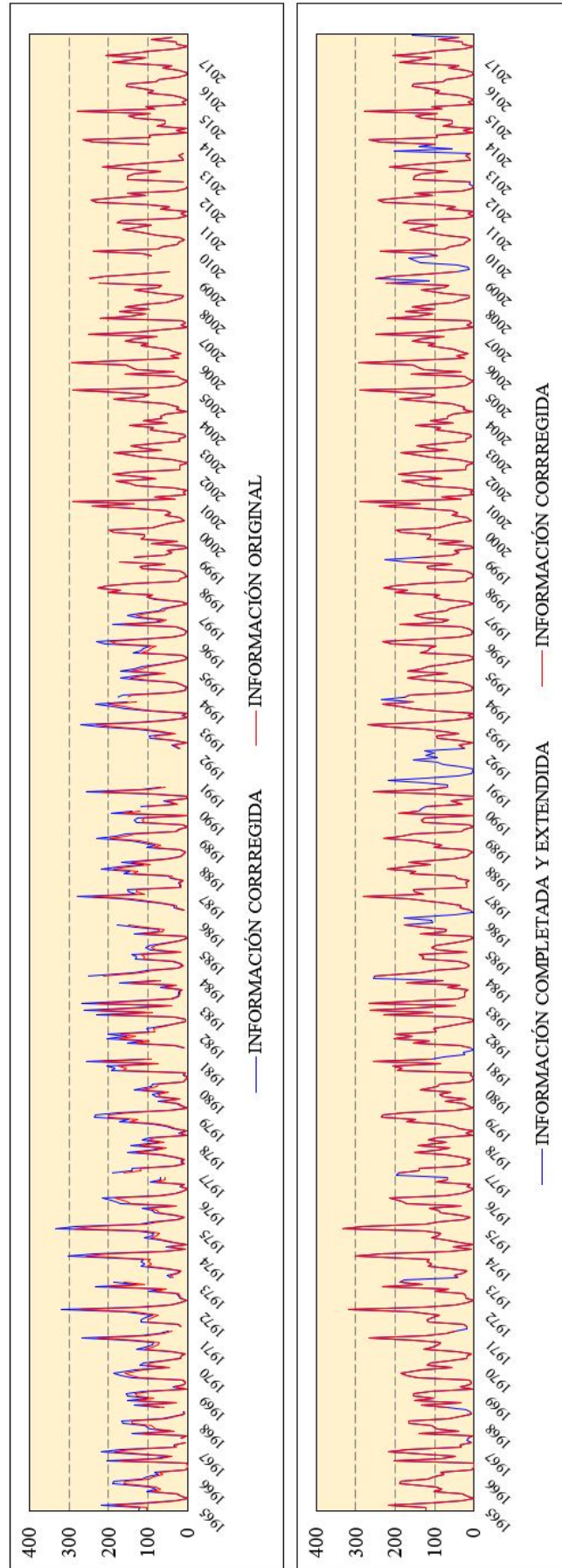
**Figura 82:** Análisis estadístico Encañada.

En los datos de esta estación meteorológica no se detectaron saltos ni tendencias. Se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



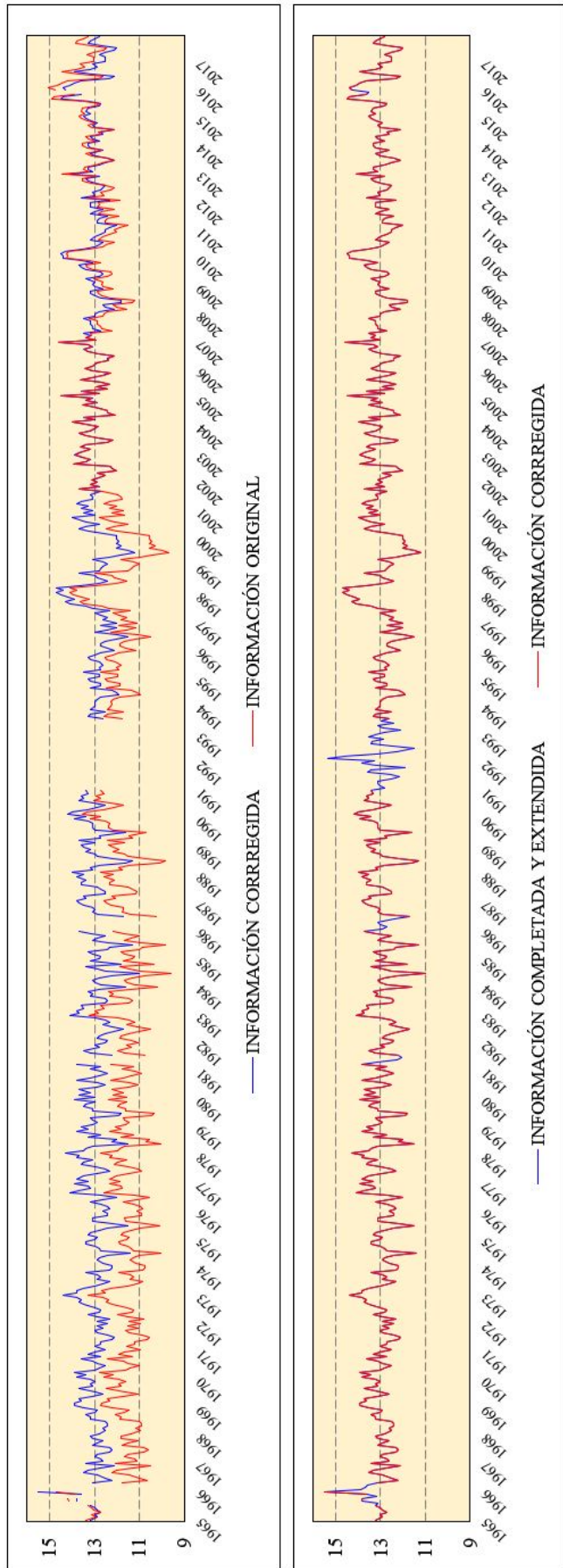
**Figura 83:** Análisis estadístico Granja Porcón.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



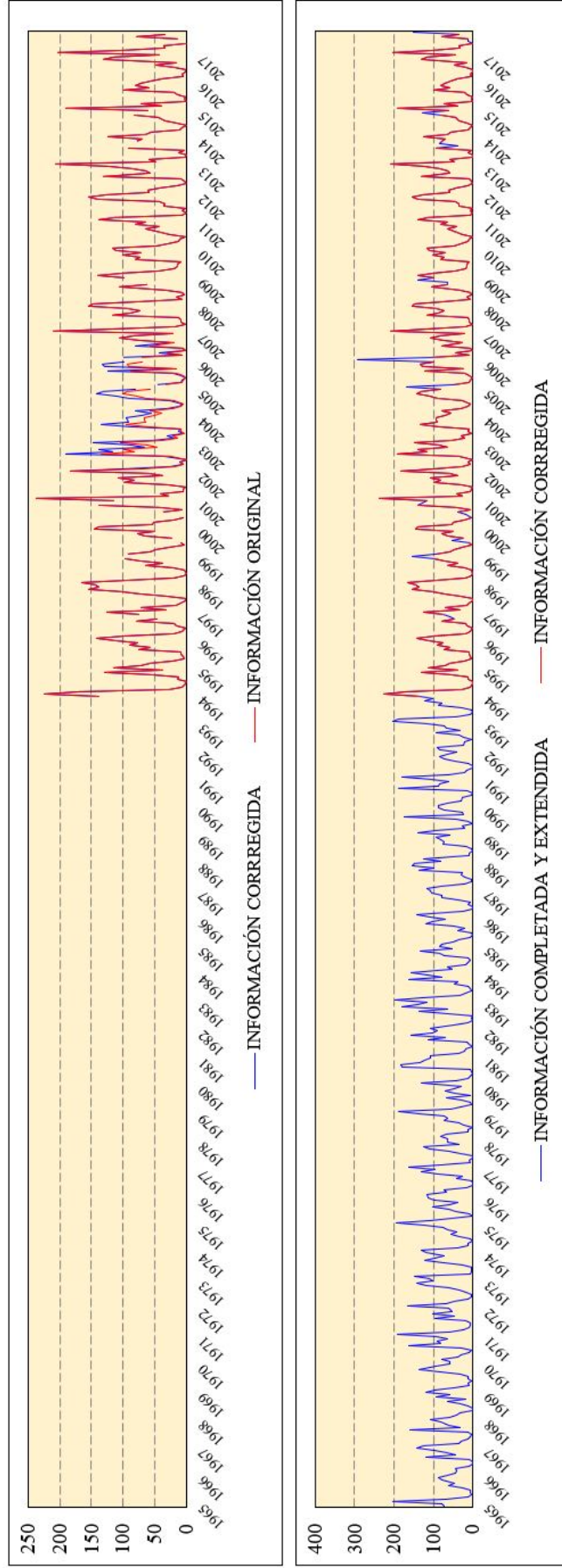
**Figura 84:** Análisis estadístico Huamachuco.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



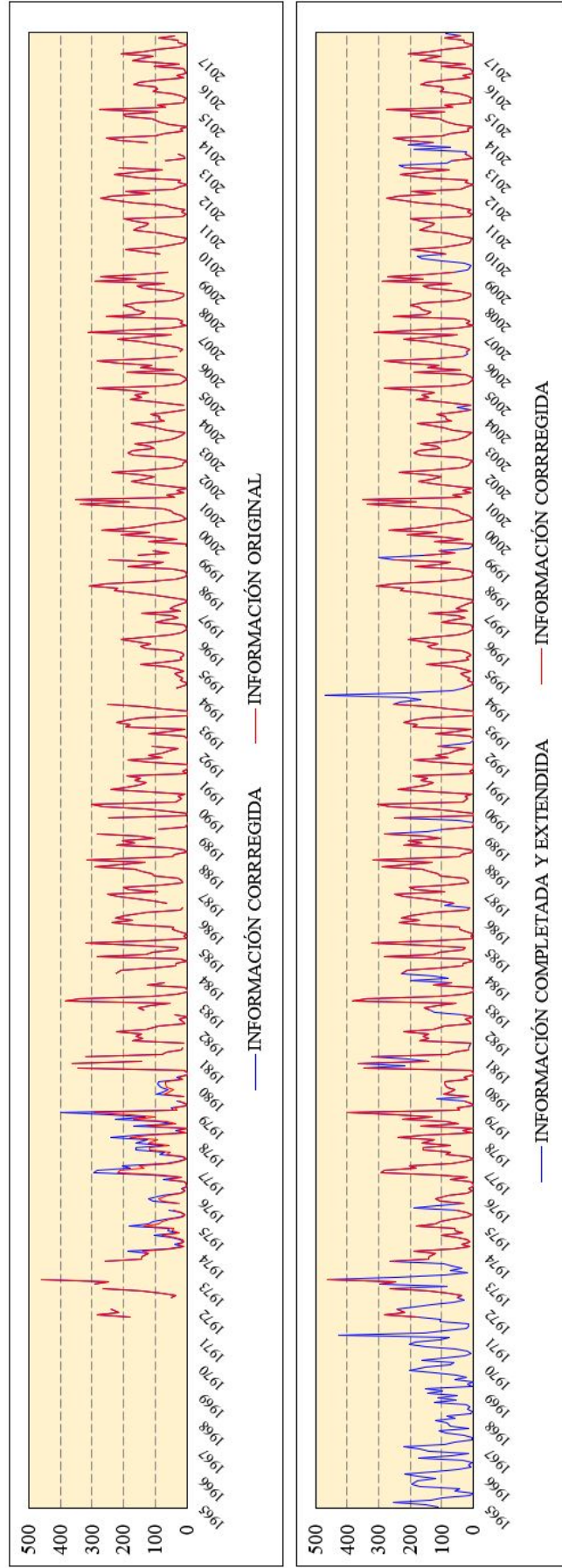
**Figura 85:** Análisis estadístico Huamachuco, temperatura.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media y la varianza y hasta en seis períodos, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



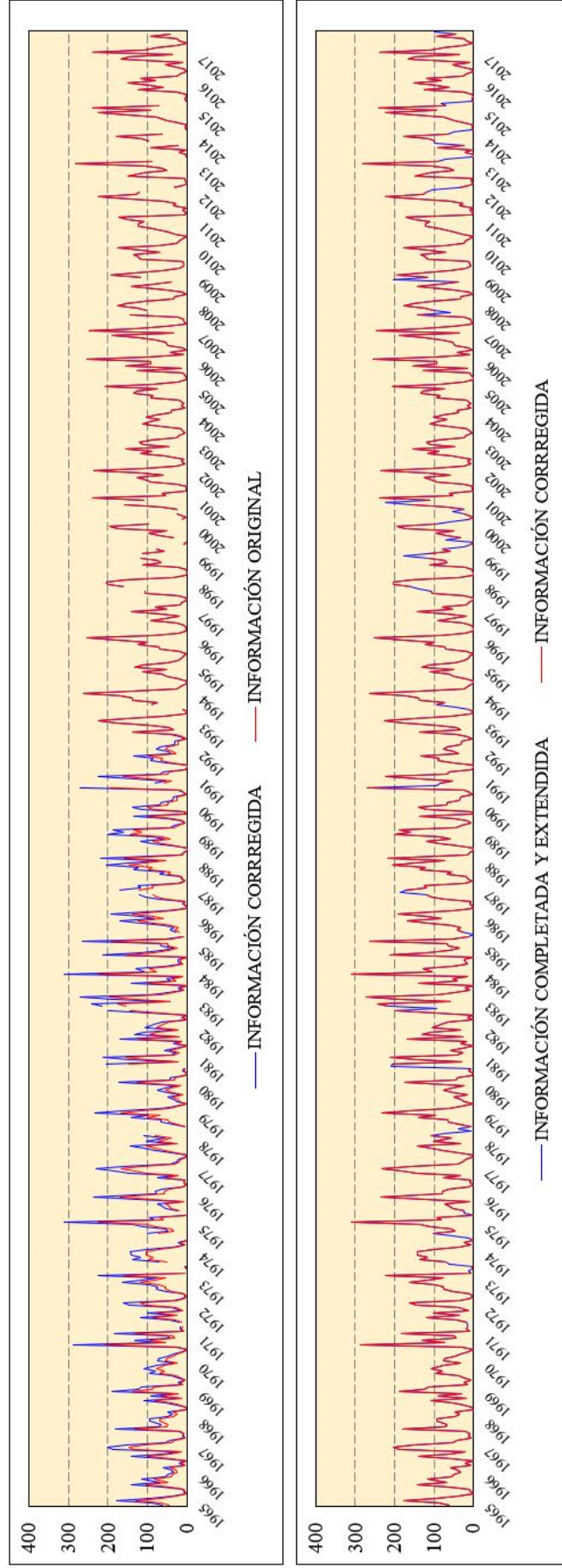
**Figura 86:** Análisis estadístico Jesús.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la varianza, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



**Figura 87:** Análisis estadístico Laguna Huangacochoa.

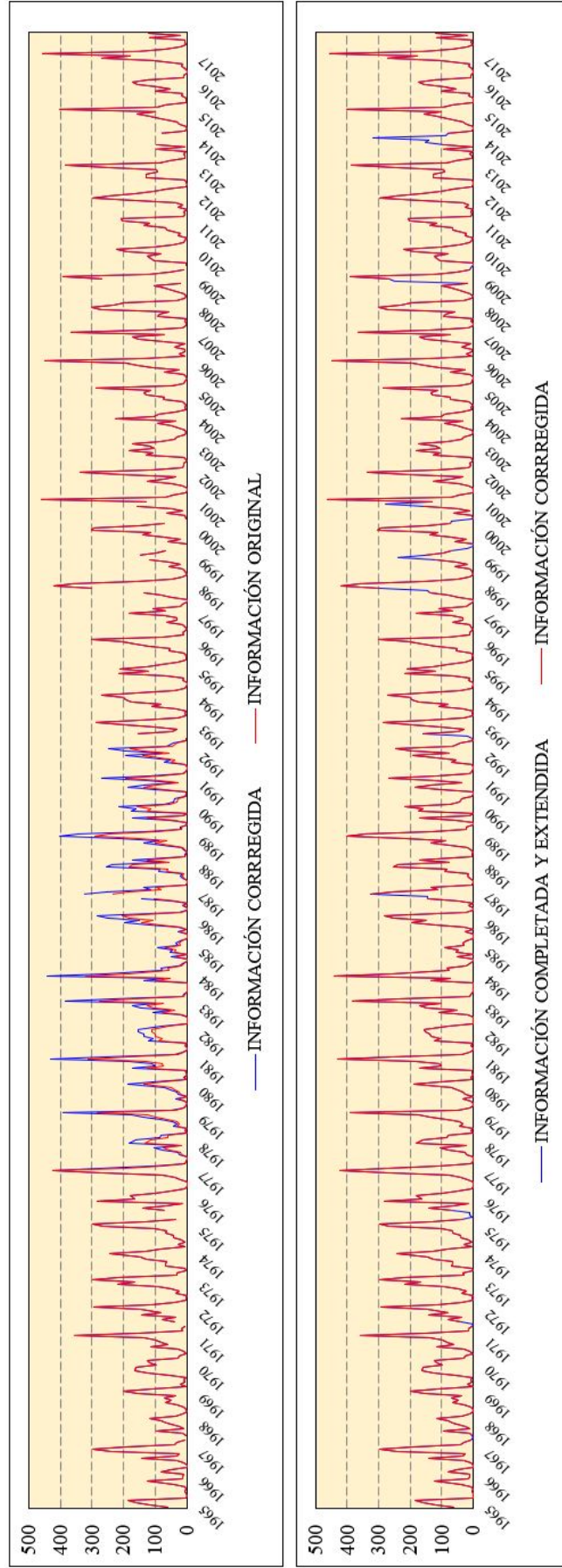
En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la varianza, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



**Figura 88:** Análisis estadístico Namora.

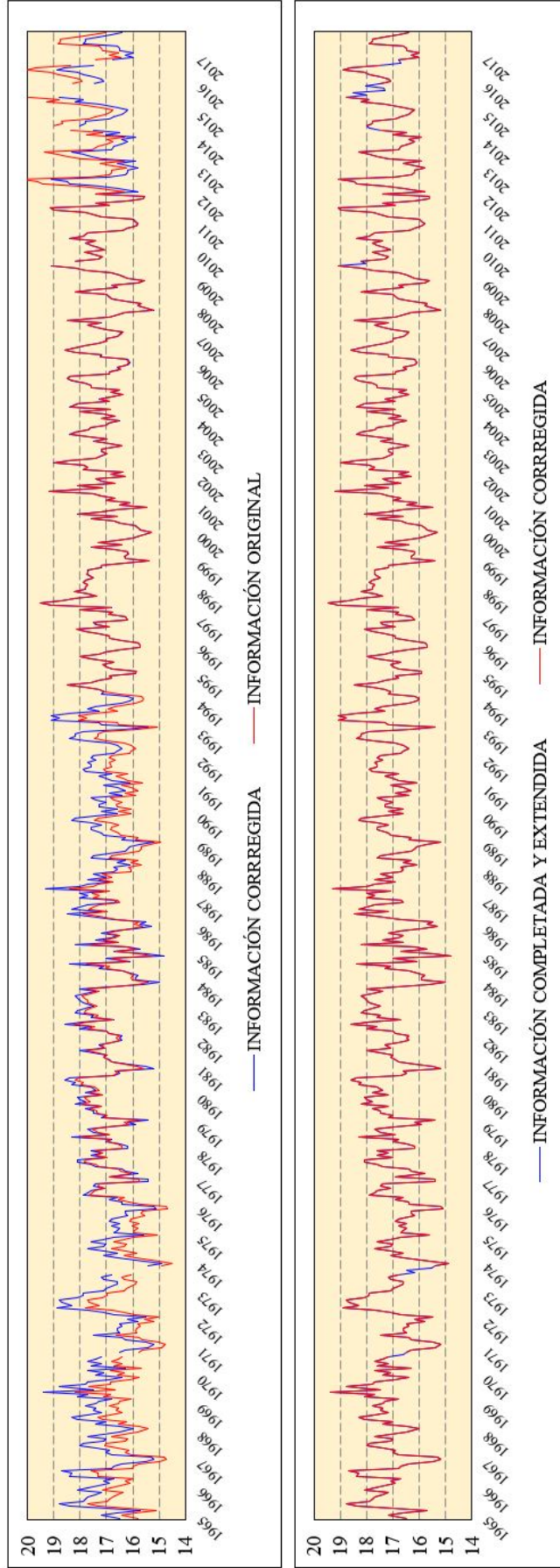
En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.





