

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“EVALUACION DE LAS SEQUIAS A TRAVES DEL METODO INDICE  
DE PRECIPITACION ESTANDARIZADA EN LA PROVINCIA DE  
AZÁNGARO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**WILLIAN CHARLES CALLATA TAPIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**Puno - Perú**

**2015**



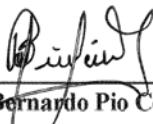


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“EVALUACIÓN DE LAS SEQUIAS A TRAVÉS DEL MÉTODO ÍNDICE  
DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADA EN LA PROVINCIA DE  
AZÁNGARO”**

**TESIS PRESENTADA POR:**  
**WILLIAN CHARLES CALLATA TAPIA**

**PARA OPTAR EL TITULO DE:**  
**INGENIERO AGRÍCOLA**

**APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO:**

<b>PRESIDENTE</b>	:	 M.Sc. Oscar Raul Mamani Luque
<b>PRIMER JURADO</b>	:	 M.Sc. Roberto Alfaro Alejo
<b>SEGUNDO JURADO</b>	:	 M.Sc. Bernardo Pio Coloma Paxi
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	:	 Ing. Percy Arturo Ginez Choque
<b>ASESOR DE TESIS</b>	:	 Ing. Wilberth Rivera Jarecca

ÁREA : Ingeniería y Tecnología  
TEMA: Modelamiento hidrológico  
LÍNEA: Recursos Hídricos

## DEDICATORIA

A nuestro señor Jesús, que me acompañan y guían mi camino y mi vida a diario.

En especial quiero dedicar, a mis Padres Alberto y Rosa, que estoy seguro los llevare en mi corazón a lo largo de toda mi existencia, quienes me apoyan incondicionalmente en mi vida. Quiero que sepan que lo que he logrado hubiera sido imposible de alcanzar si no tuviera la suerte de tenerlos. Mil gracias.

Al aliento, apoyo y cariño de los miembros de mi familia, por los que en reconocimiento a ello dedico, A mi querida esposa Nery Olinda, y a mi más preciado tesoro, mi hijo Rizban Samir.

No pueden quedar por fuera de esta dedicatoria, mi Hermano Emerson y mi cuñada Nancy y mi querida Sobrina Sayuri, que siempre estuvieron listas para brindarme su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado.

Willian Charles Callata Tapia

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi Padre y mi Madre, mi esposa mi preciado hijo rizban, mi hermano mi cuñada y mi sobrina sayuri y tíos por ser un pilar fundamental en mi vida, quienes me apoyaron de una u otra manera a lo largo de mi vida universitaria.

A mi director de tesis, Ing. Percy A. Ginez Choque y también a mi asesor de tesis, Ing Wilberth Rivera Jarecca por sus esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar una etapa más de mi vida.

Agradezco a los miembros del jurado, M.Sc. Oscar Mamani Luque, M.Sc. Roberto Alfaro Alejo y Ing. Bernardo P. Coloma Paxi, por sus orientaciones acertadas al trabajo de investigación, sin la cual el presente trabajo no habría alcanzado los resultados obtenidos.

También me gustaría agradecer a los Docentes de la facultad de ingeniería Agrícola durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## ÍNDICE GENERAL

	Pag.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
 <b>CAPITULO I</b>	
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 ANTECEDENTES.....	4
1.5 OBJETIVOS.....	7
1.5.1 Objetivo general.....	7
1.5.2 Objetivos específicos.....	7
 <b>CAPITULO II</b>	
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	8
2.2 DEFINICIÓN DE SEQUÍA.....	9
2.2.1 Sequía meteorológica.....	11
2.2.2 Sequía agrícola.....	11
2.2.3 Sequía hidrológica.....	12
2.2.4 Sequía socioeconómica.....	12
2.3 MÉTODOS PARA CARACTERIZAR LAS SEQUIAS.....	13
2.3.1 Métodos de cuantificación de la sequía meteorológica.....	14
2.4 HIDROLOGÍA ESTADÍSTICA.....	18
2.4.1 Definición de parámetros estadísticos.....	19
2.4.2 Métodos de estimación de parámetros.....	21
2.4.3 Prueba de bondad de ajuste a una distribución de probabilidad.....	23
2.4.4 Distribuciones de probabilidad para las variables hidrológicas.....	23
2.4.5 Análisis de consistencia de la información hidrológica.....	24
 <b>CAPITULO III</b>	
<b>III. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>