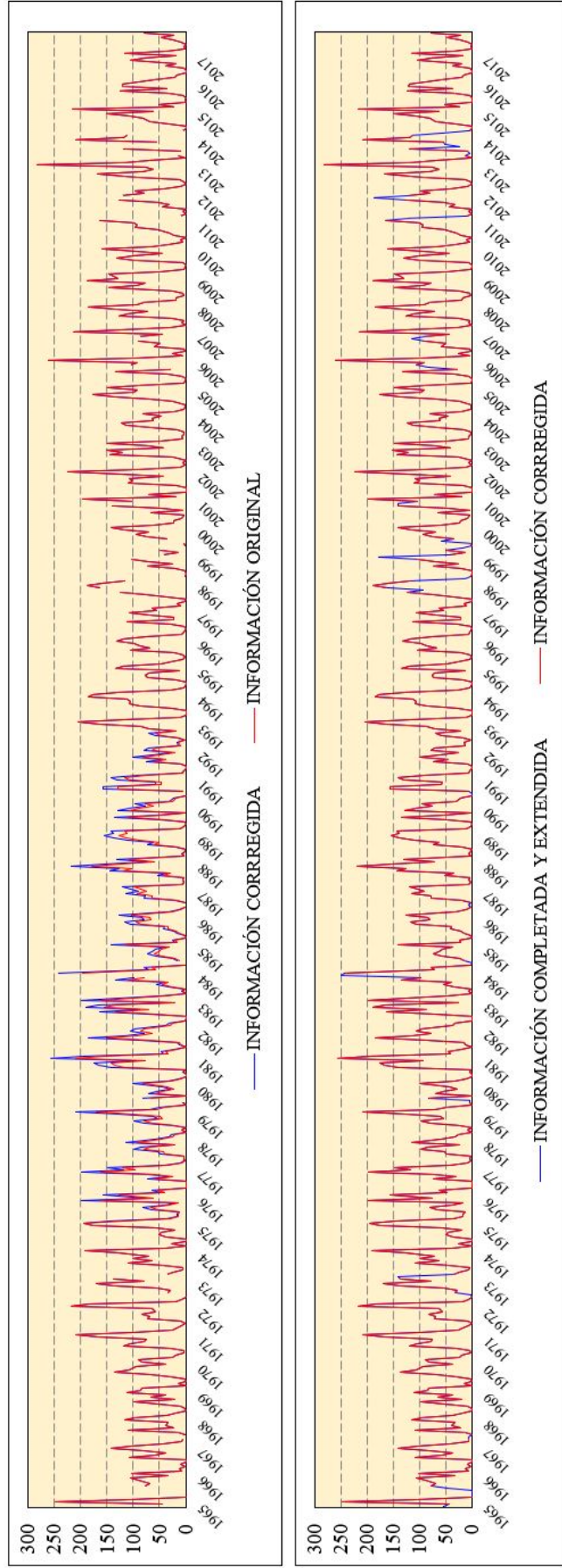
**Figura 89:** Análisis estadístico San Juan.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la varianza, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



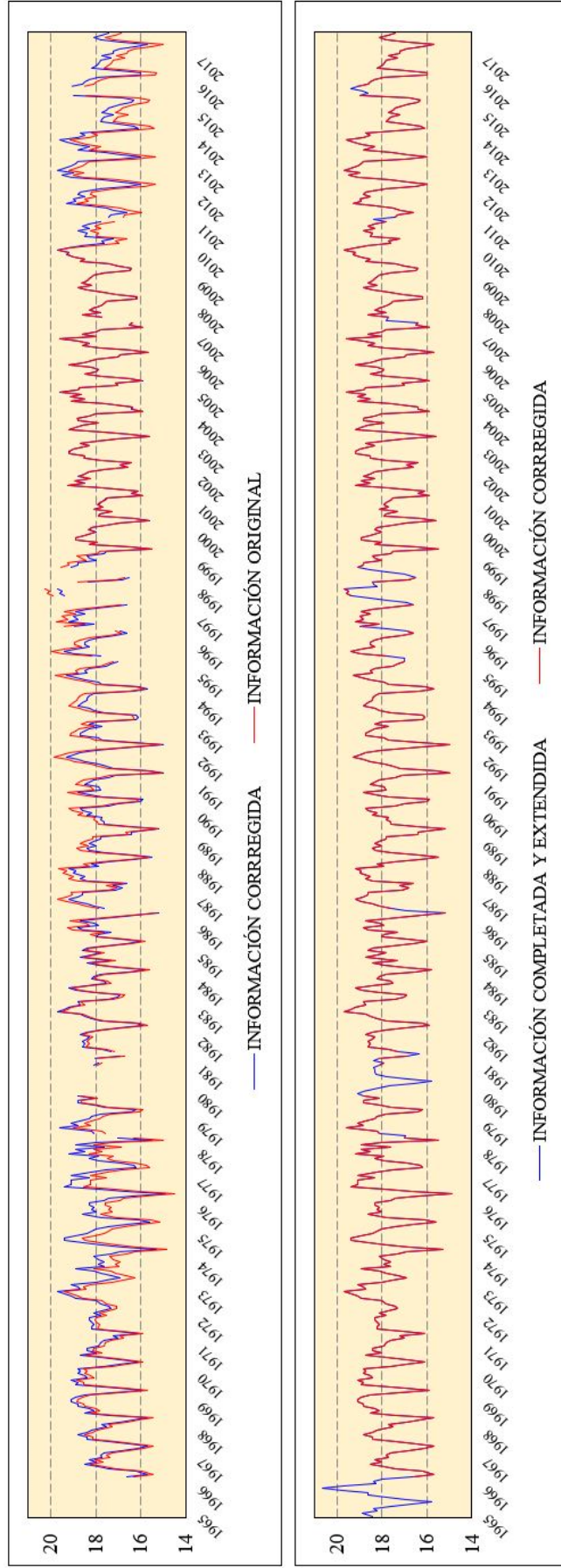
**Figura 90:** Análisis estadístico San Juan, temperatura.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media y la varianza y hasta en cuatro períodos, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



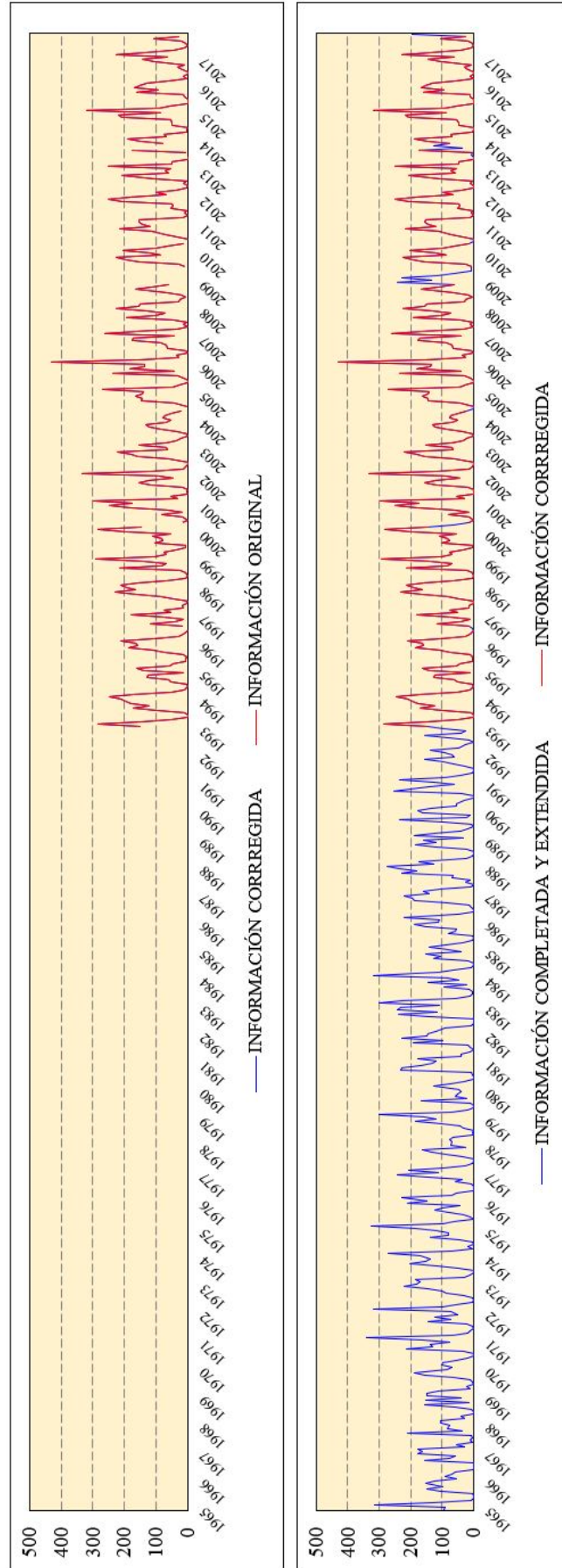
**Figura 91:** Análisis estadístico San Marcos.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la varianza, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



**Figura 92:** Análisis estadístico San Marcos, temperatura.

En los datos de esta estación meteorológica se pudieron detectar saltos en la media y la varianza y hasta en tres períodos, por lo cual se procedió con la corrección de los mismos, no se encontraron tendencias. Posteriormente se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.



**Figura 93:** Análisis estadístico Sondor Matara.

En los datos de esta estación meteorológica no se detectaron saltos ni tendencias. Se realizó la completación de los datos faltantes teniendo en cuenta su correlación con otras estaciones.

## E. Comandos utilizados en R para el análisis de información

- **Gráfico de Cajas**
  - `boxplot(datosPrecipitacion,medcol="red",outcex=0.5,main="Nombre de la estación",ylab="Precipitación - mm",xlab="Tiempo - meses")`
  - `boxplot(datosTemperatura,medcol="red",outcex=0.5,main="Nombre de la estación",ylab="Temperatura - °C",xlab="Tiempo - meses")`
- **Test de Buishand**
  - `bu.test(datos)`
  - `br.test(datos)`
- **Identificación de períodos**
  - `plot(datos,type="l")`
  - `brt<-BuishandRangeTest(datos)`
  - `plot(brt,type="l")`
- **Test de Fligner-Killeen**
  - `temp=c(datosDudosos,datosConfiables)`
  - `grupo=c(rep("a",numeroDudosos),rep("b",numeroConfiables))`
  - `dt<-data.frame(temp grupo,data=dt)`
  - `fligner.test(temp grupo,data=dt)`
- **Test de Mann-Kendall**
  - `mk.test(datosHomogeneos)`
- **Exportar datos**
  - `write.table(datos,"ubicación",sep="\t")`

## **F. Información meteorológica completa y extendida**

**Cuadro 72: Augusto Weberbauer, precipitación.**

ESTACIÓN	:	<b>AUGUSTO WEBERBAUER</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°10'2.98"</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°29'35.14"</b>				
Dist.	:	<b>Cajamarca</b>					Elev.	:	<b>2673 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	69.0	88.1	112.9	96.9	12.9	0.0	7.7	0.0	61.0	103.7	81.9	84.3	
<b>1966</b>	77.8	56.9	67.6	59.4	49.6	0.0	0.0	0.9	16.3	95.3	77.8	23.2	
<b>1967</b>	149.9	173.0	135.3	40.1	54.7	12.8	10.1	7.2	30.9	125.3	22.1	45.5	
<b>1968</b>	72.0	100.5	84.0	32.5	18.5	2.0	2.0	20.1	62.0	82.3	67.7	87.8	
<b>1969</b>	52.1	91.4	103.6	106.3	1.9	24.3	0.4	6.3	22.8	47.3	132.0	200.9	
<b>1970</b>	88.0	51.9	99.1	67.6	42.0	24.7	4.0	3.1	22.6	127.7	63.8	67.1	
<b>1971</b>	72.4	121.3	171.4	67.8	9.9	15.1	21.8	21.3	34.8	111.4	56.8	82.5	
<b>1972</b>	68.8	83.8	141.1	94.5	22.4	5.5	4.2	25.5	21.1	39.0	82.5	62.3	
<b>1973</b>	118.3	87.8	114.7	126.0	29.5	35.6	10.5	24.0	46.8	83.1	81.2	93.0	
<b>1974</b>	76.4	173.6	110.5	73.2	5.8	21.5	8.1	33.9	48.0	87.7	68.3	95.3	
<b>1975</b>	118.6	194.1	250.5	85.3	82.9	12.4	8.9	23.9	55.9	99.5	80.7	1.1	
<b>1976</b>	161.7	78.0	100.8	42.8	53.3	28.5	0.1	5.5	15.3	39.9	88.8	55.1	
<b>1977</b>	161.1	181.6	176.0	52.8	31.6	9.9	9.3	0.1	20.0	66.2	68.0	84.6	
<b>1978</b>	15.8	42.7	60.5	45.9	81.4	4.8	5.5	4.7	31.0	30.3	67.0	55.6	
<b>1979</b>	104.3	101.2	198.0	46.0	20.2	2.2	9.3	19.5	41.7	30.3	32.6	57.8	
<b>1980</b>	43.3	52.6	80.6	36.3	8.6	18.7	4.0	8.3	2.9	161.7	137.7	132.3	
<b>1981</b>	97.0	231.3	131.1	41.8	18.2	8.2	8.9	15.7	27.3	138.8	56.6	138.0	
<b>1982</b>	88.9	127.6	93.9	110.0	47.4	9.7	2.6	8.2	54.4	154.8	83.5	108.4	
<b>1983</b>	144.6	93.9	189.5	131.1	38.6	12.5	11.9	3.3	23.8	107.8	34.8	146.8	
<b>1984</b>	30.6	208.9	153.5	99.2	86.2	31.1	4.4	23.2	45.5	85.1	121.0	129.1	
<b>1985</b>	30.5	52.6	46.1	52.0	65.7	0.5	6.0	22.7	46.3	62.0	29.6	50.0	
<b>1986</b>	104.7	59.2	120.0	149.1	20.1	0.7	1.5	18.1	1.6	54.1	82.1	64.2	
<b>1987</b>	121.8	118.1	48.6	64.7	11.3	5.0	13.4	15.3	49.0	46.1	92.1	76.3	
<b>1988</b>	136.0	130.8	55.6	118.6	13.2	6.7	0.0	0.5	40.8	86.1	80.9	78.6	
<b>1989</b>	107.9	196.9	140.8	105.9	23.3	20.7	4.0	7.3	66.3	132.2	58.4	3.3	
<b>1990</b>	126.2	84.9	72.3	34.0	49.0	30.5	1.0	8.8	24.9	108.6	122.9	89.7	
<b>1991</b>	54.3	111.6	165.8	68.5	22.2	0.9	0.5	0.4	12.6	35.0	68.3	89.2	
<b>1992</b>	65.2	39.4	82.6	57.7	23.4	26.3	5.7	12.4	50.6	79.4	39.7	42.3	
<b>1993</b>	61.0	112.2	245.0	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1	
<b>1994</b>	116.9	103.1	170.2	99.1	35.3	3.3	0.0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6	
<b>1995</b>	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4	
<b>1996</b>	65.2	124.0	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1	
<b>1997</b>	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.4	50.8	119.9	129.4	
<b>1998</b>	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9	
<b>1999</b>	94.8	138.3	69.5	65.0	53.7	22.8	0.9	1.2	51.5	21.7	77.0	68.8	
<b>2000</b>	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3	
<b>2001</b>	150.5	100.8	230.2	57.2	48.1	2.4	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9	
<b>2002</b>	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1	
<b>2003</b>	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7	
<b>2004</b>	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7	
<b>2005</b>	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8	
<b>2006</b>	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7	
<b>2007</b>	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	118.9	97.6	68.8	
<b>2008</b>	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.5	2.3	11.7	34.7	96.5	72.0	30.1	
<b>2009</b>	149.8	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2	
<b>2010</b>	49.5	112.9	154.0	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	29.0	43.4	52.5	70.9	
<b>2011</b>	76.6	73.3	125.2	102.0	16.7	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7	
<b>2012</b>	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.2	0.0	2.5	19.1	83.2	120.3	58.3	
<b>2013</b>	61.5	98.0	213.6	73.8	62.6	7.5	5.7	8.9	3.7	110.7	17.0	51.9	
<b>2014</b>	74.7	62.4	143.2	78.8	26.9	5.0	2.0	3.9	27.7	26.3	45.7	114.9	
<b>2015</b>	126.2	55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	45.7	114.9	
<b>2016</b>	84.2	55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5	
<b>2017</b>	69.2	61.6	125.3	70.2	41.9	10.5	1.7	18.9	17.7	60.3	57.2	149.1	
Media	86.9	104.0	131.3	74.1	34.2	10.8	5.4	9.4	30.6	73.2	71.9	82.3	
Mediana	80.2	100.8	125.3	70.2	29.5	8.2	4.0	6.4	27.8	78.5	68.8	81.7	
Desv.	37.9	47.5	55.9	27.6	21.6	9.9	4.9	9.0	16.8	38.3	29.5	38.1	
Co. Var.	0.44	0.46	0.43	0.37	0.63	0.91	0.92	0.95	0.55	0.52	0.41	0.46	
Sesgo	0.34	0.72	0.42	0.58	0.79	0.79	1.02	0.89	0.33	0.28	0.21	0.42	
Curtosis	-0.68	0.13	-0.38	-0.24	-0.10	-0.50	0.81	-0.17	-0.86	-0.66	-0.40	0.86	



**Cuadro 73: Augusto Weberbauer, temperatura.**

ESTACIÓN	:	<b>AUGUSTO WEBERBAUER</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Temperatura promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>grados centígrados - °C</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°10'2.98"</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°29'35.14"</b>				
Dist.	:	<b>Cajamarca</b>					Elev.	:	<b>2673 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
1965	17.3	16.9	15.7	16.9	15.6	16.6	15.4	16.2	17.0	17.0	16.6	17.1	
1966	17.2	17.3	16.9	17.7	16.8	15.7	16.8	17.2	17.2	16.6	16.8	16.1	
1967	16.3	16.4	16.3	16.5	16.0	16.2	16.0	16.7	16.6	16.7	17.6	18.3	
1968	17.0	17.2	16.1	16.7	16.2	15.9	15.8	17.0	17.2	17.0	17.2	17.8	
1969	17.9	17.3	17.5	17.4	16.5	16.7	16.3	16.4	17.2	17.0	17.2	17.0	
1970	17.1	17.6	17.4	17.0	16.9	15.8	15.7	16.4	16.4	17.3	16.6	17.0	
1971	17.5	16.2	16.1	16.1	16.3	16.1	15.7	15.9	16.7	16.4	17.1	16.5	
1972	16.4	17.0	16.4	16.4	16.6	16.3	17.5	17.0	16.7	17.3	17.2	17.7	
1973	17.6	17.1	17.2	17.1	16.5	16.9	16.2	17.0	16.2	16.5	16.9	17.0	
1974	16.4	16.2	16.3	17.1	16.4	15.8	15.9	16.4	16.4	16.9	17.1	16.3	
1975	16.6	16.1	15.8	16.2	16.5	16.1	14.7	16.4	16.1	16.4	16.8	17.0	
1976	16.7	16.5	17.0	17.0	16.7	16.2	16.3	16.5	17.6	17.8	17.6	17.7	
1977	17.5	16.7	17.7	17.1	16.7	16.8	16.7	17.3	17.3	17.9	17.1	17.7	
1978	18.1	18.1	17.8	17.3	17.0	16.1	15.9	16.8	17.0	17.0	17.4	17.4	
1979	17.0	16.7	16.3	16.2	16.1	16.9	16.3	17.5	16.9	17.7	17.5	17.4	
1980	17.6	17.3	17.5	17.3	16.5	17.2	17.0	16.6	17.4	16.5	16.5	16.5	
1981	16.2	16.7	16.1	17.1	16.2	16.7	15.9	16.4	15.9	16.7	16.9	17.2	
1982	16.8	16.8	16.7	16.4	16.6	16.2	16.5	16.3	16.7	16.2	16.6	16.8	
1983	17.6	17.7	17.1	16.9	17.3	16.6	16.2	15.9	16.8	16.4	16.9	16.2	
1984	15.8	15.4	16.2	16.3	15.6	15.7	14.2	15.2	16.4	16.4	16.0	16.5	
1985	15.9	16.0	17.0	16.2	16.4	16.8	15.9	16.0	16.8	16.8	17.3	17.7	
1986	17.1	16.7	17.0	16.8	16.8	16.3	14.9	17.5	17.0	17.3	17.7	17.6	
1987	17.5	17.5	17.4	17.0	16.7	16.1	17.4	16.1	17.3	17.4	17.7	18.0	
1988	17.0	17.4	17.0	17.0	17.0	16.1	17.1	15.8	16.5	16.4	16.6	16.6	
1989	16.5	15.9	16.0	16.7	15.8	15.9	15.7	16.3	16.7	16.4	17.7	18.0	
1990	18.0	17.1	17.3	16.9	16.6	17.1	16.9	16.4	17.7	16.8	17.1	17.1	
1991	16.8	17.2	17.4	17.0	17.1	16.1	17.0	17.6	17.6	17.2	17.4	17.7	
1992	17.7	18.1	18.3	17.5	17.0	17.0	15.1	16.6	16.5	16.5	17.1	17.9	
1993	17.3	16.6	16.0	16.4	17.1	16.4	16.3	17.2	16.5	16.6	16.5	16.9	
1994	16.4	16.4	16.7	16.2	16.5	16.0	16.2	16.2	17.3	16.9	16.8	17.1	
1995	17.8	16.7	16.7	17.2	17.0	16.4	15.8	16.6	16.7	17.0	17.4	17.1	
1996	16.1	16.4	16.6	16.5	16.0	16.1	17.4	16.1	17.1	16.8	16.9	17.2	
1997	16.3	16.5	17.3	16.9	16.8	16.5	16.4	17.0	17.6	18.0	17.2	17.6	
1998	18.1	18.5	17.7	18.0	17.9	16.3	15.8	16.3	17.2	17.2	17.5	17.3	
1999	16.4	15.9	16.3	16.2	16.0	16.2	15.3	15.7	16.2	16.4	16.6	16.7	
2000	16.6	15.6	15.8	16.3	16.2	16.2	15.9	15.4	16.3	17.4	16.9	16.3	
2001	15.7	16.5	16.4	16.3	16.2	15.5	17.1	16.6	16.4	17.7	17.0	17.1	
2002	17.0	17.1	16.6	16.6	16.3	15.7	16.5	16.4	16.8	16.5	16.9	17.5	
2003	17.5	17.3	16.5	17.3	16.9	16.1	15.9	17.2	17.8	17.7	17.4	16.9	
2004	18.2	16.8	17.3	16.9	17.1	15.9	15.7	16.6	16.3	16.8	17.1	17.0	
2005	17.2	17.5	17.2	17.1	16.5	15.5	17.0	17.3	17.2	16.9	17.3	16.9	
2006	17.1	17.0	16.4	16.4	16.6	16.4	15.2	16.3	16.7	17.7	17.0	17.2	
2007	17.7	16.9	16.7	16.4	17.0	15.3	15.9	16.4	15.6	16.5	16.7	16.4	
2008	16.5	16.1	15.9	16.3	15.8	16.0	15.4	16.1	16.7	16.3	16.7	17.0	
2009	16.4	16.5	16.6	16.4	16.7	15.8	16.6	17.7	17.5	17.3	17.4	17.5	
2010	17.8	18.0	17.8	17.8	17.2	16.4	16.7	17.3	16.9	16.6	16.9	16.2	
2011	16.6	16.5	16.3	16.7	16.9	16.1	15.7	16.7	16.1	16.8	17.2	16.5	
2012	16.8	16.7	16.9	16.5	16.3	15.4	17.6	17.3	16.3	16.7	17.0	17.3	
2013	17.5	17.4	16.8	17.7	16.9	16.7	16.4	16.8	17.7	16.9	17.1	17.3	
2014	17.6	17.7	16.7	16.7	17.0	16.3	16.8	16.8	16.8	17.3	17.8	17.4	
2015	17.0	17.4	17.2	16.8	16.8	17.0	16.6	17.4	17.7	17.0	17.0	17.5	
2016	17.7	17.7	17.4	17.0	16.7	15.8	15.5	16.1	16.5	16.8	17.1	16.9	
2017	16.8	16.8	16.9	16.7	16.5	15.9	15.5	16.4	16.5	16.8	16.9	16.9	
Media	17.0	16.9	16.8	16.8	16.6	16.2	16.2	16.6	16.8	16.9	17.1	17.1	
Mediana	17.0	16.8	16.7	16.8	16.6	16.2	16.2	16.5	16.8	16.8	17.1	17.1	
Desv.	0.6	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	
Co. Var.	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	
Sesgo	-0.13	0.09	0.18	0.51	-0.05	0.23	-0.15	-0.05	0.03	0.62	-0.17	-0.04	
Curtosis	-0.83	-0.11	-0.59	-0.27	0.53	-0.41	-0.04	-0.27	-0.56	-0.43	0.20	-0.51	

**Cuadro 74:** Cachachi, precipitación.

ESTACIÓN	:	<b>CACHACHI</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°27'3.83''</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°16'6.78''</b>				
Dist.	:	<b>Cachachi</b>					Elev.	:	<b>3203 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	115.6	189.7	240.6	132.5	25.2	0.5	0.4	11.7	64.6	271.0	160.8	116.9	
<b>1966</b>	136.0	181.4	208.6	222.0	26.7	4.2	17.7	13.8	172.1	100.8	2.2		
<b>1967</b>	111.7	116.0	122.3	12.2	31.3	0.0	8.1	18.2	8.0	145.4	97.2	30.2	
<b>1968</b>	27.6	28.6	57.8	43.2	7.3	4.0	5.2	14.2	8.3	85.8	4.0	37.5	
<b>1969</b>	15.2	51.8	53.7	81.7	19.8	1.8	0.0	4.2	13.9	13.6	22.0	160.1	
<b>1970</b>	98.0	9.3	61.6	62.5	28.6	0.6	3.9	5.6	43.6	164.1	137.3	112.3	
<b>1971</b>	103.2	40.5	343.8	255.3	23.0	1.8	20.3	18.0	7.3	36.2	33.9	207.3	
<b>1972</b>	148.6	28.4	312.4	174.5	26.5	1.2	0.0	4.2	22.6	152.6	66.9	113.0	
<b>1973</b>	142.6	95.1	123.2	319.8	35.6	0.0	1.5	0.1	63.7	162.7	116.1	87.2	
<b>1974</b>	107.2	230.6	334.2	211.9	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	66.7	106.1	63.0	
<b>1975</b>	32.5	305.5	215.2	302.7	15.6	0.0	0.0	0.0	28.5	109.5	0.0	0.0	
<b>1976</b>	52.3	182.1	210.4	236.7	33.1	0.0	0.1	0.0	98.7	169.3	137.4	77.5	
<b>1977</b>	193.9	175.1	146.2	0.0	26.1	0.0	0.0	0.0	19.1	43.7	40.7	158.3	
<b>1978</b>	0.1	17.9	5.4	47.9	103.6	0.0	37.9	0.0	54.8	41.8	90.1	45.9	
<b>1979</b>	64.2	83.3	128.6	146.2	39.7	0.3	15.0	24.1	130.1	0.0	83.2	74.0	
<b>1980</b>	77.0	37.8	154.6	68.7	0.0	0.0	2.3	6.3	0.0	341.8	252.8	398.9	
<b>1981</b>	223.2	269.0	280.2	23.3	116.8	0.1	0.0	27.7	11.2	328.1	127.2	282.0	
<b>1982</b>	243.6	178.9	80.7	24.7	19.1	16.7	0.0	0.0	33.1	163.3	12.9	102.9	
<b>1983</b>	261.8	3.5	420.7	196.5	36.7	4.4	0.0	0.0	0.0	7.4	15.8	73.9	
<b>1984</b>	35.5	100.6	230.5	167.5	86.6	4.4	0.0	4.4	3.5	163.6	195.1	136.2	
<b>1985</b>	3.5	0.0	27.0	3.5	28.9	0.0	0.0	0.0	64.8	12.3	4.4	136.5	
<b>1986</b>	124.9	117.5	174.1	317.0	46.8	0.0	0.0	33.3	16.7	28.0	148.0	170.4	
<b>1987</b>	246.3	139.8	99.7	43.8	35.5	0.0	19.8	0.0	19.3	111.1	175.0	91.3	
<b>1988</b>	360.8	344.9	55.7	445.8	48.8	20.1	0.0	0.0	30.6	0.0	36.6	35.0	
<b>1989</b>	171.5	221.7	381.9	376.3	14.9	7.9	0.0	0.0	116.1	76.6	4.2	0.0	
<b>1990</b>	9.2	82.2	103.2	78.9	77.5	0.2	0.0	0.0	0.0	93.0	252.9	16.6	
<b>1991</b>	56.8	116.3	332.4	243.2	73.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	10.5	
<b>1992</b>	11.4	13.1	39.2	141.3	21.9	0.0	0.0	0.0	115.8	52.6	0.0	4.4	
<b>1993</b>	49.3	118.0	352.6	165.4	43.3	0.0	0.0	0.0	76.6	157.6	113.4	286.8	
<b>1994</b>	218.8	248.2	270.1	103.3	29.1	2.5	0.0	0.0	4.1	163.1	128.0	149.0	
<b>1995</b>	54.4	173.1	338.9	65.1	25.8	0.0	12.2	0.0	26.6	82.0	131.9	181.1	
<b>1996</b>	159.5	180.4	285.9	90.0	35.5	13.0	0.0	2.5	9.5	127.5	132.3	72.5	
<b>1997</b>	108.5	338.0	24.0	69.4	35.1	12.3	0.0	15.6	41.3	104.2	124.6	276.6	
<b>1998</b>	199.6	160.0	249.8	257.5	29.9	0.0	0.0	1.2	25.5	150.4	34.9	76.9	
<b>1999</b>	152.9	359.0	95.1	13.3	31.6	0.5	2.4	1.2	17.8	20.3	90.6	133.7	
<b>2000</b>	66.2	187.2	155.6	102.3	52.4	5.2	0.0	13.5	54.1	6.1	34.8	157.6	
<b>2001</b>	282.8	98.0	323.1	41.5	28.3	0.0	2.9	3.0	12.6	84.1	97.4	128.6	
<b>2002</b>	70.5	91.9	245.3	99.9	6.3	2.0	0.5	0.0	43.1	150.0	155.0	140.8	
<b>2003</b>	74.1	89.1	159.0	87.5	33.6	10.4	0.4	5.4	63.6	57.7	111.8	124.0	
<b>2004</b>	73.5	94.2	104.2	93.4	43.1	4.7	12.0	0.2	34.8	104.4	154.7	161.6	
<b>2005</b>	36.5	100.3	228.2	47.1	8.1	0.6	0.0	9.2	20.1	148.3	3.4	155.1	
<b>2006</b>	121.5	69.8	235.6	93.3	9.5	20.5	9.5	17.0	24.3	66.3	96.8	229.8	
<b>2007</b>	130.3	70.5	325.0	175.4	21.7	0.0	4.7	2.4	26.4	182.4	114.7	98.5	
<b>2008</b>	165.9	164.0	122.1	143.4	18.4	21.4	0.0	1.6	68.1	229.5	74.8	28.9	
<b>2009</b>	188.5	157.3	245.1	145.5	44.2	1.4	13.5	1.9	14.4	190.2	110.8	122.3	
<b>2010</b>	46.8	137.3	202.2	74.8	38.4	14.1	11.1	0.0	38.3	53.1	80.5	124.9	
<b>2011</b>	100.4	102.1	179.4	173.2	8.1	4.1	15.2	0.0	58.1	51.3	67.7	214.4	
<b>2012</b>	257.4	133.6	90.6	202.2	52.3	3.1	0.0	3.0	7.7	167.7	129.4	96.7	
<b>2013</b>	62.4	98.0	215.6	9.7	65.7	1.8	16.4	27.5	0.4	107.6	35.4	102.3	
<b>2014</b>	86.5	210.6	178.0	94.9	75.2	0.0	4.2	0.0	27.0	77.2	73.1	98.0	
<b>2015</b>	202.4	46.6	206.6	37.0	65.6	0.0	6.6	0.0	16.0	23.6	101.1	52.0	
<b>2016</b>	133.3	65.3	135.8	79.1	3.2	19.8	6.2	1.1	7.9	72.7	29.3	139.6	
<b>2017</b>	144.0	89.6	307.2	99.4	77.6	2.6	0.0	19.7	18.5	120.7	37.4	46.2	
Media	120.0	131.0	192.8	131.0	36.7	3.9	4.7	5.9	32.5	107.7	88.7	115.9	
Mediana	108.5	116.0	202.2	99.4	31.3	0.6	0.1	1.2	22.6	104.2	96.8	112.3	
Desv.	81.5	88.5	105.0	101.1	25.1	6.2	7.6	8.7	31.7	78.9	61.7	81.2	
Co. Var.	0.68	0.68	0.54	0.77	0.68	1.58	1.62	1.48	0.98	0.73	0.69	0.70	
Sesgo	0.72	0.81	0.14	1.06	1.23	1.78	2.17	1.57	1.43	0.88	0.51	1.07	
Curtosis	0.18	0.35	-0.88	0.88	1.53	2.01	5.80	1.58	1.70	0.99	0.17	1.92	

**Cuadro 75: Cajabamba, precipitación.**

ESTACIÓN	:	<b>CAJABAMBA</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°37'17.99"</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°3'4.71"</b>				
Dist.	:	<b>Cajabamba</b>					Elev.	:	<b>2625 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	89.2	93.1	189.9	108.8	13.8	0.1	0.5	0.0	96.1	90.7	74.4	111.1	
<b>1966</b>	110.1	88.0	138.6	63.4	43.9	0.4	5.1	1.8	3.2	173.9	73.1	83.5	
<b>1967</b>	108.3	164.2	183.4	84.2	29.5	2.6	16.5	13.0	11.5	164.5	36.1	91.8	
<b>1968</b>	62.6	152.2	151.4	86.5	30.2	1.8	3.6	11.0	72.0	127.7	27.1	139.4	
<b>1969</b>	36.4	116.3	134.5	46.9	2.8	40.2	0.0	9.8	2.7	34.2	134.8	138.4	
<b>1970</b>	39.0	59.8	97.8	123.0	95.3	13.0	4.0	3.8	35.0	101.6	147.0	111.2	
<b>1971</b>	128.9	136.0	266.1	148.5	57.6	28.0	12.5	8.3	33.8	120.4	105.9	77.8	
<b>1972</b>	111.9	77.2	249.5	142.6	100.9	16.0	0.6	19.4	70.8	50.9	136.1	66.2	
<b>1973</b>	139.8	141.9	142.2	200.8	13.2	37.3	6.9	13.8	67.5	150.2	99.7	118.2	
<b>1974</b>	175.4	173.9	241.8	53.7	17.1	42.7	2.7	18.7	55.8	118.3	69.4	43.3	
<b>1975</b>	91.8	282.4	232.9	193.0	89.7	50.3	17.4	42.6	57.3	156.0	107.6	115.0	
<b>1976</b>	250.2	173.7	283.7	115.3	85.5	14.6	0.0	15.8	15.5	95.5	41.5	124.3	
<b>1977</b>	259.7	252.9	224.4	110.5	7.1	51.3	44.1	5.5	54.4	131.7	218.7	215.8	
<b>1978</b>	64.7	142.2	95.6	142.1	130.1	2.8	105.3	0.0	49.7	94.4	157.6	141.3	
<b>1979</b>	108.4	178.1	217.8	72.0	41.5	0.0	16.4	41.4	159.0	8.4	74.2	82.2	
<b>1980</b>	61.5	33.4	68.4	10.4	3.1	0.0	0.0	0.0	5.4	118.0	210.2	94.1	
<b>1981</b>	97.5	233.2	92.3	54.7	7.7	11.0	0.0	0.0	0.0	120.9	110.4	146.8	
<b>1982</b>	116.9	154.0	98.8	120.0	22.9	26.3	3.0	4.7	133.8	171.4	100.6	146.8	
<b>1983</b>	135.6	85.9	246.0	141.4	25.7	5.5	44.4	3.6	18.1	95.2	54.5	146.8	
<b>1984</b>	79.2	210.8	267.5	138.6	115.1	16.4	13.3	6.8	16.7	95.5	168.8	159.3	
<b>1985</b>	102.5	76.2	131.4	70.0	44.3	0.8	8.1	12.9	82.9	117.8	74.5	159.7	
<b>1986</b>	148.4	117.4	112.7	166.2	27.9	5.5	8.2	24.3	5.6	102.6	121.8	135.7	
<b>1987</b>	247.1	125.5	77.2	106.1	45.6	10.0	12.2	23.0	68.0	67.9	119.1	92.8	
<b>1988</b>	170.2	256.3	86.5	194.5	16.0	12.0	4.5	3.0	31.2	103.1	96.4	107.5	
<b>1989</b>	188.0	187.9	175.7	154.5	16.6	15.2	0.0	2.6	98.9	162.2	38.5	0.0	
<b>1990</b>	232.5	144.8	75.5	95.6	25.3	27.8	1.5	1.2	11.7	202.0	181.7	100.0	
<b>1991</b>	77.9	93.6	176.0	70.0	19.0	6.0	3.5	0.0	20.5	56.8	156.0	81.5	
<b>1992</b>	55.4	70.2	65.9	59.5	12.0	20.5	1.5	10.5	79.7	162.0	65.5	74.0	
<b>1993</b>	87.0	230.0	309.0	216.5	66.8	0.5	5.2	2.5	67.6	166.6	173.0	146.7	
<b>1994</b>	195.0	248.2	182.8	162.6	62.9	4.5	8.6	1.0	19.1	106.1	116.4	135.1	
<b>1995</b>	46.9	156.7	155.6	71.2	65.6	3.7	16.5	1.0	35.2	127.8	80.0	125.1	
<b>1996</b>	121.6	233.2	162.8	151.6	43.1	11.8	0.0	9.5	28.8	151.1	67.6	75.1	
<b>1997</b>	59.9	148.4	84.8	58.8	25.1	21.9	0.0	21.2	39.0	93.8	148.2	184.7	
<b>1998</b>	261.2	262.8	296.3	151.3	22.6	2.7	0.0	7.6	48.6	120.5	64.5	87.1	
<b>1999</b>	187.3	249.0	98.7	73.2	50.6	38.7	14.3	3.1	92.5	21.9	95.3	123.1	
<b>2000</b>	92.3	228.9	186.0	98.8	37.4	14.9	2.3	7.7	65.6	14.8	40.0	141.5	
<b>2001</b>	193.0	127.0	244.2	42.0	46.5	2.6	5.1	0.0	33.9	95.8	169.4	192.9	
<b>2002</b>	73.1	94.4	329.5	108.4	19.7	4.7	13.5	0.0	57.6	124.5	144.2	176.1	
<b>2003</b>	84.9	92.1	137.4	78.6	23.2	17.5	7.9	0.0	50.8	100.8	140.7	139.0	
<b>2004</b>	100.1	76.4	75.3	75.1	41.3	3.1	52.6	4.7	79.7	128.7	158.6	145.9	
<b>2005</b>	120.0	135.0	172.6	70.0	11.1	4.7	1.4	11.7	10.8	149.9	22.7	172.5	
<b>2006</b>	84.7	137.8	276.4	98.9	8.0	22.8	4.4	23.0	60.7	74.3	101.5	140.6	
<b>2007</b>	106.0	58.4	319.2	155.9	44.8	0.0	7.2	1.3	28.5	170.8	85.6	108.1	
<b>2008</b>	155.2	134.6	144.5	125.4	35.4	25.2	9.8	4.8	65.0	167.6	87.5	36.6	
<b>2009</b>	228.3	102.2	220.4	199.5	118.6	16.2	42.5	13.0	15.0	144.9	126.3	142.0	
<b>2010</b>	56.6	124.6	126.4	118.8	63.8	6.6	1.1	5.4	21.8	51.0	85.0	111.2	
<b>2011</b>	75.0	107.6	140.6	170.1	7.7	3.7	11.2	6.4	63.5	101.7	85.7	144.2	
<b>2012</b>	244.6	189.4	103.9	144.7	40.2	4.1	0.0	1.6	1.5	153.3	107.0	79.1	
<b>2013</b>	77.8	128.0	278.5	136.9	63.4	9.5	16.9	24.7	3.0	174.9	23.2	134.7	
<b>2014</b>	108.7	199.6	178.3	105.5	76.2	0.0	10.8	0.7	41.3	68.8	102.8	157.9	
<b>2015</b>	180.5	64.2	212.9	63.5	68.3	1.0	2.0	0.0	10.8	33.9	96.6	31.3	
<b>2016</b>	153.8	149.4	117.0	44.3	12.4	10.4	0.0	3.1	11.6	67.6	14.5	189.7	
<b>2017</b>	104.1	134.6	173.9	93.8	57.3	17.0	0.0	17.2	26.5	127.3	28.4	146.8	
Media	126.2	147.8	174.5	111.1	42.5	13.3	10.7	8.8	44.1	111.9	101.2	120.2	
Mediana	108.4	137.8	172.6	108.4	37.4	10.0	5.1	5.4	35.2	118.0	99.7	125.1	
Dev.	62.3	62.0	73.8	47.7	31.6	13.6	17.9	9.9	34.6	45.7	49.1	43.1	
Co. Var.	0.49	0.42	0.42	0.43	0.74	1.02	1.67	1.12	0.78	0.41	0.48	0.36	
Sesgo	0.77	0.42	0.38	0.27	1.01	1.26	3.51	1.66	1.03	-0.40	0.28	-0.43	
Curtosis	-0.39	-0.66	-0.90	-0.61	0.46	0.94	15.13	3.04	1.35	-0.37	-0.38	0.38	