3.1	MATERIALES .....	26
3.1.1	Información cartográfica.....	26
3.1.2	Información Pluviométrica.....	26
3.1.3	Equipos y materiales para el procesamiento. ....	26
3.2	METODOLOGÍA .....	27
3.2.1	Determinación de los parámetros estadísticos .....	27
3.2.2	Análisis de consistencia de la información pluviométrica .....	28
3.2.3	Índice de precipitación estandarizado (IPE).....	35
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>IV.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>39</b>
4.1	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	39
4.2	CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS .....	41
4.2.1	Fisiografía .....	41
4.2.2	Climatología.....	42
4.2.3	Temperatura .....	42
4.2.4	Humedad.....	42
4.2.5	Precipitaciones .....	42
4.2.6	Ecología .....	42
<b>CAPITULO V</b>		
<b>V.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
5.1	DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.....	44
5.2	DEL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN PLUVIOGRAFICA.....	54
5.2.1	Análisis de saltos.....	54
5.3	DE LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADA. ....	67
5.3.1	De la estimación de los parámetros de la distribución Gamma. ....	67
5.3.2	De la estimación del Índice de Precipitación Estandarizada. ....	70
5.3.3	Frecuencia de Ocurrencia de eventos de sequía por estaciones. ....	85
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>
6.1	CONCLUSIONES .....	100
6.2	RECOMENDACIONES .....	102
<b>LITERATURA CITADA .....</b>		<b>103</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>105</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Pag.

Cuadro 3-1: Valores de IPE, Probabilidad e Interpretación	
Cuadro 5 -1: Precipitación total mensual (mm) - Estación Arapa	
Cuadro 5 -2: Precipitación total mensual (mm) - Estación Putina	
Cuadro 5 -3: Precipitación total mensual (mm) - Estación Azangaro	
Cuadro 5 -4: Precipitación total mensual (mm) - Estación Orurillo	
Cuadro 5 -5: Precipitación total mensual (mm) - Estación Progreso	
Cuadro 5 -6: Precipitación total mensual (mm) - Estación Muñani	
Cuadro 5 -7: Precipitación total mensual (mm) - Estación Ananea	
Cuadro 5 -8: Precipitación total mensual (mm) - Estación Crucero	
Cuadro 5 -9: Precipitación total mensual (mm) - Estación Nuñoa	
Cuadro 5-10: Análisis de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 1: Arapa, Putina y Azángaro.	
Cuadro 5-11: Análisis de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 2: Orurillo, Progreso y Muñani.	
Cuadro 5-12: Análisis de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 3: Ananea, Crucero y Nuñoa.	
Cuadro 5-13: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Arapa	
Cuadro 4-14: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Putina.	
Cuadro 5-15: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Azángaro.	
Cuadro 5-16: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Orurillo.	
Cuadro 5-17: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Progreso.	
Cuadro 5-18: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Muñani.	
Cuadro 5-19: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Ananea.	
Cuadro 5-20: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Crucero.	
Cuadro 5-21: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma Estación Nuñoa.	
Cuadro 5-22: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Arapa.	
Cuadro 5-23: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Putina.	
Cuadro 5-24: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Azangaro	
Cuadro 5-25: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Orurillo	
Cuadro 5-26: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Progreso.	
Cuadro 5-27: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Muñani.	
Cuadro 5-28: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Ananea.	
Cuadro 5-29: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Crucero.	
Cuadro 5-30: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Nuñoa.	
Cuadro 5-31: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Arapa	
Cuadro 5-32: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Putina	

- Cuadro 5-33: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Azangaro
- Cuadro 5-34: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Orurillo
- Cuadro 5-35: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Progreso
- Cuadro 5-36: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Muñani
- Cuadro 5-37: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Ananea
- Cuadro 5-38: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Crucero
- Cuadro 5-39: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía para diferentes magnitudes de IPE – Estación Nuñoa
- Cuadro 5-40: Resumen de frecuencia de ocurrencia de eventos Según los rangos de IPE en las 09 estaciones – Periodo 1964 a 2010

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.

Gráfico 5- 1: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Arapa –Periodo (1964 – 2010).	54
Gráfico 5- 2: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Putina –Periodo (1964 – 2010).	55
Gráfico 5- 3: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Azángaro –Periodo (1964 – 2010).	56
Gráfico 5- 4: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Orurillo –Periodo (1964 – 2010).	57
Gráfico 5- 5: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Progreso –Periodo (1964 – 2010).	57
Gráfico 5- 6: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Muñani –Periodo (1964 – 2010).	58
Gráfico 5- 7: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Ananea –Periodo (1964 – 2010).	59
Gráfico 5- 8: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Crucero –Periodo (1964 – 2010).	59
Gráfico 5- 9: Histograma de precipitación total mensual (mm) – Estación Nuñoa –Periodo (1964 – 2010).	60
Gráfico 5- 10: Diagrama de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 1: Arapa, Putina y Azángaro	61
Gráfico 5- 11: Diagrama de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 2: Orurillo, Progreso y Muñani.	63
Gráfico 5- 12: Diagrama de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 3: Ananea, Crucero y Nuñoa.	65
Gráfico 5- 13. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	81
Gráfico 5- 14. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	81
Gráfico 5- 15. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	82
Gráfico 5- 16. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	82



Gráfico 5- 17. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	83
Gráfico 5- 18. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	83
Gráfico 5- 19. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	84
Gráfico 5- 20. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	84
Gráfico 5- 21. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.....	84
Gráfico 5- 22: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Arapa - Período 1964–2010 .....	86
Gráfico 5- 23: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Putina - Período 1964–2010.....	87
Gráfico 5- 24: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Azángaro - Período 1964–2010 .....	89
Gráfico 5- 25: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Orurillo - Período 1964–2010.....	90
Gráfico 5- 26: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Progreso- Período 1964–2010.....	91
Gráfico 5- 27: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Muñani - Período 1964–2010 .....	93
Gráfico 5- 28: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Ananea - Período 1964–2010.....	94
Gráfico 5- 29: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Crucero - Período 1964–2010. ....	95
Gráfico 5- 30: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Nuñoa - Período 1964–2010 .....	97
Gráfico 5- 31: Histograma de frecuencias de ocurrencia de eventos según los rangos de IPE en las 09 estaciones – Periodo 1964 a 2010 .....	99

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>IPE:</b>	Índice de Precipitación Estandarizada
<b>ONU:</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>OMM:</b>	Organización Meteorológica Mundial
<b>CEISS:</b>	Centro de Investigaciones sobre la Sequía del Instituto de Ecología
<b>EEUU:</b>	Estados Unidos
<b>PDSI:</b>	Palmer Drought Severity Index
<b>PELT:</b>	Proyecto Especial Lago Titicaca
<b>IGM:</b>	Instituto Geográfico Militar
<b>SENAMHI:</b>	Servicio Nacional de Meteorología
<b>TDPS:</b>	Titicaca–Desaguadero–Poopo–Salar de Coipasa
<b>ONERN:</b>	Oficina Nacional de Evaluación de recursos Naturales
<b>PLU:</b>	Pluviométricos
<b>CO:</b>	Climatológica Ordinaria
<b>SIG:</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>UNAP:</b>	Universidad Nacional del Altiplano – Puno

## RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene por objetivo realizar el análisis temporal de la sequía meteorológica a través del método de índice de precipitación estandarizada en el ámbito de la Provincia de Azángaro, con fines de planificación del uso del agua en las actividades agropecuarias. La identificación, monitoreo y caracterización de sequías son de gran importancia en el planeamiento y la gestión de recursos hídricos. Se ha empleado información histórica de 47 años (1964 al 2010) de precipitación total mensual de las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, los mismos que fueron obtenidos del SENAMHI-Puno. La metodología utilizado es el siguiente: a) Analisis de consistencia de la información pluviométrica de las 09 estaciones en estudio, b) Determinacion de los parámetros de la distribución Gamma 2 parametros, c) determinación del Índice de precipitación estandarizada para las 09 estaciones en estudio y d) determinación de las frecuencias de los eventos de sequia según los rangos propuestos por el método IPE. Los resultados obtenidos en la investigación son: a) Luego de realizar el análisis visual de los histogramas y el análisis de doble masa para la serie histórica de las 09 estaciones se puede concluir que la información pluviometrica son homogéneas y consistentes. b) En promedio para las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, se ha obtenido 9, 21, 49, 393, 54, 22 y 16 eventos para los rangos de IPE de mayor a 2.00, 1.50 a 1.99, 1.00 a 0.49, - 0.99 a 0.99, -1. a - 1.49, - 1.50 a -1.99 y menor a - 2.00, respectivamente y c) Para la escala de valores de IPE mayores a - 2.00 que corresponde a la categoría de sequía extrema, se ha detectado 17, 14, 12, 23, 11, 13, 18, 17 y 20 eventos para las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, respectivamente, los mismos que influyen significativamente en la actividad productiva y es necesario incrementar la humedad del suelo a través del riego.

**Palabras claves:** sequias, precipitación, meteorológica, metodología empirica.

## ABSTRACT

This research aims to make the temporal analysis of meteorological drought through the method of standardized precipitation index in the field of river basin Azángaro, for planning of water use in agricultural activities. Identifying, monitoring and characterization of drought are of great importance in the planning and management of water resources. It has been used historical data of 47 years (1964 to 2010) of total monthly precipitation of Arapa, Putina, Azángaro, Orurillo, Progress, Muñani, Ananea Cruceero and Nuñoa stations, the same as were obtained from SENAMHI-Puno. The methodology used is as follows: a) Analysis of consistency of rainfall information from 09 stations in the study, b) determination of the parameters of the gamma distribution 2 parameters, c) determining the standardized precipitation index for 09 seasons under study d) determining the frequency of drought events as the ranges proposed by the IPE method. The results of the research are: a) After making visual analysis of histograms and analysis of dual mass for the historical series of 09 stations can be concluded that the rainfall information are homogeneous and consistent. b) On average for Arapa, Putina, Azángaro, Orurillo, Progress, Muñani, Ananea, Cruise and Nuñoa seasons, has scored 9, 21, 49, 393, 54, 22 and 16 events ranges from high to IPE 2.00, 1.50 to 1.99, 1.00 to 0.49, - 0.99 to 0.99, -1. a - 1.49, - 1.50 to -1.99 and less than - 2.00, respectively c) For IPE scale values greater than - 2.00 corresponding to the category of extreme drought, has detected 17, 14, 12, 23, 11, 13, 18, 17 and 20 events for Arapa, Putina, Azángaro, Orurillo, Progress, Muñani, Ananea, Cruise and Nuñoa stations, respectively, the same that significantly influence productive activity and is necessary to increase soil moisture through irrigation

**Keywords:** drought, rain, weather, empirical methodologies.

## CAPITULO I

### I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua a través de precipitaciones, corrientes superficiales, lagos y acuíferos es esencial para la vida en la tierra, sin embargo, su presencia está condicionada a su variabilidad natural, a la cual deben adaptarse todas las formas de vida para sobrevivir. Los dos extremos de esta variabilidad están representados por las inundaciones y las sequías. Estas últimas, contemplan periodos donde la disponibilidad de agua es excepcionalmente baja, durante meses y hasta años.