**Cuadro 76:** Cajabamba, temperatura.

ESTACIÓN	:	<b>CAJABAMBA</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Temperatura promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>grados centígrados - °C</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°37'17.99"</b>				
Prov.	:	<b>Cajabamba</b>					Long.	:	<b>78°3'4.71"</b>				
Dist.	:	<b>Cajabamba</b>					Elev.	:	<b>2625 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
1965	17.0	16.6	16.8	16.2	15.9	15.5	15.3	15.7	16.0	16.1	17.1	16.1	
1966	17.0	17.2	17.0	16.6	17.1	16.5	16.1	15.8	16.4	16.8	17.0	17.0	
1967	17.1	16.6	16.1	16.8	16.8	16.4	16.1	16.2	16.5	16.8	16.7	17.2	
1968	17.0	16.8	16.3	16.2	16.3	16.5	16.2	16.5	17.0	16.8	17.0	16.8	
1969	17.2	17.2	17.3	17.3	17.2	17.5	16.4	16.3	16.3	16.1	16.7	16.5	
1970	16.7	16.8	16.5	17.1	16.3	15.4	15.3	15.8	16.0	16.8	17.0	16.8	
1971	16.5	16.6	16.2	15.5	16.4	15.8	15.8	15.6	16.1	16.4	16.6	16.8	
1972	16.4	16.7	16.7	16.5	16.6	16.6	16.2	16.0	16.2	16.8	17.5	17.5	
1973	18.0	17.8	17.4	17.4	17.3	16.9	16.6	16.1	16.4	16.2	16.9	17.4	
1974	16.4	16.4	16.3	16.8	16.9	16.5	16.4	15.4	16.4	16.2	16.8	17.7	
1975	17.6	16.8	16.7	17.2	17.3	16.8	16.2	15.4	15.8	17.0	17.7	17.2	
1976	16.8	16.9	16.5	16.3	16.6	16.9	16.2	15.5	16.2	17.1	17.4	16.9	
1977	17.1	16.8	16.5	16.9	16.5	16.2	16.0	16.0	16.1	16.4	17.0	17.0	
1978	17.3	17.3	16.9	16.6	16.8	16.1	15.2	15.9	15.5	16.9	16.7	17.1	
1979	16.9	17.0	16.7	16.7	16.4	16.2	16.4	16.2	16.1	16.2	16.9	17.2	
1980	16.2	16.3	16.6	16.6	16.8	16.5	16.1	15.4	16.4	16.8	17.0	17.0	
1981	17.0	16.8	16.4	16.5	17.2	16.5	16.1	15.8	16.4	16.8	17.0	17.0	
1982	17.0	16.6	16.9	16.4	16.5	16.5	16.1	15.8	16.4	16.8	17.0	17.0	
1983	17.0	16.8	16.6	16.4	17.0	16.5	16.1	15.8	16.4	16.8	17.0	17.0	
1984	15.1	16.6	16.6	16.4	16.3	16.5	16.1	15.8	16.4	16.9	16.9	16.9	
1985	17.9	17.5	17.2	17.0	17.1	16.6	16.1	15.8	16.6	17.5	17.4	17.2	
1986	17.6	17.6	17.3	17.2	17.7	17.4	16.6	16.0	15.8	16.3	16.9	16.3	
1987	16.9	16.5	16.4	16.8	17.0	16.0	15.6	15.7	15.9	16.6	17.6	16.7	
1988	18.1	16.7	16.4	17.4	16.6	16.5	15.9	16.0	16.3	17.0	17.0	16.7	
1989	16.1	16.7	17.1	16.3	16.1	15.5	15.5	15.3	16.0	16.6	16.9	16.9	
1990	16.8	16.5	16.2	16.7	17.1	16.1	15.7	15.2	15.2	16.9	17.1	17.3	
1991	16.8	16.6	16.6	16.7	16.6	16.3	16.4	15.2	15.9	17.0	16.9	17.1	
1992	17.5	17.3	17.6	17.4	17.4	17.3	15.6	15.1	15.9	17.1	16.8	17.0	
1993	16.9	16.8	15.6	15.6	16.4	16.5	16.6	16.0	15.3	16.2	16.9	16.3	
1994	16.8	16.6	15.9	16.4	16.4	16.3	15.6	16.0	16.7	17.4	16.6	15.8	
1995	16.2	17.3	16.5	16.7	16.7	16.3	16.8	17.1	17.4	17.4	17.5	17.1	
1996	16.7	16.2	16.2	16.5	16.2	16.0	15.7	15.4	15.9	17.1	17.1	16.4	
1997	16.7	16.3	16.5	16.6	16.5	16.7	16.0	16.0	16.4	17.6	18.0	17.3	
1998	17.2	17.3	17.7	17.6	17.8	17.0	16.3	16.2	16.7	17.1	17.3	17.0	
1999	17.3	16.7	16.1	16.5	16.9	16.5	16.6	15.8	16.4	16.9	16.9	17.5	
2000	16.9	17.0	16.0	16.3	16.4	16.6	16.4	16.1	16.5	16.8	17.2	16.9	
2001	16.9	16.2	16.5	16.3	16.7	16.6	15.9	16.5	16.5	17.1	17.9	16.9	
2002	17.5	16.9	16.9	16.5	16.3	16.6	15.7	16.1	16.2	17.6	17.0	16.8	
2003	17.3	17.5	17.3	16.5	17.2	16.7	16.0	15.5	16.4	17.2	17.7	16.9	
2004	16.7	16.9	17.0	17.2	16.6	17.0	15.3	15.9	16.0	16.5	17.3	16.8	
2005	17.2	17.0	17.9	16.6	17.1	16.2	16.8	15.8	16.5	17.2	16.9	16.8	
2006	16.2	16.9	17.2	16.3	16.3	16.0	15.7	15.6	16.5	17.2	17.6	16.8	
2007	17.0	17.8	16.9	16.8	16.3	17.0	15.9	16.3	16.6	16.2	16.6	16.8	
2008	16.9	16.4	16.4	15.6	16.2	16.3	15.8	15.6	16.9	16.9	16.8	16.5	
2009	17.0	16.4	16.4	16.2	16.3	17.0	16.2	15.7	17.1	17.5	17.7	16.9	
2010	17.2	17.9	18.2	18.0	17.9	17.0	16.4	16.7	16.6	17.5	17.4	17.1	
2011	16.3	16.5	16.2	15.3	16.0	16.3	16.1	15.9	16.9	16.7	16.3	17.5	
2012	16.7	16.5	15.9	16.8	16.4	16.4	15.5	15.7	15.8	16.4	16.6	16.8	
2013	16.6	17.6	16.6	16.4	16.6	16.3	15.7	15.3	16.1	17.0	16.9	16.8	
2014	16.9	17.0	16.9	16.3	16.7	16.6	16.1	16.0	15.9	16.7	16.9	16.7	
2015	16.9	16.6	16.8	16.6	16.4	16.3	15.9	16.0	16.4	17.6	17.7	17.2	
2016	17.7	17.6	17.3	17.2	17.2	15.9	16.0	16.6	17.2	18.2	17.7	16.8	
2017	16.4	16.7	16.1	16.3	16.0	15.9	15.5	16.4	17.0	17.1	17.2	16.7	
Media	16.9	16.9	16.7	16.6	16.7	16.5	16.0	15.9	16.3	16.9	17.1	16.9	
Mediana	16.9	16.8	16.6	16.6	16.6	16.5	16.1	15.8	16.4	16.9	17.0	16.9	
Desv.	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	
Co. Var.	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	
Sesgo	-0.46	0.70	0.61	-0.02	0.65	-0.09	-0.07	0.45	0.02	0.28	0.56	-0.54	
Curtosis	2.17	-0.27	0.40	0.89	-0.04	0.45	-0.45	0.64	0.53	0.22	-0.27	1.52	

**Cuadro 77: Encañada, precipitación**

ESTACIÓN	:	<b>ENCAÑADA</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°7'23.78''</b>				
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°19'59.3''</b>				
Dist.	:	<b>Encañada</b>					Elev.	:	<b>2980 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	87.0	108.2	247.8	123.2	76.7	7.9	4.1	13.0	39.3	177.4	151.7	69.6	
<b>1966</b>	69.7	123.7	200.3	136.5	51.3	7.6	16.3	10.6	12.3	157.2	118.7	57.9	
<b>1967</b>	81.6	117.7	194.9	87.5	34.8	1.3	14.4	17.2	10.3	152.6	82.5	125.1	
<b>1968</b>	84.1	93.1	77.6	97.9	29.5	0.8	9.4	9.2	50.3	116.8	51.2	104.9	
<b>1969</b>	63.0	139.5	114.0	128.3	16.9	16.9	3.6	12.8	13.0	63.3	93.7	130.4	
<b>1970</b>	74.8	57.0	104.3	123.9	49.0	14.9	6.1	14.5	27.2	162.9	151.2	57.2	
<b>1971</b>	63.4	73.6	311.6	148.6	71.5	28.3	12.1	8.9	27.2	98.0	92.8	150.6	
<b>1972</b>	102.7	108.2	200.6	132.4	69.7	10.6	2.8	7.2	1.8	154.5	154.7	12.3	
<b>1973</b>	90.6	124.6	281.8	147.9	61.3	23.9	15.2	1.3	108.3	41.6	157.8	56.5	
<b>1974</b>	78.5	89.5	192.5	126.0	45.4	24.7	4.0	2.3	7.0	127.9	100.1	62.5	
<b>1975</b>	59.4	101.0	184.1	157.9	75.4	11.2	2.3	0.5	9.2	122.9	40.1	92.8	
<b>1976</b>	97.0	98.0	173.2	108.4	54.7	19.3	1.4	0.7	38.6	108.5	84.3	94.1	
<b>1977</b>	140.1	192.0	180.1	85.6	49.9	10.0	2.2	0.7	29.5	70.3	90.3	80.7	
<b>1978</b>	49.6	133.1	78.8	115.9	126.4	0.2	11.2	0.4	14.8	82.1	120.4	100.7	
<b>1979</b>	90.3	163.8	295.9	97.3	51.4	1.5	4.6	27.6	112.8	9.5	81.6	93.4	
<b>1980</b>	52.3	71.9	147.0	114.5	26.8	17.9	7.3	6.4	0.2	199.3	175.1	177.3	
<b>1981</b>	95.0	166.3	232.0	83.5	113.5	1.1	2.7	13.8	7.6	199.2	121.2	96.9	
<b>1982</b>	62.7	93.0	122.9	74.4	20.7	13.6	3.8	0.8	7.8	165.9	101.6	59.3	
<b>1983</b>	86.5	50.8	306.4	116.1	98.3	16.6	1.5	0.6	2.1	81.4	49.6	142.0	
<b>1984</b>	77.7	77.8	229.5	111.3	132.9	1.7	2.1	5.9	4.8	193.0	149.7	39.2	
<b>1985</b>	38.1	50.7	115.3	78.7	110.8	0.5	1.4	0.7	57.2	30.3	56.2	183.0	
<b>1986</b>	137.0	84.4	154.3	140.3	127.5	0.6	2.0	35.5	4.6	74.2	120.1	100.6	
<b>1987</b>	138.9	73.2	139.7	68.3	56.9	0.8	13.9	1.0	22.5	113.6	141.6	60.9	
<b>1988</b>	129.5	157.2	141.2	196.2	74.4	12.7	1.5	0.8	31.1	110.0	106.8	95.6	
<b>1989</b>	97.1	120.3	264.7	189.8	67.3	0.3	0.1	1.4	67.0	150.5	48.5	74.7	
<b>1990</b>	43.1	91.0	209.9	87.5	79.9	16.9	5.9	0.2	78.7	151.9	172.7	30.8	
<b>1991</b>	43.3	134.3	213.2	143.6	52.8	6.1	0.4	0.8	15.0	51.3	73.3	109.5	
<b>1992</b>	103.4	55.2	99.9	127.8	75.7	6.6	2.1	0.3	112.8	44.2	36.5	106.8	
<b>1993</b>	98.2	111.2	234.5	132.6	116.0	1.3	1.9	0.5	52.6	124.1	162.8	81.9	
<b>1994</b>	71.3	171.5	313.4	80.1	53.0	5.3	4.4	0.6	33.5	51.7	98.6	76.2	
<b>1995</b>	40.3	75.0	165.7	93.8	55.0	2.6	13.0	0.5	20.9	59.2	110.2	106.2	
<b>1996</b>	86.5	94.9	181.5	109.8	45.9	10.6	1.6	8.5	16.1	101.2	106.1	69.1	
<b>1997</b>	60.7	135.6	48.9	115.7	59.2	2.4	0.3	22.2	52.7	67.2	115.3	149.8	
<b>1998</b>	102.1	196.0	223.3	181.7	71.5	6.2	0.5	8.4	36.3	132.7	40.4	86.6	
<b>1999</b>	115.3	333.2	108.7	99.7	102.8	4.6	11.0	9.3	17.8	30.3	125.3	143.4	
<b>2000</b>	46.9	155.9	184.7	106.7	89.7	18.2	0.9	20.0	88.1	4.7	50.4	117.4	
<b>2001</b>	137.7	72.4	203.8	105.1	60.7	0.5	2.7	0.8	30.9	129.3	101.8	86.4	
<b>2002</b>	42.9	89.4	241.1	117.7	12.6	14.1	4.4	1.1	28.8	159.2	155.0	88.5	
<b>2003</b>	33.1	80.6	145.5	93.0	37.8	38.3	0.0	9.9	41.9	93.8	124.4	85.0	
<b>2004</b>	95.4	72.5	54.6	91.1	39.8	5.8	21.7	0.5	44.2	173.2	108.5	171.2	
<b>2005</b>	119.6	107.1	260.8	51.2	42.0	12.4	1.2	7.0	13.4	205.5	76.7	145.4	
<b>2006</b>	74.6	134.7	292.1	124.5	14.8	21.1	11.4	4.9	65.4	61.2	106.9	91.7	
<b>2007</b>	93.1	44.8	259.4	140.5	70.9	0.0	9.4	5.3	26.4	133.1	127.5	92.9	
<b>2008</b>	104.1	149.0	175.9	151.5	44.0	15.2	9.2	22.6	53.7	140.9	119.7	37.7	
<b>2009</b>	144.3	70.9	215.2	122.8	75.2	9.3	12.5	10.5	6.8	90.0	115.3	66.6	
<b>2010</b>	70.0	94.8	184.3	123.0	39.8	11.8	7.7	0.0	35.7	100.0	98.9	94.0	
<b>2011</b>	66.4	96.8	153.6	139.6	32.9	0.4	13.1	0.0	51.2	52.1	93.8	149.5	
<b>2012</b>	166.1	101.5	108.0	108.3	59.7	10.6	0.0	7.7	1.5	169.6	152.8	56.0	
<b>2013</b>	72.7	96.9	181.5	39.4	77.6	11.2	3.6	19.1	0.0	161.6	82.9	123.5	
<b>2014</b>	90.3	138.9	175.4	95.3	79.8	0.0	0.3	0.6	44.1	91.9	100.1	135.9	
<b>2015</b>	115.6	71.4	260.7	70.4	104.1	3.3	5.3	0.0	3.0	27.8	170.5	23.2	
<b>2016</b>	82.6	197.6	126.6	174.3	89.5	15.3	10.4	11.5	75.4	141.3	90.5	195.1	
<b>2017</b>	109.1	100.9	275.8	116.1	69.6	18.4	3.2	20.8	13.8	103.3	41.6	167.9	
Media	86.3	112.1	188.5	115.7	65.0	9.7	5.7	7.3	33.3	109.7	105.7	98.2	
Mediana	86.5	100.9	184.3	115.9	60.7	9.3	3.8	5.3	27.2	110.0	106.1	93.4	
Desv.	30.8	49.1	68.0	32.4	29.5	8.5	5.2	8.3	29.4	52.5	37.7	42.2	
Co. Var.	0.36	0.44	0.36	0.28	0.45	0.88	0.91	1.14	0.88	0.48	0.36	0.43	
Sesgo	0.42	1.95	-0.02	0.26	0.46	0.96	0.99	1.35	1.17	-0.10	-0.05	0.32	
Curtosis	-0.19	6.69	-0.66	0.40	-0.21	1.06	0.21	1.61	0.94	-0.88	-0.67	-0.30	

**Cuadro 78:** Granja Porcón, precipitación.

ESTACIÓN	:	<b>GRANJA PORCÓN</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
	Dep.	:	<b>Cajamarca</b>				Lat.	:	<b>7°2'15.11"</b>				
	Prov.	:	<b>Cajamarca</b>				Long.	:	<b>78°38'.22"</b>				
	Dist.	:	<b>Cajamarca</b>				Elev.	:	<b>3149 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
1965	137.8	192.5	327.3	123.5	106.6	10.0	1.9	9.6	64.5	219.0	194.8	184.8	
1966	134.3	206.0	249.1	211.5	56.9	18.1	4.0	8.2	33.0	189.0	83.0	26.0	
1967	269.0	290.0	216.0	85.0	62.0	7.0	30.5	33.0	28.0	188.5	23.0	105.5	
1968	102.0	154.5	168.5	82.5	22.0	3.0	11.5	37.5	117.5	158.5	123.0	173.5	
1969	79.5	176.5	183.0	167.5	18.5	64.0	5.5	15.0	42.0	105.0	208.0	182.5	
1970	107.0	123.5	140.5	127.0	91.0	33.5	22.5	25.0	74.0	122.5	207.0	117.5	
1971	140.0	130.5	476.5	153.5	117.5	65.0	41.4	37.5	76.0	220.5	163.0	166.0	
1972	104.0	150.0	257.0	229.7	84.8	22.3	0.0	72.2	0.0	45.3	267.7	183.9	
1973	286.3	158.3	312.0	304.7	95.3	108.5	52.1	13.4	214.2	33.8	267.2	186.4	
1974	225.6	173.2	245.4	314.1	78.4	92.2	27.7	90.7	69.2	125.4	96.0	159.8	
1975	166.1	35.8	269.2	345.3	95.1	49.9	4.6	82.2	24.6	179.8	139.8	30.7	
1976	290.4	207.5	284.3	93.7	89.1	46.1	0.0	18.4	41.5	95.3	40.0	121.4	
1977	302.7	362.7	268.9	154.4	45.3	20.7	10.0	3.1	96.0	148.3	229.7	130.6	
1978	61.5	162.1	79.1	136.0	135.5	0.0	39.6	0.0	102.8	108.2	293.5	291.2	
1979	167.0	222.5	568.9	94.5	83.0	16.6	52.2	62.1	180.3	74.1	42.0	166.1	
1980	107.6	57.3	256.5	107.0	113.1	18.1	0.0	8.8	3.4	379.9	339.8	247.4	
1981	144.6	395.4	292.0	235.3	100.8	0.0	0.0	0.0	10.0	246.8	92.7	139.5	
1982	87.3	29.5	111.0	50.1	52.6	37.7	2.3	1.5	14.3	127.0	205.7	198.6	
1983	215.8	125.7	375.9	134.2	145.5	38.9	0.0	1.0	9.2	93.8	70.6	135.0	
1984	110.4	87.7	273.5	244.1	133.0	3.3	6.0	5.9	10.2	135.6	235.3	173.7	
1985	73.2	113.2	202.2	114.7	166.8	4.5	0.4	5.4	95.4	88.4	59.7	199.1	
1986	195.2	63.0	9.2	114.0	163.8	0.0	0.0	76.8	16.8	36.9	79.6	204.7	
1987	482.1	173.7	194.4	92.7	105.4	0.0	14.6	0.0	93.0	188.6	248.3	126.0	
1988	472.5	271.8	97.7	254.8	28.6	24.0	9.8	8.1	47.0	205.5	173.0	190.7	
1989	290.0	333.2	130.6	138.2	28.4	0.0	0.0	0.0	71.5	118.3	79.1	0.0	
1990	45.6	131.2	136.2	195.5	50.9	54.7	1.4	0.9	139.7	262.0	250.2	103.6	
1991	94.7	355.5	509.6	248.6	69.0	6.3	0.0	0.0	78.7	157.6	221.5	250.1	
1992	170.1	74.1	137.1	119.1	107.7	62.4	0.0	24.0	135.5	119.2	75.7	174.1	
1993	147.6	190.6	374.3	158.1	102.7	19.8	0.0	18.4	82.6	137.5	206.2	217.1	
1994	150.1	373.5	531.9	268.5	81.2	18.6	0.0	22.2	104.8	252.8	210.7	142.5	
1995	139.7	228.8	217.7	127.8	112.7	12.6	51.8	48.9	54.9	96.5	125.9	243.9	
1996	198.8	172.8	312.7	141.3	59.7	49.7	0.0	20.3	48.5	232.9	80.6	58.6	
1997	186.9	190.3	123.2	260.0	81.0	18.5	39.0	9.9	80.5	169.2	301.6	305.1	
1998	168.5	380.5	298.7	243.2	85.4	0.0	0.0	14.8	67.6	234.7	158.8	99.0	
1999	210.3	331.0	253.5	126.0	166.7	53.9	20.3	6.4	68.5	65.3	138.6	166.4	
2000	74.8	237.0	221.1	168.6	160.7	40.7	1.6	16.3	123.2	19.3	62.8	236.5	
2001	447.3	227.7	419.2	92.6	88.7	17.6	15.2	0.4	145.2	169.5	156.1	171.8	
2002	76.2	188.8	390.1	159.0	38.1	27.8	15.2	2.6	53.3	202.1	226.5	243.0	
2003	103.8	134.9	124.3	81.2	76.0	54.4	28.9	15.6	47.2	101.8	112.6	100.0	
2004	70.3	230.4	168.2	82.4	75.4	11.7	41.0	19.1	84.8	147.0	168.0	240.9	
2005	157.8	231.2	343.3	93.1	91.6	53.7	0.0	7.1	54.4	152.8	28.6	164.8	
2006	145.5	188.1	345.7	184.7	62.8	62.0	5.1	15.7	116.2	39.8	158.5	183.6	
2007	245.4	64.5	352.3	226.3	57.7	1.1	42.6	20.1	32.8	171.8	211.1	146.4	
2008	190.6	291.2	252.4	150.3	76.0	73.3	16.0	11.0	110.9	182.6	127.3	66.4	
2009	362.3	197.5	307.3	149.6	127.4	31.3	18.1	8.0	27.0	184.0	187.9	234.8	
2010	108.0	169.7	275.7	163.5	83.1	39.4	44.3	33.6	31.2	82.7	96.5	182.6	
2011	257.0	148.9	284.6	269.4	21.2	8.5	13.7	4.8	55.4	84.5	93.0	265.4	
2012	325.9	320.0	155.7	210.7	109.6	32.4	0.0	45.8	33.7	137.7	202.5	67.6	
2013	141.0	279.9	352.4	196.2	78.5	32.8	17.7	44.7	30.4	198.7	138.0	159.0	
2014	137.4	189.9	227.4	103.4	79.3	5.1	9.6	10.5	65.8	97.4	91.4	209.3	
2015	252.3	159.6	286.4	108.9	158.4	1.7	9.7	0.4	24.6	88.4	126.3	107.8	
2016	166.3	134.3	162.2	138.4	36.8	44.9	1.1	0.0	43.4	149.2	39.9	173.8	
2017	156.6	235.6	365.6	134.9	170.7	43.9	1.2	49.9	51.7	146.8	37.7	205.5	
Media	182.7	197.2	262.6	164.3	89.2	29.5	13.8	20.5	66.5	145.6	150.9	165.3	
Mediana	156.6	188.8	257.0	149.6	84.8	22.3	6.0	13.4	55.4	146.8	139.8	173.5	
Desv.	101.9	91.0	116.6	68.9	40.2	25.6	16.5	23.0	45.4	68.4	79.1	65.7	
Co. Var.	0.56	0.46	0.44	0.42	0.45	0.87	1.20	1.12	0.68	0.47	0.52	0.40	
Sesgo	1.31	0.40	0.47	0.73	0.32	0.89	1.11	1.53	1.01	0.65	0.29	-0.34	
Curtosis	1.60	-0.28	0.35	-0.22	-0.37	0.56	-0.03	1.73	1.23	1.35	-0.73	0.13	