El fenómeno de sequía surge como consecuencia de una anomalía prolongada en el comportamiento de la atmósfera. De acuerdo a los efectos que produce es posible enfocar su estudio desde distintos puntos de vista. En esta investigación se examina el fenómeno desde el punto de vista meteorológico, considerando como una manifestación anormal de la circulación atmosférica en nuestra región que provoca una ausencia o disminución significativa de precipitación.

En muchos países como Estados Unidos, India, Reino Unido, Argentina y España entre otros han generado herramientas para el monitoreo de las sequías; no obstante, en nuestro país, esta área recién toma interés, a raíz de los impactos negativos que éstas ocasionando a los sectores agrícola, hidroeléctrico, forestal, hidrológico, social, entre otros. En 1996, el Ministerio de Agricultura, a través del Instituto Nacional de Recursos Naturales presentó el Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y Mitigación

de la Sequía, donde se advirtió la necesidad de desarrollar indicadores adecuados para el monitoreo de las sequías en el Perú.

La necesidad de crear nuevas alternativas que permitan prever las sequías meteorológicas como un indicador de la ocurrencia de las sequías meteorológicas, hidrológicas, edáficas y socioeconómicas, se ha tornado prioritario. Bajo estas premisas, esta investigación trata de realizar un análisis de las sequías meteorológicas de la Provincia de Azángaro, mediante el método de Índice de Precipitación Estandarizada, propuesto por el experto Mc Kee.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los fenómenos Naturales se presentan en todas las regiones de Perú y el mundo, estos en algunos casos pueden ser catalogados como eventos extremos; uno de los fenómenos naturales normales y recurrentes del clima son las sequías, consideradas erróneamente como fenómenos poco frecuentes y aleatorios.

El método Palmer e Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) son metodologías empíricas, que nos permite detectar a la sequía desde el inicio, hasta la culminación de la misma. Estos métodos, tienen como ventaja la utilización de variables meteorológicas, dentro de ellas la principal es la precipitación total mensual; también el método de índice de precipitación estandarizada, nos permite describir las sequías en forma temporal (es decir Puntual) y Espacial (comportamiento en el espacio).

El problema de la sequía en el altiplano Puneño, constituye uno de los aspectos más críticos para planificar el uso óptimo del recurso hídrico. Se deduce que las sequías son consecuencias de las alteraciones y anomalías del clima lo que motiva el déficit de precipitaciones pluviales especialmente es las vertientes andinas occidentales a 2200 m.s.n.m., en los valles interandinos y en la cuenca del Lago Titicaca 3820 m.s.n.m., nos referimos a estos lugares porque allí se ha producido pérdida de vidas humanas y económicas; Sin embargo las sequías se presentan en casi todas las zonas climáticas, aun cuando las características de cada región son diferentes. Las sequías se desarrollan en un periodo largo de tiempo (Meses, Años) por diferentes causas que dependen de las

características climáticas propias de cada región, inclusive del uso de agua, del uso de suelo y de las actividades agrícolas que se desarrollan.

No existe una investigación referente al monitoreo de sequías en la Provincia de Azángaro, motivo por el cual existe la necesidad de realizar una investigación para determinar las sequías temporales extremas en ámbito en estudio durante el periodo de 1964 al 2010, los mismos que crean problemas por falta de humedad en los suelos a las actividades agropecuarias.

Con la presente investigación se pretende responder a las siguientes interrogantes:

¿Es posible establecer un conjunto de principios, criterios e indicadores que permitan evaluar la sequía en la cuenca del río Azángaro?

¿Es posible determinar las sequías temporales de acuerdo al método de Índice de Precipitación Estandarizada en la cuenca del río Azángaro?

¿Es posible determinar las sequías extremas que pueden afectar a la actividad agropecuaria en la cuenca del río Azángaro?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Debido a las actuales circunstancias climáticas, es importante promover la investigación de tecnologías y políticas públicas para países en desarrollo que puedan ayudar a mitigar las consecuencias adversas de las sequías e inundaciones y al mismo tiempo, aprovechar al máximo los beneficios de los cambios en la temperatura y precipitación.

A través de la gestión de cuencas hidrográficas se concibe a la cuenca como sistema integral, donde el agua actúa como recurso integrador. Bajo esta visión, los impactos de eventos como sequías, inundaciones, variabilidad y cambio climático, así como la actividad antrópica repercuten en el sistema hídrico y en las interrelaciones con otros subsistemas.

El abastecimiento limitado de agua y una demanda creciente tanto en el espacio como en el tiempo hacen que el problema de la sequía requiera mayor atención e investigación.

El presente trabajo pretende prevenir las sequías que con cierta frecuencia se presenta, teniendo en cuenta la sequía de gran magnitud que se presentó en los años 1939-1957, que fueron 11 años alcanzando una sequía extrema afectando la economía de los pobladores. Esta sequía produjo una gran disminución del nivel de lago Titicaca hasta una cota de 3804 m.s.n.m., alterando el ecosistema del lago.

Debido a que la sequía tiene múltiples efectos negativos, es necesario seguir el comportamiento del mismo; la metodología de Índice de precipitación estandarizada de precipitación (IPE) nos permite hacer el seguimiento en el tiempo y en el espacio de la sequía; en consecuencia se podría prevenir el impacto negativo que pudiera ocurrir con los cultivos, como también se planificaría el almacenamiento del recurso hídrico por la ausencia de la precipitación en un determinado tiempo.

#### **1.4 ANTECEDENTES**

Palmer (1965) consideró que la sequía era un fenómeno estrictamente meteorológico, caracterizado por anomalías que originan deficiencias de humedad anormalmente prolongadas. Bajo este contexto desarrolló una metodología para evaluar dichas anomalías por medio de un índice al que denominó PSDI. Lo aplicó inicialmente en la caracterización de sequías en el oeste de Kansas, región central de Iowa y noroeste de Dakota del Norte (Estados Unidos).

Wiser (1967) presenta uno de las primeras metodologías para el análisis de sequía hidrológicas, basada en la probabilidad de transición de un día húmedo a un día seco o viceversa; no obstante, el modelo no permite estimar en forma directa la probabilidad de ocurrencia de un evento seco dada una duración determinada. Esta limitación fue resuelta por Yevjevich (1967), quien desarrolla la teoría de corridas y plantea su empleo en la caracterización de las sequías hidrológicas; una corrida es aquel evento en el cual la variable de interés se encuentra por debajo o por encima de un umbral; la suma de las corridas parciales entre su longitud definen la intensidad del evento.



McKee et al. (1993), introduce un índice alternativo al popular PSDI en Colorado, Estado Unidos, al cual se le denominó índice de precipitación estandarizada (IPE). En los registros históricos de precipitación total mensual en agrupaciones mensuales y estacionales, son ajustados a una función de distribución de probabilidad Gamma Incompleta que posteriormente se normaliza empleando función normal inversa (denominada Gaussiana). En los últimos años el IPE a tomando gran popularidad a nivel mundial pues solo requiere disponer de series pluviométricas largas y confiables.

Ponce et al. (2000) crearon un modelo conceptual para la caracterización de sequías basado en la teoría del espectro climático. Dicho modelo se desarrolló para regiones subtropicales y de latitudes medias. Básicamente, asocia la duración, la intensidad y el intervalo de recurrencia de un evento de sequía con la relación precipitación media anual/precipitación global anual terrestre. El modelo resulta útil como marco de referencia en el análisis sistemático de sequías y en la valoración del cambio en las características de las sequías producto del cambio climático. Este estudio constituye uno de los primeros aporte en cuanto a la conexión de las sequías con el cambio climático.

Navarro (2002) evaluó las secuencias secas de larga duración en las islas Baleares de España, empleando el Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP), obtenido de la diferencia entre cada registro y el valor de la mediana de cada uno de los meses del año.

Salas et al. (2005) caracterizan la severidad y el riesgo de sequía en el río Poudre, en Colorado (Estados Unidos), siguiendo una metodología análoga a la empleada en el análisis de crecientes. Partieron de 119 años de registros de escurrimiento anuales, que completaron con data generada sintéticamente por medio de un modelo estocástico de corta duración, seguido determinaron el periodo de retorno y el riesgo de ocurrencia de sequías. Adicionalmente, usaron un algoritmo matemático para determinar la distribución de los eventos secos en función del periodo de retorno.

Vicente (2007) analiza las diferencias espaciales y temporales en la vegetación natural y cultivos agrícolas debido al impacto de las sequías en una región semiárida del noreste de la península Ibérica entre 1987 y 2000, empleando en forma conjunta índices de vegetación derivados de imágenes satelitales AVHRR (NDVI y VCI) y el índice de sequía IPE.

Según WMO, (2006), el Índice de precipitación estandarizada (IPE) se ha convertido en el índice para detección y seguimiento de sequía más popular a nivel internacional. Esto se debe en parte a que solo requiere registros de precipitación mensual, los cuales suelen ser las series climatológicas más largas, y algunas veces, las únicas disponibles en muchos países.

El fenómeno del Niño de 1982 – 1983, tuvo grandes impactos en la costa peruana, pero contrariamente en la región del altiplano que se produjo la sequía más prolongada que afectó severamente la producción agrícola.