**Cuadro 79:** Huamachuco, precipitación.

ESTACIÓN	:	<b>HUAMACHUCO</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>La Libertad</b>					Lat.	:	<b>7°49'8.97''</b>				
Prov.	:	<b>Sánchez Carrión</b>					Long.	:	<b>78°2'24.48''</b>				
Dist.	:	<b>Huamachuco</b>					Elev.	:	<b>3186 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	121.9	120.8	217.5	107.3	30.5	0.0	17.2	28.8	102.4	80.3	94.4	189.1	
<b>1966</b>	186.9	114.8	102.2	75.0	83.7	4.8	0.0	0.1	0.6	203.7	81.8	45.9	
<b>1967</b>	134.5	217.0	165.0	33.0	34.2	4.7	19.1	15.9	2.9	139.3	38.2	94.2	
<b>1968</b>	107.1	164.0	166.3	63.9	35.4	7.1	9.8	21.5	71.1	133.2	31.4	150.8	
<b>1969</b>	100.7	153.1	154.1	110.9	3.4	36.5	7.7	5.3	11.8	140.9	170.2	186.0	
<b>1970</b>	131.5	54.3	120.3	111.0	61.5	18.9	17.3	5.9	42.7	127.2	104.3	88.6	
<b>1971</b>	83.9	154.2	267.6	120.7	69.8	47.3	18.5	17.2	25.6	116.3	118.1	104.3	
<b>1972</b>	88.5	158.8	318.2	127.2	45.6	19.1	1.2	20.0	22.0	27.3	97.9	63.8	
<b>1973</b>	232.3	129.2	187.6	176.0	41.8	50.7	26.0	18.2	60.9	116.6	107.7	117.5	
<b>1974</b>	112.2	301.3	232.2	62.4	6.1	53.0	1.8	38.8	68.7	108.0	88.8	83.9	
<b>1975</b>	125.8	333.8	280.8	120.9	88.6	26.2	8.4	37.2	83.1	89.0	114.4	33.0	
<b>1976</b>	169.8	183.2	215.8	73.1	31.2	11.4	0.0	19.1	8.8	95.4	67.3	67.7	
<b>1977</b>	198.2	192.4	139.4	140.3	36.2	8.8	16.6	8.8	36.3	71.9	151.8	93.4	
<b>1978</b>	61.6	142.3	71.2	115.4	96.8	2.4	20.4	0.6	37.4	52.3	87.6	171.0	
<b>1979</b>	147.9	236.0	232.4	172.6	47.4	0.0	15.8	26.8	72.4	21.5	78.6	87.9	
<b>1980</b>	58.0	135.3	91.5	87.9	11.3	4.1	0.0	10.0	6.5	193.4	182.6	204.9	
<b>1981</b>	85.3	255.9	108.1	74.4	23.4	25.4	0.8	9.8	33.8	152.6	113.9	203.7	
<b>1982</b>	155.4	200.4	96.7	102.0	65.8	34.4	4.2	4.0	34.7	229.7	105.4	262.6	
<b>1983</b>	144.0	46.8	266.7	152.8	41.8	24.9	22.4	23.2	16.0	66.7	33.7	171.6	
<b>1984</b>	78.6	256.2	252.6	135.5	102.7	24.8	12.1	17.9	40.2	131.5	128.6	139.0	
<b>1985</b>	18.2	93.2	106.8	95.4	56.6	21.8	2.7	4.7	135.3	73.8	69.5	131.8	
<b>1986</b>	176.7	105.0	106.3	177.7	47.2	3.8	9.9	34.1	31.9	68.4	117.5	167.1	
<b>1987</b>	279.7	128.9	149.9	152.6	18.6	17.8	21.9	10.5	42.3	46.9	161.1	146.5	
<b>1988</b>	219.2	175.2	110.1	166.4	52.7	17.9	11.0	4.2	18.2	101.5	81.8	110.7	
<b>1989</b>	143.7	230.2	182.0	154.2	31.6	22.6	0.0	12.8	127.9	134.0	126.1	0.0	
<b>1990</b>	192.2	140.6	133.1	120.6	28.3	58.7	1.4	0.0	92.8	255.1	118.0	68.0	
<b>1991</b>	66.0	129.4	217.8	118.8	38.6	6.0	2.4	1.2	32.5	77.5	91.6	152.6	
<b>1992</b>	93.9	122.4	102.2	123.3	22.5	38.8	2.5	34.5	93.2	96.2	37.2	79.3	
<b>1993</b>	128.9	218.2	269.4	125.2	48.7	0.0	13.6	1.4	97.2	156.8	188.1	232.6	
<b>1994</b>	152.9	233.3	177.6	163.7	45.7	6.5	2.9	14.9	31.7	117.8	168.8	128.4	
<b>1995</b>	67.7	168.1	134.5	114.8	71.8	34.8	4.8	1.7	14.4	136.5	116.6	112.0	
<b>1996</b>	95.2	209.7	230.7	130.0	38.8	7.5	2.2	12.5	31.4	188.2	81.2	63.3	
<b>1997</b>	126.6	151.2	118.1	70.1	61.9	30.8	0.0	16.0	81.2	102.4	87.6	200.8	
<b>1998</b>	168.4	227.7	204.1	136.6	21.0	18.8	0.8	6.2	20.0	115.0	119.9	55.4	
<b>1999</b>	172.3	224.8	136.6	56.6	39.0	50.1	2.2	7.0	90.5	25.0	118.4	109.7	
<b>2000</b>	108.9	186.5	196.5	88.9	69.2	45.0	5.9	18.4	55.1	40.9	54.7	133.9	
<b>2001</b>	240.6	135.7	290.3	30.9	81.6	4.3	9.5	0.6	32.6	128.3	145.3	181.5	
<b>2002</b>	79.9	122.3	190.7	138.6	19.5	19.4	17.6	0.0	40.3	110.2	145.7	185.8	
<b>2003</b>	65.9	112.2	143.8	85.5	19.4	21.8	5.1	8.7	46.4	94.6	84.3	146.7	
<b>2004</b>	51.0	110.3	65.6	67.0	53.6	2.8	26.5	22.9	54.7	126.4	187.7	111.2	
<b>2005</b>	97.6	176.7	289.9	78.4	21.9	11.1	0.0	14.7	23.6	158.3	32.9	128.6	
<b>2006</b>	142.5	154.2	293.0	160.1	22.3	42.9	14.7	35.0	51.6	116.3	99.5	157.9	
<b>2007</b>	134.1	76.0	248.9	123.2	66.4	0.0	17.1	5.6	12.6	219.8	142.2	104.8	
<b>2008</b>	173.1	98.3	156.6	115.9	53.0	33.9	12.3	11.5	74.4	133.7	74.7	64.7	
<b>2009</b>	223.1	112.3	249.1	205.7	120.0	43.7	11.9	14.9	44.5	137.4	151.4	164.1	
<b>2010</b>	92.4	115.6	238.6	72.6	61.4	25.3	21.2	7.7	18.0	75.4	123.4	162.0	
<b>2011</b>	126.9	91.5	178.4	164.9	24.6	0.6	15.0	1.0	68.5	45.3	99.5	229.4	
<b>2012</b>	244.2	186.3	105.5	150.7	28.0	5.0	0.0	12.1	9.1	152.4	150.6	134.4	
<b>2013</b>	67.7	136.2	214.6	156.8	87.7	8.8	12.0	21.5	9.2	202.1	54.8	138.7	
<b>2014</b>	98.2	237.1	265.6	93.2	95.8	1.2	26.7	2.5	77.4	55.5	55.2	132.9	
<b>2015</b>	148.1	93.4	279.1	82.7	106.9	4.2	13.9	0.4	12.9	35.9	99.0	86.5	
<b>2016</b>	114.5	155.7	152.5	79.6	70.6	21.5	2.6	1.3	21.4	63.0	37.7	189.1	
<b>2017</b>	141.9	106.3	206.3	136.5	91.5	23.8	0.0	28.6	28.0	90.3	39.2	155.4	
Media	131.6	160.6	185.5	115.1	50.4	19.9	9.6	13.2	45.3	112.8	103.0	130.7	
Mediana	126.9	153.1	182.0	118.8	45.7	18.9	9.5	11.5	36.3	115.0	99.5	132.9	
Desv.	55.8	60.3	67.4	39.3	28.0	16.5	8.3	10.9	32.5	54.1	42.4	54.7	
Co. Var.	0.42	0.38	0.36	0.34	0.56	0.83	0.86	0.83	0.72	0.48	0.41	0.42	
Sesgo	0.55	0.62	0.10	-0.04	0.55	0.62	0.43	0.72	0.88	0.51	0.13	0.05	
Curtosis	0.03	0.29	-1.12	-0.53	-0.43	-0.65	-1.03	-0.33	0.18	0.06	-0.60	-0.20	

**Cuadro 80:** Huamachuco, temperatura.

ESTACIÓN	:	<b>HUAMACHUCO</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Temperatura promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>grados centígrados - °C</b>											
Dep.	:	<b>La Libertad</b>					Lat.	:	<b>7°49'8.97"</b>				
Prov.	:	<b>Sánchez Carrión</b>					Long.	:	<b>78°2'24.48"</b>				
Dist.	:	<b>Huamachuco</b>					Elev.	:	<b>3186 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	13.2	12.9	13.0	12.7	12.9	13.0	13.2	13.1	13.8	13.8	13.2	13.6	
<b>1966</b>	15.5	13.9	13.7	13.6	13.1	12.2	12.5	12.9	13.5	13.3	12.7	12.1	
<b>1967</b>	13.4	12.6	12.7	13.0	12.9	12.3	12.2	12.3	13.1	12.9	12.6	13.1	
<b>1968</b>	13.2	12.8	12.5	12.6	12.4	12.4	12.5	13.2	13.2	13.4	13.0	12.9	
<b>1969</b>	13.5	13.9	13.9	13.6	13.7	13.1	12.6	13.0	13.7	13.1	13.2	13.0	
<b>1970</b>	13.2	13.8	13.4	13.9	13.0	12.8	12.5	12.9	13.1	13.6	12.7	13.3	
<b>1971</b>	13.0	12.5	13.0	12.7	12.7	12.2	12.1	12.4	12.9	13.0	12.6	12.9	
<b>1972</b>	12.4	12.9	12.3	12.9	13.3	12.8	12.7	13.0	13.5	13.7	13.6	13.8	
<b>1973</b>	14.4	13.8	13.8	13.5	13.0	12.6	12.3	12.9	12.7	12.9	13.4	12.3	
<b>1974</b>	12.2	12.2	12.6	12.9	12.8	12.4	11.4	12.7	12.8	13.0	13.4	13.4	
<b>1975</b>	13.0	12.9	13.3	13.2	12.8	12.4	11.5	12.2	13.1	13.1	12.4	12.4	
<b>1976</b>	12.6	12.3	12.4	12.7	13.2	12.6	12.0	12.7	14.1	13.7	13.2	13.3	
<b>1977</b>	13.9	13.3	13.8	13.5	12.9	12.3	12.5	13.0	13.6	13.5	13.1	13.8	
<b>1978</b>	13.7	14.3	13.5	13.4	13.1	11.5	12.2	12.0	13.3	12.7	13.8	13.3	
<b>1979</b>	13.6	13.1	12.9	13.1	13.2	11.9	11.8	13.1	13.1	13.5	13.4	13.0	
<b>1980</b>	13.9	13.0	13.7	13.2	13.7	12.9	12.5	12.9	13.8	13.2	12.8	12.4	
<b>1981</b>	12.7	13.2	12.7	13.8	13.1	12.3	12.0	12.2	13.2	13.5	12.8	13.0	
<b>1982</b>	12.5	12.4	12.9	12.8	12.5	12.1	11.7	12.2	12.6	12.3	12.5	13.0	
<b>1983</b>	14.1	13.7	13.8	13.5	13.6	12.5	12.4	12.5	13.2	13.1	13.3	12.8	
<b>1984</b>	11.6	12.7	13.0	13.1	12.8	12.2	11.0	12.5	12.9	13.4	11.8	13.2	
<b>1985</b>	12.8	12.7	13.1	13.3	12.4	12.3	11.3	12.4	13.1	12.9	12.5	13.2	
<b>1986</b>	13.7	12.9	12.7	13.0	13.1	12.4	11.7	12.9	13.1	13.0	13.1	13.5	
<b>1987</b>	13.7	13.8	13.4	13.5	12.5	12.5	12.7	12.9	13.6	13.6	13.4	13.8	
<b>1988</b>	13.5	14.0	13.1	13.2	12.8	11.6	11.3	12.2	12.9	13.0	13.4	13.2	
<b>1989</b>	13.5	13.6	13.0	13.7	12.7	12.8	11.6	13.0	13.1	13.1	13.1	13.3	
<b>1990</b>	13.9	13.4	14.2	14.0	13.3	12.9	12.5	13.1	13.7	13.5	13.6	13.3	
<b>1991</b>	13.4	12.8	13.0	13.1	13.1	12.5	12.2	12.6	13.6	13.4	11.9	13.2	
<b>1992</b>	13.8	13.3	15.3	14.6	13.1	12.2	11.5	12.5	13.4	13.4	12.9	13.5	
<b>1993</b>	13.2	12.8	12.1	12.9	13.1	12.4	13.0	12.6	13.3	13.2	12.5	13.2	
<b>1994</b>	13.0	13.0	13.0	12.9	12.7	11.9	12.0	12.2	13.2	12.7	12.7	13.2	
<b>1995</b>	13.3	12.8	12.8	13.5	12.7	12.8	12.6	12.8	13.2	13.3	13.0	12.7	
<b>1996</b>	12.1	12.4	12.7	12.7	12.5	12.0	11.5	12.0	13.0	12.4	12.0	12.7	
<b>1997</b>	12.0	12.6	12.4	12.7	13.0	12.3	13.1	13.4	14.1	14.3	13.9	14.2	
<b>1998</b>	14.5	14.7	14.4	14.7	13.6	12.8	12.4	12.9	13.0	13.7	12.8	12.7	
<b>1999</b>	12.6	12.4	12.6	13.1	12.3	11.8	11.2	11.5	12.0	11.8	12.0	11.9	
<b>2000</b>	12.0	12.0	12.6	13.3	13.7	13.4	12.8	13.4	13.7	14.0	13.0	13.5	
<b>2001</b>	13.1	13.6	13.3	13.8	13.6	13.1	13.1	13.2	12.7	13.7	12.8	13.2	
<b>2002</b>	12.9	13.1	12.8	12.5	12.9	12.0	12.2	12.3	13.9	13.4	13.2	13.6	
<b>2003</b>	13.9	13.7	13.2	13.6	13.4	12.4	12.2	12.9	13.4	13.7	13.2	13.0	
<b>2004</b>	12.9	13.4	14.0	13.0	13.5	12.1	12.4	12.4	13.0	13.5	12.9	13.4	
<b>2005</b>	13.1	14.5	12.8	13.6	12.4	12.9	12.3	12.7	13.6	13.1	12.6	12.3	
<b>2006</b>	13.1	13.4	13.1	12.9	12.4	12.4	12.1	12.9	13.3	13.5	13.1	13.3	
<b>2007</b>	14.6	13.0	13.4	13.2	13.5	12.7	13.1	13.1	13.2	13.2	13.5	13.0	
<b>2008</b>	13.0	12.8	12.1	12.5	12.6	11.8	11.8	12.7	13.0	13.2	13.2	12.6	
<b>2009</b>	13.0	13.1	13.0	13.4	12.8	12.6	12.7	13.4	13.6	13.7	13.1	13.6	
<b>2010</b>	14.4	14.4	14.5	14.3	13.5	13.0	12.8	12.6	13.2	13.0	12.7	12.5	
<b>2011</b>	12.5	12.3	12.0	12.9	12.9	12.8	12.4	13.2	13.0	12.6	13.2	13.2	
<b>2012</b>	13.2	12.3	13.6	13.0	13.1	12.7	12.6	12.5	13.0	13.3	13.4	12.8	
<b>2013</b>	14.1	13.1	13.3	13.3	12.8	12.5	12.1	12.4	13.0	13.2	12.6	13.2	
<b>2014</b>	13.3	13.3	12.8	13.1	13.2	12.6	12.7	12.1	13.0	13.1	12.9	13.2	
<b>2015</b>	13.4	13.5	13.2	13.4	13.3	12.8	12.7	13.3	14.5	14.4	13.6	13.5	
<b>2016</b>	14.3	14.4	14.1	13.9	13.6	12.3	12.1	13.2	13.9	13.2	12.9	13.1	
<b>2017</b>	12.5	12.5	12.5	12.8	12.5	12.1	12.0	12.7	13.3	13.2	13.0	12.8	
Media	13.3	13.2	13.2	13.3	13.0	12.5	12.2	12.7	13.3	13.3	13.0	13.1	
Mediana	13.2	13.1	13.0	13.2	13.0	12.4	12.3	12.7	13.2	13.2	13.0	13.2	
Desv.	0.7	0.6	0.7	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	
Co. Var.	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	
Sesgo	0.29	0.48	0.84	0.86	0.13	-0.13	-0.36	-0.45	0.21	-0.38	-0.48	-0.38	
Curtosis	0.53	-0.40	1.15	0.79	-0.87	-0.11	-0.45	-0.08	1.24	1.78	0.27	0.38	



**Cuadro 81: Jesús, precipitación**

ESTACIÓN	:	<b>JESÚS</b>																																																
TIPO	:	<b>Climática</b>																																																
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>																																																
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>																																																
<table border="0"> <tr> <td>Dep.</td> <td>:</td> <td colspan="5"><b>Cajamarca</b></td> <td>Lat.</td> <td>:</td> <td colspan="4"><b>7°14'44.53"</b></td> </tr> <tr> <td>Prov.</td> <td>:</td> <td colspan="5"><b>Cajamarca</b></td> <td>Long.</td> <td>:</td> <td colspan="4"><b>78°23'18.29"</b></td> </tr> <tr> <td>Dist.</td> <td>:</td> <td colspan="5"><b>Jesús</b></td> <td>Elev.</td> <td>:</td> <td colspan="4"><b>2564 m.s.n.m.</b></td> </tr> </table>												Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°14'44.53"</b>				Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°23'18.29"</b>				Dist.	:	<b>Jesús</b>					Elev.	:	<b>2564 m.s.n.m.</b>			
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°14'44.53"</b>																																									
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°23'18.29"</b>																																									
Dist.	:	<b>Jesús</b>					Elev.	:	<b>2564 m.s.n.m.</b>																																									
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>																																						
1965	73.8	79.5	201.5	65.5	10.5	3.0	5.5	5.0	27.0	61.0	47.5	79.8																																						
1966	88.0	64.5	43.0	39.6	42.9	9.1	0.4	0.6	10.0	118.2	43.2	66.0																																						
1967	99.4	140.9	125.6	35.1	29.0	11.6	5.3	4.7	10.6	158.1	31.2	61.0																																						
1968	81.4	107.6	59.3	39.5	33.6	0.5	0.8	13.3	30.9	63.8	18.3	93.4																																						
1969	59.1	119.0	95.4	47.6	8.6	11.5	3.6	12.4	10.6	32.2	82.8	137.2																																						
1970	91.8	56.9	59.1	77.9	38.3	30.7	10.1	2.5	28.9	161.2	81.4	89.3																																						
1971	63.1	92.9	191.1	58.4	22.8	9.8	5.6	6.3	17.9	95.0	48.0	101.5																																						
1972	52.6	59.9	166.4	67.0	47.2	11.3	3.4	2.0	16.9	34.3	62.2	118.2																																						
1973	141.7	102.7	109.8	147.2	7.2	1.8	2.9	4.0	26.1	74.2	121.2	94.7																																						
1974	72.1	117.9	130.3	37.6	12.5	11.5	1.0	5.3	34.8	54.1	40.4	64.4																																						
1975	76.8	126.0	194.7	106.8	52.6	1.2	8.3	45.0	61.6	103.0	59.2	38.3																																						
1976	99.2	113.3	116.7	68.1	74.0	15.7	0.2	0.3	4.6	40.1	25.3	90.8																																						
1977	131.3	97.2	162.8	79.7	5.8	7.8	1.8	0.6	33.1	60.0	111.0	125.5																																						
1978	36.1	65.3	62.7	81.0	67.1	13.1	12.3	0.4	24.7	35.1	72.3	63.9																																						
1979	71.7	138.2	189.0	54.5	30.1	4.6	7.0	28.0	66.8	5.0	47.0	70.4																																						
1980	45.6	30.5	129.3	42.2	13.2	5.8	0.0	4.5	5.5	178.9	182.1	132.7																																						
1981	121.4	107.9	107.4	35.0	21.1	18.1	0.1	10.0	13.6	114.4	69.5	155.5																																						
1982	100.7	89.1	108.2	46.2	11.6	0.1	2.3	0.0	65.7	137.3	63.9	178.3																																						
1983	139.8	117.1	196.6	124.3	32.8	18.1	2.5	6.1	10.9	45.2	37.4	162.9																																						
1984	77.2	117.1	157.7	53.4	64.2	18.8	11.8	7.2	11.8	71.6	84.4	134.3																																						
1985	53.0	84.5	78.9	49.1	34.1	6.7	0.6	2.4	38.9	19.2	49.5	119.2																																						
1986	101.4	71.0	109.2	141.5	24.8	0.3	1.6	12.9	6.2	38.2	79.3	79.4																																						
1987	104.1	106.8	115.5	77.6	20.8	4.4	2.2	20.2	28.3	27.6	137.3	98.5																																						
1988	154.5	146.6	81.4	123.8	7.7	7.9	0.2	2.7	18.5	74.6	72.0	81.4																																						
1989	93.4	59.6	138.7	91.8	21.9	25.4	0.8	11.2	43.9	173.8	24.8	25.7																																						
1990	73.3	87.2	87.9	63.8	28.5	27.1	2.5	1.2	14.8	189.7	86.5	83.0																																						
1991	62.0	107.9	180.8	61.9	20.4	13.7	0.2	0.1	12.8	47.3	71.8	82.9																																						
1992	64.9	41.3	85.3	89.8	24.0	19.2	2.7	22.4	33.9	93.7	33.5	65.5																																						
1993	71.4	118.6	203.5	189.7	41.7	6.5	1.3	2.7	30.6	87.8	78.8	120.5																																						
1994	102.6	137.7	225.6	169.2	26.2	5.7	0.3	0.0	13.2	11.3	54.8	129.1																																						
1995	37.3	114.0	70.9	57.4	20.4	3.5	5.2	8.8	7.7	74.1	56.9	89.5																																						
1996	76.8	112.0	142.0	97.2	18.2	7.0	0.5	15.8	18.2	78.8	45.5	59.3																																						
1997	75.6	125.1	30.9	71.2	16.0	8.2	0.6	1.2	31.3	72.4	102.2	153.9																																						
1998	137.4	144.2	165.2	91.0	18.2	2.8	0.0	2.2	20.0	64.7	37.1	72.7																																						
1999	97.3	154.8	93.7	57.6	47.7	25.4	2.0	7.6	51.2	23.3	65.3	77.4																																						
2000	50.1	145.3	137.9	53.4	50.8	19.2	3.7	16.9	36.9	6.3	41.0	137.9																																						
2001	127.9	115.0	236.8	27.5	40.3	5.4	3.7	0.3	29.9	99.0	81.9	106.8																																						
2002	36.7	59.6	182.5	96.1	25.0	5.4	10.7	0.0	35.3	190.8	116.2	138.0																																						
2003	65.1	87.7	147.5	52.1	19.6	30.1	4.4	11.9	10.4	88.5	134.1	90.8																																						
2004	93.7	94.1	70.3	56.0	79.6	29.2	10.6	6.6	26.0	90.6	111.5	141.3																																						
2005	130.1	80.6	168.1	46.6	8.5	6.6	0.4	7.6	21.2	122.9	22.9	128.3																																						
2006	132.4	99.2	292.2	100.8	9.0	43.2	1.6	5.5	79.6	27.1	74.9	106.5																																						
2007	82.2	20.3	209.9	112.4	18.1	0.4	7.9	7.6	10.9	116.8	86.8	73.4																																						
2008	92.9	154.9	147.3	73.8	7.0	16.2	1.9	6.8	32.1	105.4	62.8	62.6																																						
2009	137.8	97.6	140.4	99.5	43.2	18.6	14.1	13.9	7.9	80.4	72.9	101.1																																						
2010	70.9	110.4	116.2	45.8	28.4	12.4	10.0	0.2	25.8	41.2	64.0	42.1																																						
2011	80.3	65.0	138.9	113.0	6.0	0.0	6.7	0.8	35.5	34.2	43.3	139.4																																						
2012	154.9	125.4	58.3	60.6	40.7	13.1	0.0	2.7	8.8	130.1	57.2	64.2																																						
2013	85.2	124.2	207.5	47.6	58.4	0.4	0.0	11.6	3.2	91.8	38.0	84.3																																						
2014	78.9	69.8	124.2	64.0	54.5	10.8	5.8	0.0	14.6	33.7	43.6	81.8																																						
2015	127.7	59.7	190.4	38.5	71.9	0.0	2.0	0.5	14.5	19.5	97.9	58.9																																						
2016	81.2	71.0	54.3	37.4	4.0	5.6	0.1	0.4	18.9	47.5	15.0	130.1																																						
2017	114.8	42.6	202.4	98.0	33.6	34.5	0.0	11.0	13.2	78.7	34.2	151.0																																						
Media	90.0	97.7	136.6	74.8	30.1	11.7	3.6	7.0	24.6	77.8	66.5	98.8																																						
Mediana	82.2	102.7	137.9	64.0	25.0	9.1	2.2	5.0	20.0	74.1	62.8	90.8																																						
Desv.	31.1	32.8	56.8	35.5	19.5	10.1	3.8	8.3	16.9	48.5	33.5	35.0																																						
Co. Var.	0.34	0.34	0.42	0.48	0.65	0.86	1.07	1.18	0.69	0.62	0.50	0.35																																						
Sesgo	0.36	-0.30	0.26	1.25	0.80	1.10	1.17	2.34	1.34	0.70	1.08	0.22																																						
Curtosis	-0.61	-0.54	-0.31	1.48	-0.07	0.86	0.39	7.75	1.85	-0.14	1.64	-0.68																																						

**Cuadro 82:** Laguna Huangacocha, precipitación.

ESTACIÓN	LAGUNA HUANGACOCHA												
	Climática												
TIPO	Precipitación promedio mensual												
VARIABLE	milímetros - mm												
UNIDAD													
Dep.	: La Libertad							Lat.	: 7°56'15.39"				
Prov.	: Santiago de Chuco							Long.	: 78°4'5.19"				
Dist.	: Cachicadan							Elev.	: 3763 m.s.n.m.				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1965	112.1	154.0	254.4	133.6	99.1	12.3	0.7	58.2	45.1	172.1	194.4	179.3	
1966	119.1	179.2	219.1	121.9	47.0	8.8	14.1	3.6	32.0	173.7	70.9	14.9	
1967	141.1	171.6	219.5	90.3	56.8	5.5	3.1	31.1	88.1	108.0	15.3	72.8	
1968	84.3	118.2	59.2	84.6	7.9	4.6	20.2	10.0	23.1	124.6	54.7	111.5	
1969	52.3	145.0	97.2	150.5	5.4	17.8	1.7	57.0	20.6	53.7	125.0	202.5	
1970	153.9	74.2	63.6	163.7	90.2	26.1	7.3	19.7	56.5	153.0	203.2	183.6	
1971	104.8	74.8	426.4	155.2	89.8	22.6	16.5	13.9	105.0	106.3	178.0	283.0	
1972	216.0	241.0	184.5	130.7	61.0	28.2	50.0	35.0	80.0	143.0	265.0	83.5	
1973	295.2	246.1	461.8	241.6	90.3	18.7	71.5	35.0	68.2	92.9	263.0	142.0	
1974	142.0	120.0	186.9	60.5	12.4	37.8	10.8	18.8	49.8	102.2	32.3	59.2	
1975	57.8	182.9	119.7	104.9	68.6	18.8	5.4	20.4	55.0	186.8	111.8	30.9	
1976	106.9	121.4	78.4	20.0	5.6	16.7	0.0	0.8	7.3	74.2	19.8	111.5	
1977	293.7	284.0	179.9	202.7	68.5	26.4	0.3	13.7	85.5	71.8	159.2	159.2	
1978	73.4	161.8	122.9	239.9	156.3	4.2	34.6	0.0	167.3	46.7	87.4	224.2	
1979	132.3	247.7	397.8	43.3	49.9	0.0	7.1	30.1	115.5	13.7	95.6	73.7	
1980	58.4	83.1	91.7	90.1	17.9	30.5	0.0	0.0	8.2	346.5	218.0	365.4	
1981	142.9	209.5	322.3	78.2	62.6	16.7	13.4	11.6	8.2	170.7	140.4	159.1	
1982	141.1	222.7	127.9	89.2	7.1	12.1	24.3	0.0	37.6	121.6	137.2	154.1	
1983	113.2	53.4	384.7	336.7	110.2	30.8	0.0	0.0	5.0	125.6	69.5	200.0	
1984	79.6	128.6	227.5	208.6	108.4	34.4	32.7	0.0	18.3	283.0	126.8	106.3	
1985	31.6	26.8	157.6	321.1	124.7	0.0	8.2	0.0	22.1	43.8	42.7	166.2	
1986	235.4	171.9	227.0	198.5	125.6	18.3	11.6	92.6	62.1	106.6	160.4	219.8	
1987	249.8	91.2	184.0	201.5	79.5	14.4	17.5	27.8	104.0	110.9	142.7	162.8	
1988	291.3	208.2	130.2	317.4	43.8	36.6	0.0	7.5	59.3	221.5	163.6	205.7	
1989	103.7	151.3	282.6	146.5	92.9	4.1	0.0	0.0	52.7	250.9	2.1	0.0	
1990	63.7	136.7	264.2	302.7	33.7	17.2	26.0	5.8	122.6	238.6	191.1	149.0	
1991	128.0	165.8	146.6	190.3	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	115.9	187.6	79.3	
1992	120.9	76.6	57.1	26.1	111.3	9.5	0.0	0.0	10.4	120.2	54.4	6.6	
1993	192.5	177.3	221.8	191.4	147.1	0.0	0.0	0.0	78.9	142.2	252.0	233.6	
1994	168.0	214.4	471.0	211.5	65.2	33.1	3.3	1.7	19.6	11.8	29.0	39.4	
1995	9.0	31.5	62.8	147.1	73.0	15.0	20.8	7.8	14.0	36.7	130.1	145.9	
1996	113.2	159.8	208.2	131.9	52.4	18.0	0.0	2.9	7.8	100.3	69.2	27.2	
1997	49.4	141.9	20.0	53.0	40.4	20.5	0.0	4.8	50.8	104.7	159.2	230.5	
1998	219.2	307.8	253.7	114.0	35.6	6.6	0.0	6.1	47.0	185.9	109.9	72.7	
1999	249.0	301.3	157.4	56.5	108.3	13.2	3.6	2.3	122.1	32.6	95.3	209.3	
2000	117.5	268.0	181.3	122.9	88.0	24.9	1.8	16.2	41.2	47.9	74.5	213.3	
2001	336.2	182.6	350.4	37.3	64.3	7.6	31.3	0.0	64.3	131.6	173.6	131.5	
2002	103.1	148.2	235.3	125.5	42.0	13.2	13.0	0.0	43.9	167.3	187.0	172.4	
2003	103.6	115.8	166.2	93.2	48.6	25.8	13.4	5.4	64.9	92.2	129.9	176.9	
2004	70.9	88.5	86.1	114.5	52.4	6.1	52.0	8.2	101.4	180.3	141.0	163.0	
2005	122.0	174.4	282.2	73.1	19.1	7.8	0.0	8.6	24.3	189.1	41.6	144.6	
2006	108.5	214.3	282.3	114.7	32.6	20.1	23.4	11.8	30.0	102.9	145.6	219.3	
2007	134.1	49.7	313.9	183.9	47.4	1.4	21.5	12.7	30.3	254.2	148.2	133.6	
2008	162.6	170.0	200.9	161.4	50.2	22.3	8.5	9.3	41.6	140.3	158.5	70.9	
2009	289.0	160.0	273.3	150.3	61.4	16.9	9.9	7.3	27.9	100.4	161.8	176.1	
2010	86.0	138.0	194.4	93.4	48.9	10.0	6.5	3.3	46.0	75.2	169.4	153.3	
2011	129.0	122.1	168.2	197.7	12.9	3.0	17.5	6.3	48.8	71.2	168.6	221.1	
2012	274.4	237.0	118.0	194.9	41.9	23.9	0.0	26.9	18.6	151.7	230.8	160.7	
2013	76.7	215.7	236.8	83.4	69.1	3.9	10.5	27.2	20.4	189.3	71.6	205.1	
2014	125.9	214.2	254.5	98.6	71.3	13.1	18.7	0.0	55.0	83.5	109.2	194.6	
2015	200.5	91.1	277.0	67.3	92.1	9.0	10.1	2.6	17.6	44.3	105.1	93.1	
2016	99.2	166.5	149.7	90.6	9.8	31.5	1.5	4.2	10.9	101.9	24.0	170.3	
2017	141.9	106.3	206.3	136.5	91.5	23.8	0.0	28.6	28.0	90.3	39.2	86.6	
Media	142.0	159.3	208.4	141.4	62.1	16.1	12.2	13.1	48.4	126.5	125.2	146.2	
Mediana	122.0	160.0	200.9	130.7	61.0	16.7	8.2	7.3	43.9	110.9	130.1	159.1	
Desv.	76.3	67.0	104.3	75.2	37.7	10.2	15.0	17.8	36.4	69.4	66.8	73.4	
Co. Var.	0.54	0.42	0.50	0.53	0.61	0.63	1.24	1.35	0.75	0.55	0.53	0.50	
Sesgo	0.85	0.15	0.60	0.81	0.38	0.30	1.93	2.43	1.10	0.85	0.08	0.09	
Curtosis	0.04	-0.33	0.21	0.43	-0.26	-0.75	4.47	7.47	1.08	0.99	-0.64	0.43	

**Cuadro 83:** Namora, precipitación.

ESTACIÓN	:		NAMORA									
TIPO	:		Climática									
VARIABLE	:		Precipitación promedio mensual									
UNIDAD	:		milímetros - mm									

Dep.	:	<b>Cajamarca</b>	Lat.	:	<b>7°12'2.17''</b>
Prov.	:	<b>Cajamarca</b>	Long.	:	<b>78°19'40.16''</b>
Dist.	:	<b>Namora</b>	Elev.	:	<b>2744 m.s.n.m.</b>

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1965	62.2	88.4	176.8	91.8	37.6	1.1	6.5	11.0	62.7	140.7	67.7	115.4
1966	54.1	48.3	33.6	39.7	59.2	5.3	19.7	0.7	57.9	140.3	59.1	20.1
1967	187.0	201.9	151.2	52.3	40.9	6.5	11.4	8.3	20.4	180.8	70.5	66.5
1968	94.1	93.2	46.8	35.7	47.5	0.4	2.4	23.9	53.7	108.6	16.9	91.4
1969	29.1	189.5	123.3	114.5	14.3	22.3	5.0	22.9	38.8	94.5	78.1	107.8
1970	76.4	32.3	74.5	71.6	47.3	32.3	11.1	0.0	28.4	287.9	73.0	130.4
1971	43.0	49.7	184.0	10.3	17.3	15.4	15.1	18.5	43.6	117.7	33.7	101.0
1972	12.6	38.0	145.4	161.1	34.1	6.7	3.6	8.5	53.8	76.2	75.2	98.1
1973	162.6	112.0	74.9	223.0	7.1	12.9	2.9	3.3	59.7	69.6	136.0	116.8
1974	141.1	143.0	99.9	33.7	7.1	22.9	0.0	11.9	56.6	102.8	46.9	54.7
1975	110.2	137.2	309.8	81.9	94.1	0.0	24.5	24.4	53.7	60.9	74.1	10.0
1976	124.5	234.1	77.4	78.8	60.9	11.1	1.5	8.7	6.9	74.8	30.9	145.8
1977	182.6	230.9	156.5	40.9	25.1	21.5	4.0	0.0	39.1	79.6	108.6	143.2
1978	32.7	102.5	55.1	108.4	73.4	5.7	36.7	5.5	34.3	64.2	65.2	139.9
1979	96.1	231.7	159.1	61.2	28.3	1.8	24.4	32.0	48.7	14.8	51.5	75.1
1980	53.8	23.9	172.9	42.6	41.6	4.3	0.0	11.2	6.2	209.2	206.9	30.5
1981	148.3	212.7	40.2	27.6	56.9	26.9	0.0	32.7	19.1	168.6	27.5	130.3
1982	107.7	31.8	104.8	82.3	63.3	0.0	13.7	0.0	98.2	197.7	92.8	216.3
1983	242.7	57.0	188.0	271.1	90.2	45.4	10.1	20.8	0.0	139.4	39.4	51.2
1984	13.6	309.5	104.9	128.6	53.6	13.5	20.7	23.0	0.0	212.6	115.0	60.9
1985	34.5	65.1	67.3	264.9	52.9	11.4	0.8	27.2	41.6	32.2	55.6	116.5
1986	169.4	81.4	117.7	191.2	50.5	0.0	2.9	9.2	4.7	71.3	106.1	118.6
1987	184.3	171.1	118.1	123.3	20.4	4.2	13.9	17.2	68.1	56.6	135.6	121.5
1988	204.5	144.4	72.8	217.7	15.0	8.7	0.0	0.0	37.3	88.2	118.3	57.0
1989	86.4	200.1	159.7	187.7	43.4	29.7	5.7	14.2	50.6	135.4	1.8	7.5
1990	117.8	138.3	68.1	66.2	35.9	33.4	2.1	8.7	23.2	270.0	93.1	83.2
1991	53.4	138.6	222.7	66.9	60.5	3.2	0.0	0.0	53.7	90.5	85.9	134.0
1992	39.0	48.6	76.0	67.8	31.1	29.3	4.0	15.7	42.7	137.6	33.6	44.0
1993	94.9	176.5	225.2	148.6	55.0	5.8	0.0	11.2	45.3	92.0	74.0	136.0
1994	137.9	169.8	262.6	137.4	23.7	14.7	0.0	1.7	20.6	50.8	62.0	110.5
1995	50.0	131.9	112.7	47.6	22.7	12.1	7.7	1.8	19.1	68.6	72.3	121.9
1996	99.2	181.3	251.7	81.4	20.0	0.3	0.5	6.5	26.1	91.0	54.6	18.8
1997	68.5	141.5	51.7	78.4	16.5	13.1	0.0	0.9	22.6	105.5	106.4	138.1
1998	160.6	202.0	204.0	153.0	34.4	1.1	0.0	2.6	21.6	110.2	66.1	72.9
1999	115.9	176.7	114.5	56.8	77.8	23.4	6.6	1.0	69.5	32.0	71.2	95.9
2000	50.4	173.9	194.8	97.2	56.8	12.4	1.8	23.7	52.9	24.7	65.8	157.9
2001	222.3	109.3	238.5	52.9	61.7	0.4	2.9	0.0	24.6	91.8	106.5	125.0
2002	59.0	118.1	235.4	102.9	23.3	5.8	13.9	7.0	55.1	116.2	87.9	153.7
2003	46.2	110.5	119.8	87.3	23.5	19.1	3.1	10.1	16.3	67.9	111.4	93.6
2004	68.3	102.0	75.7	37.8	40.4	5.1	14.1	6.2	18.8	91.5	83.9	134.2
2005	126.9	73.1	205.8	81.3	22.1	1.0	1.4	5.6	9.2	126.3	13.9	153.5
2006	91.6	92.1	253.6	93.1	8.0	40.7	2.9	11.5	47.9	53.4	80.4	124.2
2007	188.1	34.2	246.5	127.0	50.4	0.0	6.4	6.9	22.2	142.4	58.4	101.8
2008	124.5	176.0	151.9	104.2	32.3	31.1	1.9	9.5	52.3	141.3	83.0	38.4
2009	203.0	117.0	192.8	127.9	59.5	17.9	6.9	7.8	10.8	116.2	121.5	133.8
2010	68.6	116.7	175.5	68.9	24.2	20.2	9.9	0.0	30.2	49.1	86.8	122.4
2011	122.3	108.9	150.5	171.4	4.6	0.3	10.4	1.3	33.8	27.8	59.0	146.2
2012	222.7	127.7	118.7	105.6	34.3	7.7	0.0	5.0	4.6	149.3	109.0	50.8
2013	61.3	106.9	280.5	89.0	69.2	0.4	0.7	19.9	1.9	91.4	23.2	98.6
2014	98.3	114.2	176.6	63.3	50.6	1.3	4.3	0.0	22.9	49.7	76.8	153.8
2015	223.3	92.3	239.7	70.7	80.7	0.2	3.5	0.2	2.5	23.3	124.0	60.5
2016	94.7	149.6	79.9	117.6	25.4	16.6	0.8	3.5	28.9	53.1	9.1	165.1
2017	146.5	35.3	237.6	106.5	75.7	25.5	0.0	18.2	24.8	91.6	42.5	97.4
Media	109.6	126.3	150.5	101.0	41.6	12.3	6.5	9.8	33.7	103.4	74.5	101.7
Mediana	98.3	117.0	151.2	87.3	40.4	8.7	3.5	8.3	30.2	91.6	73.0	110.5
Desv.	61.0	63.0	71.2	58.3	22.3	11.8	7.8	9.1	21.5	58.8	37.6	45.0
Co. Var.	0.56	0.50	0.47	0.58	0.54	0.96	1.20	0.92	0.64	0.57	0.50	0.44
Sesgo	0.45	0.43	0.23	1.17	0.38	0.91	1.81	0.84	0.42	1.12	0.65	-0.28
Curtosis	-0.75	0.04	-0.93	1.23	-0.55	0.06	3.69	-0.19	0.03	1.55	1.75	-0.20