En 1989 – 1990 se produjeron sequías y heladas con fuertes impactos para la producción agropecuaria de la región. En los últimos cincuenta años los periodos de sequías han sido más críticos y más seguidos, citamos algunos: en 1955 – 1957, como también en 1964 – 1967, se produjeron sequías en el altiplano que tuvo como causa una zona de baja de presión al Noreste de Bolivia.

Se han hecho algunos estudios de sequía, en algunas de las microcuencas, empleando métodos analíticos; a través de generación de series sintéticas a partir de las series históricas o con modelos markovianos. También se han hecho estudios de balance hidrológico a nivel superficial con distintas metodologías los cuales concluyen con un déficit de agua a nivel superficial, esto a partir de informaciones hidrométricas como la serie histórica de caudales.

En el caso de la sierra sur, la sequía tuvo doble efecto, una baja productividad de cultivos de la región y la pérdida compleja de los cultivos y ganado por falta de agua. En los años 1982-1983 el fenómeno de la sequía impactó con mayor severidad ocasionando grandes pérdidas económicas.

Quispe L. (2007), realizó un análisis espacial y temporal de las sequías en la cuenca del río Ramis, empleando el método de Índice de Precipitación Estandarizada, y concluye que se ha detectado tres eventos de sequías temporales más notorias, llegando a valores de -3, que según la escala de índice de precipitación estandarizada; los mismos que tienen una calificación de sequías extremas.

Cusacani R. (2009), determina y caracteriza las sequías extremas a nivel de microcuencas mediante la metodología del Run en la cuenca del río Ilave, y concluye que existen eventos de sequías temporales notorias, llegando a valores de -1.13 a -2.36, que según la escala de precipitación estandarizada; tienen una calificación de sequías extremas.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo general

- Realizar el análisis temporal de la sequía meteorológica a través del método de índice de precipitación estandarizada en la provincia de Azángaro.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar el análisis de consistencia de la información histórica de precipitación medidas en las estaciones ubicadas en el área geográfica de la Provincia de Azángaro y zonas aledañas.
- Determinar las sequias temporales mensuales durante el periodo 1964 al 2010 en la Provincia de Azángaro a través del método de Índice de precipitación estandarizada.
- Determinar las sequias extremas durante el periodo 1964 al 2010 que afectan a la actividad agropecuaria en la Provincia de Azángaro

## CAPITULO II

### II. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA

Faustino J. (2006), La cuenca hidrográfica se define como un ecosistema en el cual interactúan y se interrelacionan variables biofísicas y socioeconómicas que funcionan como un todo, con entradas y salidas, límites definidos, estructura interna de subsistemas jerarquizados (por ejemplo en el sistema biofísico: los subsistemas biológicos y físicos). En este sistema ocurren entradas como la energía solar, hídrica, eólica y gases como el CO<sub>2</sub>, además ingresan insumos como semillas, alimentos, tecnologías y otros, ambos dan origen a procesos como el flujo de energía, ciclo de nutrientes, ciclo hidrológico, erosión y actividades productivas.

Las cuencas son espacios socio geográficos donde las personas y sus organizaciones comparten el territorio, sus identidades, tradiciones y culturas; socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos. Las cuencas hidrográficas se reconoce como un sistema debido a la existencia de interacciones entre el sistema natural del suelo, el agua y biodiversidad y el sistema socioeconómico, que si bien éste no tiene un límite físico, sí depende de la oferta, calidad y disposición de los recursos. Los diferentes componentes del sistema cuenca no siempre se encuentran dispuestos de manera coordinada. Por ejemplo, la división político-administrativa de un país puede no coincidir con las divisiones de las cuencas hidrográficas, por lo tanto, se tiene en la cuenca, injerencia de varios municipios distritales, provinciales, departamentos u organizaciones estatales, todo en función a la dimensión de cada territorio.

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

La Delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel siguiendo las líneas de divortium acuorum (parteaguas), la cual es una línea imaginaria,

que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca.

Vásquez A. (1993). Menciona que cuenca hidrográfica es el área o unidad de territorio, delimitada por una divisoria topográfica (*divortium aquarum*), que capta la precipitación y drena el agua de escorrentía hasta un colector común, denominado río principal.

La cuenca hidrográfica es un ámbito geográfico natural donde ocurre el ciclo hidrológico; es el área drenada hacia un río, identificado por su topografía y delimitada por su divisoria de las aguas en un sentido amplio incluye el agua, suelo, aire, la luz solar, la flora y la fauna.

Aparicio (1992) denomina a la cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea de «*divortium aquarum*» o divisoria de aguas. Debemos señalar que no siempre los límites geográficos (superficiales) suelen coincidir con los límites del acuífero (subterráneo), pudiendo existir transferencias de masas líquidas entre una cuenca y otra adyacente o cercana.

## 2.2 DEFINICIÓN DE SEQUÍA

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1994) considera la sequía como un fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992) en su vocabulario meteorológico internacional, define a la sequía como un periodo de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico. No debe confundirse sequía con aridez, pues la última se da en regiones donde las lluvias y la humedad del suelo son bajas a consecuencia de las características climáticas del sitio en cuestión.

Salas (1986) considera que a pesar de existir numerosas definiciones, éstas pueden agruparse en tres categorías fundamentales:

- Aquella en la cual la sequía es definida como una cantidad absoluta de humedad (lluvia, escorrentía, humedad del suelo) por debajo de un umbral (por ejemplo, 20 días consecutivos sin llover).
- Aquella en la cual la sequía ocurre cuando la variable humedad se desvía de la normal, o de un valor medio, en un porcentaje especificado (por ejemplo, escorrentía menor que el 60 % de la media).
- Aquellas definiciones en la cual la sequía ocurre cuando la variable humedad es insuficiente para satisfacer las necesidades humanas

Dada la dificultad de conceptualizar el término sequía, Yevjevich (1977) sugirió el uso de la siguiente terminología para caracterizar el grado de déficit de humedad:

- Escasez: diferencias entre la demanda de agua y el agua suministrada, frecuentemente de carácter temporal, la cual suele genera pequeñas consecuencias económicas y cierta inconformidad en los usuarios.
- Déficit: falta de agua en un lugar dado, durante un intervalo de tiempo dado, con consecuencias relativamente moderadas.
- Sequía: déficit de agua de duración prolongada, gran área de cobertura y con grandes impactos sobre la región.

Guerrero y Yevjevich (1975), consideran a la sequía como una deficiencia en el suministro de agua a lo largo de un tiempo determinando, en el cual la demanda de agua para varias actividades humanas no es satisfecha, mientras que Linsley et al. (1975) sostiene que un evento de sequía es un período durante el cual las corrientes superficiales de agua suplen inadecuadamente una comunidad

### 2.2.1 Sequía meteorológica

Basada en datos climáticos, es una expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un período de tiempo determinado. Ante la dificultad de establecer una duración y magnitud del déficit pluviométrico válidas para diferentes áreas geográficas, algunas definiciones de sequía optan por no especificar umbrales fijos. Por ejemplo, Palmer (1965) define sequía meteorológica como el intervalo de tiempo, generalmente con una duración del orden de meses o años, durante el cual el aporte de humedad en un determinado lugar disminuye progresivamente por debajo de lo climatológicamente esperado o del aporte de humedad climatológicamente apropiado.

Russell et al. (1970) son más concisos, definiéndola como la falta prolongada de precipitación, inferior a la media.

Wilhite y Glantz (1985), la refieren como el grado de desviación de la precipitación en comparación a un comportamiento “normal”, de una serie de tiempo preestablecida.

### 2.2.2 Sequia agrícola

Por ser el primer sector económico que resulta afectado por la escasez de precipitaciones, la agricultura adquiere una especial relevancia en relación con la sequía. Así, se produce una sequía agrícola cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permite el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. Dado que la cantidad de agua es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de una misma planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola válidos ni tan siquiera para una única área geográfica.

Un enfoque análogo es presentado por Cadenas (2005), quien sostiene que la sequía agrícola se presenta cuando el agua con la que se cuenta, ya sea por precipitación o por almacenamiento en el suelo o en los diferentes cuerpos de agua, no es suficiente para que los cultivos puedan crecer y desarrollarse de manera adecuada.

### 2.2.3 Sequia hidrológica

Se asocia a una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, lagos, entre otros). Al producirse un desfase entre la escasez de lluvias o nieves y la reducción del caudal de ríos o el nivel de lagos y embalses, las mediciones hidrológicas no pueden ser utilizadas como un indicador del inicio de la sequía, pero sí de su intensidad. A diferencia de la sequía agrícola, que tiene lugar poco tiempo después de la meteorológica, la sequía hidrológica puede demorarse durante meses desde el inicio de la escasez pluviométrica o si las lluvias retornan en poco tiempo, no llegar a manifestarse. Por tanto, la secuencia temporal es: sequía meteorológica, a continuación sequía agrícola y, en último lugar, sequía hidrológica.

Linsley et al. (1975) definen a la sequía hidrológica como el periodo durante el cual los caudales son inadecuados para satisfacer los usos establecidos bajo un determinado sistema de gestión de aguas.

### 2.2.4 Sequia socioeconómica

Se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvias. Para hablar de sequía socioeconómica no es necesario que se produzca una restricción del suministro de agua, sino que basta con que algún sector económico se vea afectado por la escasez hídrica.

Valiente, 2001. Menciona que en el caso de la sequía socioeconómica, son tan determinantes la magnitud y la duración del evento seco como la forma en que la economía y la sociedad desarrollan sus actividades, ya que determinadas acciones incrementan la vulnerabilidad a la escasez de precipitaciones. En función de esa vulnerabilidad los efectos de la sequía sobre la economía y la sociedad, medidos en forma de pérdidas materiales, población afectada o pérdida de vidas humanas, adquirirán mayor o menor relevancia, llegando a configurar situaciones en las que la sequía es considerada una catástrofe.



Las diferentes formas en que la sociedad y la economía de una región pueden verse afectadas por la escasez de precipitaciones quedan reflejadas en las diversas definiciones existentes de este tipo de sequía.