**Cuadro 84:** San Juan, precipitación.

ESTACIÓN	:	<b>SAN JUAN</b>												
TIPO	:	<b>Climática</b>												
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>												
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>												
	Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°17'51.22''</b>				
	Prov.	:	<b>Cajamarca</b>					Long.	:	<b>78°29'27.81''</b>				
	Dist.	:	<b>San Juan</b>					Elev.	:	<b>2228 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>		
<b>1965</b>	61.1	119.0	159.5	185.0	1.5	0.0	1.1	4.0	2.1	5.9	42.0	124.0		
<b>1966</b>	13.1	11.0	9.8	80.0	50.1	0.0	0.0	8.0	30.4	141.8	32.2	25.2		
<b>1967</b>	241.7	298.2	190.1	38.9	29.7	5.9	0.9	3.4	12.8	94.6	9.5	24.9		
<b>1968</b>	64.6	80.4	117.3	35.5	13.0	0.0	0.6	8.2	29.3	65.6	47.6	68.8		
<b>1969</b>	35.9	156.2	199.6	107.4	1.6	18.7	4.6	8.6	3.3	57.8	126.0	164.3		
<b>1970</b>	161.0	96.4	116.9	124.4	28.8	25.1	2.2	10.8	28.6	115.6	61.4	82.8		
<b>1971</b>	97.7	137.1	357.5	148.9	14.0	15.5	4.9	1.1	39.3	78.2	34.8	142.9		
<b>1972</b>	81.1	144.6	294.6	111.0	37.6	0.5	2.3	0.0	35.7	23.9	47.3	93.9		
<b>1973</b>	218.4	165.3	298.6	216.0	29.8	32.6	1.5	4.4	68.4	65.9	64.5	126.9		
<b>1974</b>	144.6	242.6	128.0	80.0	4.5	28.4	3.8	14.7	41.4	41.8	65.2	65.1		
<b>1975</b>	103.3	266.8	298.3	128.8	35.3	4.6	11.5	12.4	69.1	140.4	62.4	13.1		
<b>1976</b>	283.7	163.1	179.7	98.1	49.2	4.5	0.0	0.0	0.0	19.0	39.3	76.9		
<b>1977</b>	272.0	423.4	269.3	104.8	6.6	2.2	0.0	0.0	23.0	26.5	78.7	103.5		
<b>1978</b>	22.6	181.6	159.6	84.6	81.0	0.0	7.3	0.0	43.1	31.4	45.2	86.4		
<b>1979</b>	137.8	174.2	391.6	48.5	10.2	1.4	0.0	7.2	33.0	0.0	27.1	31.9		
<b>1980</b>	51.0	69.9	187.8	101.9	2.8	8.9	0.0	3.6	4.6	171.6	101.2	110.1		
<b>1981</b>	184.6	431.4	250.6	36.4	11.8	0.0	0.0	6.6	0.0	121.7	106.9	136.0		
<b>1982</b>	136.4	153.5	154.7	77.1	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3	108.3	52.6	147.1		
<b>1983</b>	170.4	100.3	383.5	230.7	12.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.1		
<b>1984</b>	72.9	441.1	253.2	78.1	82.1	22.4	11.8	0.0	0.0	49.7	0.0	53.2		
<b>1985</b>	46.5	90.7	28.7	34.6	20.9	0.0	0.0	0.0	26.3	1.1	28.8	122.0		
<b>1986</b>	196.3	149.0	251.8	283.7	22.2	0.0	0.0	13.3	0.0	47.6	143.8	143.3		
<b>1987</b>	325.3	252.4	113.7	134.2	3.7	0.0	0.0	12.5	18.4	13.2	89.1	84.5		
<b>1988</b>	254.4	237.8	75.9	171.1	5.7	5.1	0.0	8.6	18.1	77.8	136.0	87.1		
<b>1989</b>	219.3	401.1	339.8	125.9	21.1	21.1	0.0	2.1	57.2	171.9	13.0	0.0		
<b>1990</b>	175.1	159.7	215.7	71.6	42.2	37.3	4.6	0.7	1.0	104.0	186.6	131.3		
<b>1991</b>	37.0	127.1	269.1	114.0	11.2	2.8	0.0	0.0	5.4	69.3	52.9	120.6		
<b>1992</b>	192.9	77.4	196.0	246.0	64.5	42.0	1.2	3.2	19.9	158.9	46.6	30.5		
<b>1993</b>	103.9	199.6	286.5	141.1	27.6	1.2	5.3	2.0	33.8	109.4	80.2	174.6		
<b>1994</b>	194.4	199.9	270.7	154.8	38.6	4.2	0.0	0.0	13.9	9.6	65.3	215.7		
<b>1995</b>	120.5	211.3	126.2	78.5	26.0	2.9	3.4	0.4	7.4	54.9	52.0	119.8		
<b>1996</b>	164.3	204.7	301.4	75.5	10.1	13.0	0.0	6.0	12.1	64.1	32.6	31.7		
<b>1997</b>	70.0	182.2	66.5	107.4	21.2	11.7	0.0	0.0	49.1	80.2	136.1	144.4		
<b>1998</b>	300.8	421.4	359.5	153.0	47.0	12.3	0.0	5.4	12.1	56.8	20.0	56.1		
<b>1999</b>	118.6	238.1	151.5	94.6	67.7	20.0	0.0	0.5	59.8	20.6	74.3	139.6		
<b>2000</b>	113.8	302.4	293.1	144.9	71.9	67.8	1.8	5.6	62.6	12.7	49.6	155.5		
<b>2001</b>	277.7	128.9	461.8	68.1	42.8	0.6	0.0	0.0	14.0	48.1	125.5	68.9		
<b>2002</b>	34.4	211.0	337.3	108.0	13.1	8.6	9.7	0.0	7.4	128.0	106.6	182.8		
<b>2003</b>	104.5	118.4	173.1	80.1	37.9	30.2	5.0	1.6	4.6	28.0	49.3	90.4		
<b>2004</b>	33.9	226.5	102.5	89.5	35.8	2.5	6.0	1.0	13.7	73.5	71.6	128.8		
<b>2005</b>	135.1	114.1	285.5	46.1	9.1	4.0	0.0	1.5	10.6	72.2	24.3	109.1		
<b>2006</b>	156.6	195.0	448.6	131.3	5.4	23.9	4.5	5.8	37.6	6.6	76.7	153.8		
<b>2007</b>	171.0	72.3	366.8	130.8	13.9	1.5	1.5	6.2	1.6	93.9	86.4	57.4		
<b>2008</b>	271.0	301.5	229.4	195.5	30.0	5.2	0.6	10.6	32.7	69.4	101.9	18.4		
<b>2009</b>	249.8	268.7	391.8	118.7	50.7	9.6	6.1	2.0	2.0	103.6	114.4	124.5		
<b>2010</b>	81.1	188.3	220.4	101.9	42.2	9.6	5.2	0.0	25.8	21.7	64.3	65.7		
<b>2011</b>	136.3	117.6	204.7	207.9	8.3	5.5	9.2	0.0	26.0	13.7	34.0	169.0		
<b>2012</b>	298.6	244.4	161.6	102.6	63.3	3.2	0.0	2.2	3.8	128.5	127.6	90.6		
<b>2013</b>	94.7	254.0	386.2	85.0	53.7	4.7	4.2	10.0	0.7	95.4	4.7	94.2		
<b>2014</b>	150.6	143.0	317.4	88.8	79.8	5.5	0.0	1.6	22.6	32.4	85.1	116.6		
<b>2015</b>	157.2	100.2	401.1	93.2	65.4	0.9	0.5	1.6	16.2	11.0	100.4	53.1		
<b>2016</b>	94.1	156.9	172.5	121.3	8.6	8.9	0.0	0.0	5.4	15.1	12.5	105.5		
<b>2017</b>	269.8	178.1	457.2	154.3	65.6	19.3	0.3	6.2	5.1	116.6	19.4	121.5		
Media	149.1	194.9	242.7	116.4	30.7	10.6	2.3	3.8	20.9	65.5	65.2	100.3		
Mediana	137.8	178.1	250.6	107.4	27.6	5.2	0.6	2.0	16.2	64.1	61.4	105.5		
Desv.	83.9	98.7	111.8	54.3	23.8	13.4	3.2	4.2	19.2	48.1	41.8	48.5		
Co. Var.	0.56	0.51	0.46	0.47	0.77	1.26	1.39	1.10	0.92	0.73	0.64	0.48		
Sesgo	0.34	0.94	0.06	0.98	0.63	2.10	1.49	0.96	0.95	0.48	0.63	-0.10		
Curtosis	-0.84	0.70	-0.67	1.09	-0.69	5.61	1.53	-0.17	0.14	-0.70	0.06	-0.48		

**Cuadro 85: San Juan, temperatura.**

ESTACIÓN	:	SAN JUAN									
TIPO	:	Climática									
VARIABLE	:	Temperatura promedio mensual									
UNIDAD	:	grados centígrados - °C									

---

Dep.	:	Cajamarca					Lat.	:	7°17'51.22''				
Prov.	:	Cajamarca					Long.	:	78°29'27.81''				
Dist.	:	San Juan					Elev.	:	2228 m.s.n.m.				

---

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1965	16.5	17.2	16.6	15.7	17.0	18.4	18.8	17.9	17.8	17.7	17.4	17.2
1966	18.1	17.7	17.3	16.9	17.1	16.7	18.4	18.3	18.7	16.8	16.7	16.4
1967	15.5	15.2	15.3	16.8	17.0	16.9	17.4	18.0	17.9	17.1	17.0	17.7
1968	17.1	16.5	16.0	16.5	17.4	17.0	18.1	18.3	17.7	17.2	17.5	17.4
1969	17.8	17.4	17.3	16.8	18.1	17.7	19.4	17.5	18.8	17.8	17.7	16.9
1970	16.4	17.4	17.1	17.7	16.3	17.6	17.2	17.7	17.4	17.2	16.6	16.5
1971	16.3	15.4	15.2	15.5	16.3	16.4	17.5	16.5	16.6	16.6	16.4	16.5
1972	15.8	16.2	15.5	16.7	17.1	17.7	18.9	18.3	18.7	18.8	18.1	17.9
1973	17.9	17.1	17.0	16.8	16.6	16.6	17.1	17.2	16.8	16.2	16.5	15.5
1974	15.4	14.9	15.6	16.6	17.1	16.6	17.1	17.7	17.1	17.0	17.6	17.1
1975	16.7	15.6	16.7	16.6	16.5	16.8	16.5	16.9	16.8	16.2	16.3	16.3
1976	15.1	15.2	16.4	16.4	16.9	16.6	17.9	17.7	17.6	17.1	17.5	17.4
1977	15.4	15.4	16.9	15.8	16.3	16.4	17.4	17.6	18.1	18.1	17.0	17.6
1978	17.2	17.6	16.2	16.2	16.5	17.0	16.8	18.3	16.9	17.5	17.7	16.9
1979	15.9	16.2	15.4	17.2	17.0	17.5	17.5	17.8	17.2	18.2	17.8	18.0
1980	18.1	17.2	17.8	17.4	17.6	18.3	18.2	18.6	18.4	16.7	16.5	16.6
1981	15.2	15.5	16.2	16.8	16.9	17.1	17.0	17.5	18.0	17.1	17.3	16.8
1982	16.4	16.5	16.4	16.9	17.0	18.0	17.6	18.6	17.9	16.7	17.6	17.5
1983	18.2	18.1	17.8	17.5	17.9	18.0	18.1	18.2	17.8	17.4	18.0	16.8
1984	15.6	15.0	15.9	15.9	15.8	16.1	16.4	17.3	17.1	18.4	16.1	17.0
1985	14.8	15.5	16.7	15.7	16.2	18.2	16.6	17.4	16.8	16.6	17.2	16.7
1986	15.9	15.3	15.7	15.5	16.7	17.7	18.5	17.2	18.3	18.0	17.7	16.6
1987	16.7	18.0	17.7	18.0	17.1	19.3	18.0	17.7	16.9	17.7	17.0	17.5
1988	16.7	16.6	16.7	16.1	16.6	16.3	17.6	17.5	16.9	16.3	16.2	16.1
1989	15.7	15.2	16.4	16.3	17.1	17.2	17.6	17.6	17.2	17.6	18.3	18.2
1990	17.4	16.6	17.2	16.6	17.3	17.3	17.0	17.4	17.6	16.4	16.9	16.3
1991	16.6	17.1	16.1	16.8	17.0	17.3	16.8	17.8	17.9	17.6	17.6	17.7
1992	17.4	17.6	17.5	16.7	16.6	16.4	16.6	16.9	17.8	18.4	18.2	18.2
1993	17.9	16.3	15.4	17.2	17.3	19.1	18.8	19.1	18.4	17.3	17.7	17.4
1994	16.4	16.1	16.0	16.2	17.2	17.1	17.3	17.8	18.5	17.6	17.3	16.8
1995	16.9	15.9	15.9	16.8	17.0	17.1	16.7	17.6	18.0	17.3	17.0	16.4
1996	15.7	15.7	15.8	16.4	16.9	16.9	17.3	17.8	18.1	16.9	17.4	17.5
1997	16.2	16.3	16.9	16.8	18.0	16.8	19.1	19.5	18.7	18.2	17.4	17.7
1998	18.2	17.8	17.8	17.7	17.9	17.8	17.5	17.7	17.7	17.7	17.2	17.2
1999	16.3	15.4	16.3	16.3	16.2	16.2	16.7	17.6	16.4	17.3	16.6	16.0
2000	15.7	15.3	15.7	15.8	15.9	16.5	16.7	17.6	16.6	18.1	17.2	16.6
2001	15.5	16.5	16.1	17.0	16.7	17.2	17.5	19.2	17.2	18.1	16.7	17.2
2002	17.4	16.3	16.8	16.4	17.9	17.7	17.9	19.0	18.4	17.4	17.2	17.0
2003	17.2	17.2	16.4	16.9	17.5	17.0	17.7	18.4	18.2	17.7	17.6	17.0
2004	16.9	16.5	17.2	16.7	17.1	18.0	16.9	18.4	18.1	16.9	17.3	16.8
2005	16.4	16.8	16.5	17.6	17.6	17.8	18.3	18.5	18.4	16.9	16.9	16.5
2006	16.6	16.2	16.1	16.2	17.2	17.2	18.2	18.6	18.2	17.8	17.3	17.0
2007	17.0	16.6	16.5	16.4	17.0	17.4	17.7	17.2	18.5	16.9	16.6	16.3
2008	15.2	15.5	15.8	15.7	16.3	16.8	16.9	17.0	18.2	17.5	16.6	16.8
2009	15.8	15.6	16.2	16.5	16.8	17.8	18.2	19.1	18.0	18.2	17.3	17.2
2010	17.5	17.8	17.1	17.3	17.6	17.8	17.4	18.4	17.9	17.7	16.4	16.2
2011	15.9	15.8	15.9	16.0	17.2	17.5	17.8	19.0	19.1	16.9	17.4	16.2
2012	15.6	15.6	17.4	15.8	16.6	17.3	18.4	18.5	19.1	16.9	16.3	16.2
2013	16.2	15.8	16.2	16.6	15.9	17.2	17.6	17.9	18.3	16.8	16.7	16.4
2014	16.2	16.4	15.9	17.0	16.5	17.5	17.9	18.0	17.8	17.8	16.9	16.7
2015	16.4	16.3	16.2	16.6	17.3	18.2	17.9	18.8	18.0	18.5	17.3	17.4
2016	18.1	17.5	17.1	17.2	17.5	17.9	18.1	18.9	18.6	17.5	16.7	16.8
2017	16.0	16.3	16.0	16.5	16.5	16.6	17.9	17.8	17.8	17.3	16.8	16.4

---

Media	16.5	16.4	16.4	16.6	17.0	17.3	17.6	18.0	17.8	17.4	17.1	16.9
Mediana	16.4	16.3	16.4	16.6	17.0	17.2	17.6	17.8	17.9	17.4	17.2	16.8
Desv.	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.6
Co. Var.	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
Sesgo	0.30	0.29	0.29	0.13	0.01	0.58	0.34	0.24	-0.30	0.09	0.06	0.21
Curtosis	-0.82	-0.99	-0.74	-0.27	-0.35	0.40	-0.34	-0.42	-0.66	-0.55	-0.65	-0.35

**Cuadro 86: San Marcos, precipitación.**

ESTACIÓN	:	<b>SAN MARCOS</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>milímetros - mm</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>	Lat.	:	<b>7°19'21.14"</b>								
Prov.	:	<b>San Marcos</b>	Long.	:	<b>78°10'21.88"</b>								
Dist.	:	<b>Pedro Gálvez</b>	Elev.	:	<b>2287 m.s.n.m.</b>								
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	54.5	44.0	247.3	102.0	0.0	0.3	0.8	0.0	48.3	78.0	69.3	89.5	
<b>1966</b>	105.9	33.0	102.9	7.0	12.2	1.8	9.2	0.0	0.0	108.1	57.6	38.2	
<b>1967</b>	82.3	141.5	102.1	42.4	6.6	5.7	5.8	0.4	13.6	108.6	22.3	38.8	
<b>1968</b>	33.3	115.6	96.6	36.5	17.9	0.0	0.8	9.1	54.0	98.4	20.6	65.1	
<b>1969</b>	37.9	111.6	85.7	83.5	0.0	14.8	0.0	1.8	30.2	68.8	136.5	106.9	
<b>1970</b>	93.6	37.2	82.8	88.9	24.4	18.9	3.4	3.6	29.9	119.2	105.1	79.3	
<b>1971</b>	75.2	167.1	208.9	98.8	25.3	17.2	7.2	0.8	9.2	72.0	69.3	82.5	
<b>1972</b>	56.9	63.0	218.0	182.8	17.6	6.9	0.0	2.1	32.7	28.4	54.6	138.4	
<b>1973</b>	169.9	78.5	136.7	142.1	35.6	23.6	5.8	5.6	45.4	108.8	64.1	100.1	
<b>1974</b>	71.4	128.1	190.8	37.9	0.0	26.2	0.0	0.0	37.6	51.2	46.2	19.8	
<b>1975</b>	58.3	176.0	194.5	142.9	35.0	17.3	17.3	14.0	66.5	80.7	38.2	18.2	
<b>1976</b>	197.5	75.4	156.9	48.4	64.1	0.0	0.0	0.0	0.0	73.2	31.3	73.6	
<b>1977</b>	197.3	118.2	147.7	41.2	8.8	2.3	3.7	2.8	49.2	52.2	98.1	85.0	
<b>1978</b>	24.7	114.2	58.2	31.9	26.4	0.0	8.2	0.0	24.8	79.7	98.6	54.2	
<b>1979</b>	61.3	128.0	209.3	68.8	48.4	0.0	4.7	5.5	82.8	0.0	70.2	54.4	
<b>1980</b>	29.0	44.1	101.0	33.3	11.2	0.0	0.0	4.7	1.8	141.4	166.5	175.1	
<b>1981</b>	94.2	256.9	191.0	41.4	46.1	20.4	0.0	12.9	15.5	90.2	184.3	112.8	
<b>1982</b>	79.0	106.2	96.0	37.1	31.9	0.4	0.0	0.0	73.4	163.7	87.2	190.0	
<b>1983</b>	164.9	26.4	198.6	123.7	46.6	0.0	6.9	2.3	34.2	54.3	40.1	133.9	
<b>1984</b>	97.6	249.6	243.8	71.0	78.5	2.5	1.1	15.5	24.3	58.1	73.1	63.7	
<b>1985</b>	57.1	37.7	141.6	21.0	24.2	0.0	1.6	15.9	22.2	41.9	40.1	106.0	
<b>1986</b>	116.5	80.2	84.3	126.2	31.6	11.1	1.5	5.8	1.5	19.7	78.8	78.0	
<b>1987</b>	114.2	90.9	104.6	120.2	6.9	3.3	6.4	4.7	52.2	35.8	144.4	125.8	
<b>1988</b>	218.5	150.4	72.1	130.9	3.2	7.2	1.4	1.2	20.3	73.1	62.3	111.0	
<b>1989</b>	138.7	155.2	138.4	142.7	11.1	3.1	0.0	1.6	50.3	135.2	50.9	1.7	
<b>1990</b>	127.9	106.9	76.4	95.5	30.5	22.4	0.0	0.4	6.4	157.2	157.3	58.2	
<b>1991</b>	56.6	131.4	141.9	89.7	7.4	4.2	0.0	0.0	9.2	74.2	45.5	99.8	
<b>1992</b>	60.9	26.1	79.4	71.1	13.3	16.5	2.5	16.7	58.1	69.4	22.1	71.2	
<b>1993</b>	86.1	164.9	204.1	113.9	10.9	0.0	0.0	0.0	27.5	88.1	108.0	105.9	
<b>1994</b>	112.2	185.0	177.6	127.0	26.2	4.4	0.0	0.0	17.9	73.0	75.9	71.0	
<b>1995</b>	12.2	133.7	118.8	47.7	27.1	4.8	0.9	5.2	21.9	104.1	67.3	87.4	
<b>1996</b>	98.2	132.0	117.8	73.6	6.7	3.8	0.0	3.4	29.3	112.1	22.0	22.1	
<b>1997</b>	70.1	107.6	55.2	63.0	10.7	15.6	0.4	0.0	37.2	76.2	124.2	94.4	
<b>1998</b>	163.4	188.0	158.0	116.7	13.0	2.2	0.0	1.2	21.6	73.5	25.6	71.9	
<b>1999</b>	103.6	178.9	41.9	13.1	49.7	18.7	1.1	3.0	59.0	35.0	75.3	94.6	
<b>2000</b>	70.3	118.0	140.9	59.4	23.5	22.1	8.6	4.2	65.6	5.1	48.0	140.5	
<b>2001</b>	142.3	103.4	196.7	19.2	71.3	0.0	0.0	0.0	17.6	110.4	99.8	108.3	
<b>2002</b>	42.5	126.4	223.5	87.0	10.4	0.5	6.0	0.0	25.7	143.8	121.0	151.5	
<b>2003</b>	41.9	72.9	147.5	46.7	6.2	6.7	3.0	3.5	15.3	68.1	113.1	123.0	
<b>2004</b>	61.6	63.5	46.6	80.4	19.6	3.2	2.0	1.6	24.4	70.1	138.1	176.0	
<b>2005</b>	98.6	92.0	148.4	86.5	2.3	0.7	0.0	6.6	35.5	133.0	28.8	84.9	
<b>2006</b>	105.8	91.1	261.2	92.1	5.4	25.9	2.2	4.4	59.6	49.2	90.9	115.1	
<b>2007</b>	88.7	43.7	214.3	118.9	26.5	0.0	7.7	4.0	27.3	126.1	110.3	71.6	
<b>2008</b>	134.7	184.9	91.6	80.2	19.5	18.5	2.8	4.9	24.5	147.1	93.2	78.0	
<b>2009</b>	188.2	129.7	136.7	147.3	46.4	2.7	1.2	0.0	6.0	99.5	130.3	99.1	
<b>2010</b>	43.9	95.9	160.3	64.7	30.7	4.7	10.6	0.0	23.0	31.5	52.8	95.5	
<b>2011</b>	92.7	99.1	164.7	120.0	9.7	0.0	6.1	0.0	43.7	32.1	53.6	126.2	
<b>2012</b>	186.5	119.3	79.9	96.9	40.3	9.0	0.0	2.8	12.5	95.0	167.5	80.3	
<b>2013</b>	62.8	77.0	283.3	114.4	65.4	0.5	13.8	3.6	9.3	118.9	24.0	52.7	
<b>2014</b>	55.2	209.1	118.5	112.7	54.8	5.5	0.0	0.0	33.2	68.6	80.8	107.9	
<b>2015</b>	150.2	62.7	216.3	23.7	51.6	0.0	1.2	0.0	5.5	34.5	124.7	36.7	
<b>2016</b>	121.3	119.5	86.8	57.2	20.6	16.0	0.0	0.0	4.2	38.1	18.9	104.3	
<b>2017</b>	76.1	17.9	115.3	32.6	1.2	2.4	0.0	9.7	24.6	47.5	21.8	79.4	
Media	95.9	111.5	143.6	80.3	24.8	7.4	2.9	3.5	29.5	79.7	78.3	89.6	
Mediana	88.7	111.6	140.9	80.4	20.6	3.8	1.2	2.1	24.8	73.5	70.2	87.4	
Desv.	49.7	54.9	60.0	41.3	19.9	8.3	3.9	4.5	20.3	39.3	43.9	39.7	
Co. Var.	0.52	0.49	0.42	0.51	0.80	1.12	1.34	1.28	0.69	0.49	0.56	0.44	
Sesgo	0.69	0.50	0.34	0.20	0.89	0.92	1.67	1.67	0.64	0.18	0.55	0.23	
Curtosis	-0.21	0.19	-0.74	-0.73	0.12	-0.59	2.83	2.18	-0.19	-0.54	-0.51	0.37	

**Cuadro 87:** San Marcos, temperatura.

ESTACIÓN	:	<b>SAN MARCOS</b>											
TIPO	:	<b>Climática</b>											
VARIABLE	:	<b>Temperatura promedio mensual</b>											
UNIDAD	:	<b>grados centígrados - °C</b>											
Dep.	:	<b>Cajamarca</b>					Lat.	:	<b>7°19'21.14"</b>				
Prov.	:	<b>San Marcos</b>					Long.	:	<b>78°10'21.88"</b>				
Dist.	:	<b>Pedro Gálvez</b>					Elev.	:	<b>2287 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
1965	18.4	18.9	18.2	18.4	17.6	16.6	15.8	17.0	17.8	18.6	18.6	19.8	
1966	20.7	19.7	18.3	18.4	18.0	16.6	15.7	16.2	17.4	17.9	18.5	18.0	
1967	18.3	17.7	17.8	17.6	16.8	16.1	15.7	16.5	17.4	18.4	18.4	18.8	
1968	18.4	18.2	17.5	17.7	16.9	16.3	15.7	17.4	18.5	18.1	18.3	18.8	
1969	18.8	19.1	19.1	18.9	18.5	17.2	15.9	17.0	18.9	18.8	19.1	18.4	
1970	18.5	18.8	18.7	18.8	17.6	16.9	16.1	16.9	17.8	18.7	18.0	18.4	
1971	18.4	17.9	17.8	17.6	17.0	17.2	16.1	17.1	18.2	18.2	18.1	18.2	
1972	18.3	18.3	17.8	18.1	17.7	17.3	17.4	17.8	18.0	18.9	19.1	19.4	
1973	19.7	18.7	18.8	19.1	18.0	17.5	16.9	17.3	17.8	18.1	18.9	17.6	
1974	17.9	17.6	17.9	18.1	17.3	16.9	15.3	16.8	17.8	18.6	19.4	19.4	
1975	18.9	18.4	18.2	18.0	17.4	16.6	15.6	16.1	17.8	18.6	18.0	18.2	
1976	18.1	18.3	18.3	17.6	17.4	16.3	14.9	16.7	17.9	19.4	19.1	19.1	
1977	19.1	18.3	19.1	18.2	17.5	16.2	16.3	16.9	17.9	18.3	17.9	19.2	
1978	18.5	18.9	17.6	18.9	18.0	15.5	17.0	17.0	18.1	18.2	19.6	18.8	
1979	19.1	18.7	18.3	18.2	17.8	16.4	16.2	17.6	18.1	18.8	18.8	18.1	
1980	18.8	19.1	18.8	18.4	17.7	16.6	15.8	16.9	17.8	18.3	18.3	18.3	
1981	18.4	18.1	17.9	18.4	18.1	16.9	16.3	17.3	17.7	18.6	18.5	18.6	
1982	18.4	18.3	18.7	18.4	17.8	16.9	15.9	16.2	17.8	18.2	18.5	18.7	
1983	19.7	19.4	19.2	18.7	18.8	17.4	17.0	16.9	18.1	18.9	19.2	18.4	
1984	17.5	17.6	18.2	18.1	17.8	16.5	15.8	17.0	17.9	18.4	17.3	18.7	
1985	18.2	17.8	18.6	18.4	17.5	16.6	16.0	16.9	18.0	17.9	17.3	18.6	
1986	18.8	17.9	18.1	18.7	17.7	16.2	15.2	17.0	17.6	18.1	18.4	18.9	
1987	19.2	18.8	18.6	18.6	17.1	16.8	17.2	16.6	18.4	18.7	18.5	19.0	
1988	18.9	19.2	17.9	18.2	17.4	16.3	15.5	16.4	17.6	18.3	18.4	18.0	
1989	18.3	18.1	17.8	17.8	16.4	16.4	15.2	16.5	17.6	17.6	17.8	17.7	
1990	18.4	18.2	18.6	18.7	17.4	17.0	16.0	15.9	17.7	18.3	18.8	17.8	
1991	17.9	18.5	18.3	18.1	17.4	17.1	15.0	15.6	17.2	17.5	17.9	18.5	
1992	18.8	19.3	19.0	18.7	18.0	16.8	15.0	16.4	17.7	17.9	18.7	18.7	
1993	18.5	18.3	17.7	18.3	18.0	16.2	16.1	16.2	17.6	18.1	18.3	18.8	
1994	18.6	18.4	18.4	18.3	18.1	16.3	15.7	16.1	17.7	17.9	18.5	18.9	
1995	19.3	18.4	18.5	18.3	17.5	17.3	17.0	17.0	17.8	19.0	19.4	18.9	
1996	18.3	18.5	18.5	18.3	17.9	17.1	16.6	16.9	17.8	19.0	18.1	19.2	
1997	18.8	19.0	18.5	18.9	18.4	17.5	16.6	16.9	17.8	18.6	19.4	19.6	
1998	19.5	19.7	18.2	18.4	18.4	16.8	16.5	17.0	17.8	18.6	19.1	18.8	
1999	18.8	18.0	18.3	18.4	17.6	17.5	15.5	16.5	18.3	18.0	18.9	18.9	
2000	18.5	18.0	18.3	18.2	17.5	16.9	15.6	16.3	17.9	17.8	17.3	18.1	
2001	17.7	17.9	17.8	17.6	17.5	15.9	16.4	16.1	17.8	19.2	18.5	18.9	
2002	18.3	18.8	18.5	18.3	17.6	16.6	16.9	16.4	17.8	18.5	18.5	19.2	
2003	19.2	19.0	18.3	18.7	17.9	17.0	15.6	16.5	17.7	19.2	18.9	18.6	
2004	17.9	18.8	18.8	18.3	18.0	15.9	16.4	16.4	17.6	19.1	18.5	19.1	
2005	18.7	19.6	18.8	18.7	17.0	17.1	15.9	16.5	17.8	18.5	18.0	17.9	
2006	18.2	19.2	18.5	18.0	17.0	16.9	15.7	16.4	17.9	18.6	18.3	18.8	
2007	19.6	18.0	18.6	18.0	17.8	15.9	16.5	16.4	17.8	17.7	18.6	17.8	
2008	18.3	18.1	17.8	17.6	17.5	16.2	16.2	17.1	17.7	18.4	18.8	18.2	
2009	18.6	18.4	18.3	18.1	17.6	16.5	16.4	17.0	17.4	18.7	18.5	19.0	
2010	19.3	19.2	19.7	19.2	18.6	17.6	17.7	17.2	18.5	18.4	18.8	18.3	
2011	18.6	18.3	17.8	18.4	17.4	17.3	16.6	17.2	17.5	18.3	19.3	18.9	
2012	19.0	18.5	18.8	18.7	17.8	16.5	16.0	16.9	17.7	19.1	19.5	19.0	
2013	19.7	19.4	19.1	18.9	18.8	16.9	16.0	16.9	17.6	18.8	18.3	18.9	
2014	19.3	19.6	18.8	18.5	18.7	17.3	16.1	16.3	17.0	17.8	17.7	17.6	
2015	17.2	17.7	17.5	17.4	16.9	16.4	16.3	16.8	19.0	18.6	18.9	19.4	
2016	19.1	18.6	18.5	18.3	17.9	16.0	16.0	17.0	18.2	18.0	17.9	17.8	
2017	17.3	17.7	17.2	17.2	16.9	16.2	15.7	16.9	17.8	18.1	17.7	17.4	
Media	18.7	18.5	18.3	18.3	17.7	16.7	16.1	16.7	17.9	18.4	18.5	18.6	
Mediana	18.6	18.4	18.3	18.3	17.6	16.6	16.0	16.9	17.8	18.4	18.5	18.7	
Desv.	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	
Co. Var.	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	
Sesgo	0.33	0.30	0.10	-0.31	0.14	-0.11	0.40	-0.14	0.98	0.08	-0.19	-0.25	
Curtosis	1.00	-0.82	-0.03	-0.08	0.14	-0.65	0.07	0.06	2.47	-0.53	-0.32	-0.54	

**Cuadro 88:** Sondor Matara, precipitación.

ESTACIÓN :		<b>SONDOR MATARA</b>											
TIPO :		<b>Climática</b>											
VARIABLE :		<b>Precipitación promedio mensual</b>											
UNIDAD :		<b>milímetros - mm</b>											
	Dep.	:	<b>Cajamarca</b>				Lat.	:	<b>7° 14' 12.75''</b>				
	Prov.	:	<b>San Marcos</b>				Long.	:	<b>78° 12' 45.43''</b>				
	Dist.	:	<b>Gregorio Pita</b>				Elev.	:	<b>2908 m.s.n.m.</b>				
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	
<b>1965</b>	96.0	91.2	316.2	125.8	8.7	0.4	1.2	2.8	104.3	149.0	97.1	153.8	
<b>1966</b>	125.0	54.7	90.1	70.6	57.6	1.4	0.5	0.2	2.0	155.4	76.1	58.5	
<b>1967</b>	177.2	164.0	175.8	27.9	54.5	5.7	10.8	4.6	6.1	209.9	37.2	84.9	
<b>1968</b>	75.0	104.4	103.9	30.5	41.8	0.8	0.1	6.8	62.6	156.3	13.5	152.7	
<b>1969</b>	40.4	149.9	149.3	113.5	11.5	22.7	0.1	5.6	11.1	66.8	156.7	189.2	
<b>1970</b>	84.6	68.6	100.6	96.3	54.5	17.0	0.2	0.7	32.9	213.3	129.2	139.0	
<b>1971</b>	75.3	165.2	340.0	65.6	17.6	10.8	0.4	3.0	21.7	146.7	74.2	124.8	
<b>1972</b>	49.3	72.6	318.2	97.2	54.2	3.2	0.1	3.3	32.9	87.8	102.3	147.7	
<b>1973</b>	221.0	179.7	171.0	184.9	29.2	11.8	0.8	1.1	50.5	121.5	202.9	151.9	
<b>1974</b>	139.2	169.1	269.9	70.1	5.6	17.0	0.1	3.6	49.0	137.1	80.6	79.8	
<b>1975</b>	120.5	190.2	325.3	97.5	61.7	0.4	11.9	32.6	79.1	124.6	98.6	44.6	
<b>1976</b>	208.9	150.0	229.3	70.8	55.5	2.1	0.0	0.6	9.4	56.9	35.0	147.8	
<b>1977</b>	242.5	111.6	204.9	95.7	24.4	3.8	0.3	0.1	37.8	90.4	133.3	162.1	
<b>1978</b>	27.0	74.2	70.9	77.8	64.3	1.4	3.6	0.0	32.2	42.7	104.6	184.2	
<b>1979</b>	121.5	160.0	298.7	67.7	18.9	0.3	1.2	11.2	168.5	22.2	56.8	50.6	
<b>1980</b>	42.0	48.8	127.2	72.1	30.0	1.1	0.0	2.9	6.4	231.2	228.0	165.3	
<b>1981</b>	131.7	119.7	175.9	41.6	39.7	11.4	0.0	9.6	17.7	191.4	97.4	226.9	
<b>1982</b>	149.5	144.2	121.5	90.3	7.1	0.0	0.9	0.0	145.6	239.4	116.4	241.7	
<b>1983</b>	232.8	107.7	301.8	224.4	53.5	12.4	5.1	5.2	13.7	96.1	20.5	145.1	
<b>1984</b>	48.7	84.1	320.4	107.4	61.7	6.2	0.7	1.9	18.5	126.9	104.7	150.5	
<b>1985</b>	40.0	82.9	141.6	87.3	31.6	2.6	1.5	2.5	79.5	59.0	56.2	153.3	
<b>1986</b>	189.1	112.1	109.1	220.0	48.2	1.1	0.2	5.9	16.4	88.1	187.1	196.5	
<b>1987</b>	219.6	141.4	159.9	104.2	8.0	1.4	25.0	10.1	69.6	63.9	226.6	182.6	
<b>1988</b>	239.8	273.6	126.8	172.5	23.5	3.9	0.0	1.2	20.9	125.2	184.2	120.4	
<b>1989</b>	159.5	33.8	188.1	122.1	40.1	16.8	1.1	7.7	102.2	234.4	23.0	10.1	
<b>1990</b>	164.5	178.3	135.7	55.7	56.5	28.1	0.0	0.8	39.0	253.9	200.6	138.7	
<b>1991</b>	61.1	132.0	234.9	89.2	40.8	3.4	0.1	0.0	30.0	64.2	97.5	154.8	
<b>1992</b>	62.5	67.4	95.4	136.9	46.7	24.5	0.9	15.3	84.6	156.8	39.7	26.5	
<b>1993</b>	98.6	148.5	284.5	144.3	48.5	0.0	0.0	8.0	100.6	170.1	122.1	177.7	
<b>1994</b>	196.5	211.8	247.8	167.1	50.2	10.7	0.0	3.4	50.7	60.8	127.3	124.7	
<b>1995</b>	12.3	140.2	161.6	56.3	44.8	4.4	5.4	3.2	11.4	75.5	108.9	184.5	
<b>1996</b>	158.3	162.7	210.8	103.4	27.1	11.5	0.0	4.9	14.9	116.0	39.0	11.7	
<b>1997</b>	78.0	179.7	51.5	75.3	13.1	14.6	2.2	0.0	46.1	84.4	166.2	230.3	
<b>1998</b>	162.8	192.6	212.9	154.8	61.6	4.0	0.0	4.5	22.7	214.2	82.0	68.7	
<b>1999</b>	143.2	291.9	102.6	68.2	75.3	34.3	5.8	4.3	102.5	76.0	83.1	110.5	
<b>2000</b>	53.1	202.1	283.4	145.7	62.6	16.3	0.0	14.6	80.1	14.7	63.6	182.4	
<b>2001</b>	248.8	173.8	296.7	31.1	54.0	0.0	2.2	0.0	17.7	118.6	155.0	119.9	
<b>2002</b>	43.8	92.3	332.9	111.4	14.1	4.2	0.0	0.0	60.9	155.4	180.4	220.7	
<b>2003</b>	64.3	68.6	152.9	67.5	33.8	21.4	0.0	2.5	34.9	85.9	121.8	131.3	
<b>2004</b>	67.4	52.7	77.2	72.1	49.2	20.7	0.9	2.0	42.4	146.8	144.4	164.4	
<b>2005</b>	144.3	139.9	270.1	44.6	25.3	0.0	0.0	12.7	29.6	236.1	40.0	182.2	
<b>2006</b>	136.8	135.9	430.2	145.8	25.7	35.4	0.0	7.0	64.0	67.8	85.5	176.3	
<b>2007</b>	170.1	41.1	260.1	158.8	30.0	0.0	11.0	3.6	44.2	193.1	100.1	71.4	
<b>2008</b>	133.7	224.3	154.8	149.6	28.9	25.4	4.6	19.6	65.5	166.2	110.1	61.2	
<b>2009</b>	242.0	132.8	229.8	114.2	57.4	7.3	7.1	7.7	25.5	155.3	195.1	226.1	
<b>2010</b>	85.5	122.5	203.8	98.9	58.0	13.6	0.5	0.0	36.2	71.1	113.6	216.5	
<b>2011</b>	118.3	144.1	155.3	153.0	11.0	0.0	9.3	2.8	52.1	44.2	48.5	208.1	
<b>2012</b>	250.8	176.0	65.9	98.9	35.5	1.7	0.0	11.5	3.6	108.0	206.1	59.8	
<b>2013</b>	72.1	53.6	250.1	48.9	48.1	0.0	0.0	7.7	4.8	174.0	37.1	126.6	
<b>2014</b>	76.2	149.2	188.0	68.3	74.2	3.4	2.0	0.0	48.1	47.1	53.9	207.5	
<b>2015</b>	217.9	86.2	319.5	89.6	51.0	0.0	0.0	0.0	9.6	11.1	159.1	93.2	
<b>2016</b>	167.0	151.2	129.4	55.4	1.1	11.0	0.0	0.0	17.1	30.1	7.8	105.7	
<b>2017</b>	143.9	63.6	226.4	129.3	41.4	7.8	0.0	4.5	19.0	106.4	26.9	194.2	
Media	128.9	131.5	201.9	101.3	39.0	8.7	2.2	5.0	44.3	121.5	104.9	140.4	
Mediana	131.7	139.9	188.1	96.3	41.4	4.2	0.3	3.3	34.9	118.6	100.1	150.5	
Desv.	67.8	57.1	88.0	45.9	19.3	9.4	4.4	6.0	36.2	64.6	59.3	59.4	
Co. Var.	0.53	0.43	0.44	0.45	0.49	1.09	2.00	1.20	0.82	0.53	0.57	0.42	
Sesgo	0.24	0.45	0.31	0.71	-0.24	1.18	3.26	2.41	1.38	0.31	0.36	-0.45	
Curtosis	-1.05	0.26	-0.66	0.24	-0.94	0.67	13.09	8.20	2.08	-0.80	-0.73	-0.53	