### 2.3 MÉTODOS PARA CARACTERIZAR LAS SEQUIAS

Burton et al. (1978) definen siete parámetros para caracterizar las sequías, uno independiente (magnitud), cuatro correspondientes al componente temporal (duración, frecuencia, velocidad de implantación y espaciamento temporal), y dos al espacial (extensión y dispersión espacial). Para cuantificarlos es necesario aplicar cálculos matemáticos para establecer detalladamente en qué medida ha habido déficit pluviométrico y cuáles son los límites temporales del episodio seco. A continuación se describen los parámetros importantes:

- La magnitud: déficit medio de precipitación o caudal durante el periodo de duración del evento seco. Puede medirse como la anomalía (en porcentaje) o la diferencia (en valor absoluto) de precipitación o caudal para el período seleccionado. Además de la magnitud, puede delimitarse la severidad de una sequía, definida como el déficit acumulado de caudal o precipitación para la duración del periodo seco.
- La duración: tiempo (número total de días, meses o años consecutivos) durante el cual la precipitación o el caudal totales registrados son inferiores a la precipitación o el caudal medio de ese mismo período.
- Magnitud = Severidad x Duración.
- La frecuencia: número de casos que se producen durante un período determinado. Puede medirse también a través de la probabilidad empírica de que la precipitación o el caudal sean inferiores a la media, o del período de retomo del evento seco (intervalo medio de tiempo dentro del que puede esperarse que ocurra una sequía de determinada magnitud).
- La velocidad de implantación: tiempo transcurrido entre el momento de inicio del déficit de precipitación o caudal, y el momento en que ese déficit alcanza su valor máximo.

- El espaciamiento temporal: tiempo transcurrido entre diversos períodos secos, lo que nos proporciona una medida de la regularidad o aleatoriedad del fenómeno. Mediante este parámetro se obtiene una primera aproximación a la previsibilidad de la sequía.
- La extensión: es la superficie total en la que se registra déficit hídrico.
- La dispersión espacial: es la medida del grado de difusión o concentración de la anomalía de caudal o de precipitaciones.

### **2.3.1 Métodos de cuantificación de la sequía meteorológica**

#### **2.3.1.1 Porcentaje de la precipitación media**

Este cálculo simple se expresa mediante el cociente de la precipitación total registrada en un período determinado (mes, trimestre, estación, semestre, año, etc.) y la precipitación media (habitualmente por un período de 30 años) del mismo período de referencia, expresado el resultado en porcentaje. Pese a su simplicidad, es un método susceptible de equívocos, puesto que la precipitación media es un número abstracto que no tiene por qué ser equivalente a la mediana, que sí representa el valor o intervalo de mayor frecuencia de la serie. Además, presenta la dificultad de establecer los límites a partir de los cuáles se establece una situación de sequía, así como su severidad, puesto que el porcentaje de desviación escogido para un lugar o región no es aplicable a otra zona.

#### **2.3.1.2 Cuantiles (quintiles, deciles y percentiles)**

Según Valiente (2001), para evitar las limitaciones derivadas del anterior método, el establecimiento de los umbrales puede realizarse mediante el cálculo de quintiles, deciles y percentiles. La técnica consiste en dividir la distribución de ocurrencias pluviométricas durante un período temporal suficientemente largo, en intervalos para cada 20 % (quintil), 10 % (decil), o 1% (percentil) de la distribución. Al ser valores totalmente referenciados en la serie pluviométrica, ofrecen unos límites más cercanos a la realidad climática del área estudiada. Para que el cálculo de este índice ofrezca resultados fiables y estadísticamente significativos, es necesario que la serie pluviométrica sea larga (como mínimo treinta años

y, si es posible, más de cincuenta). Los límites de referencia más utilizados son los correspondientes a los quintiles, de tal forma que un período es muy seco cuando el valor de precipitación total se sitúa entre el 20 % de los valores más bajos, seco cuando se encuentra en el tramo del siguiente 20 % de valores, normal cuando se sitúa en el tramo del 20% de valores intermedios, húmedo en el siguiente tramo del 20 % y muy húmedo en el intervalo del 20 % de los valores más elevados de la serie.

### 2.3.1.3 Desviación estandarizada de precipitación

Según Valiente (2001), menciona que este índice se calcula restando a la precipitación total de un determinado período, la media aritmética de ese período y dividiendo el resultado por la desviación típica. El resultado será próximo a cero para valores cercanos a la media, e igual a uno cuando la diferencia entre la lluvia registrada y la media del período sea próxima al valor de desviación típica. La estandarización de los valores permite que los resultados presenten una distribución normal. Aunque este método permite establecer comparaciones entre todo tipo de climas, presenta problemas en aquellas regiones con una elevada variabilidad pluviométrica, de tal forma que si la media aritmética es inferior a la desviación típica, el índice nunca podrá alcanzar el valor  $-1$ .

McKee et al. (1993), que desarrollaron una variante de esta metodología, denominándola Índice de Precipitación Estandarizada (SPI, Standardized Precipitation Index), fijan el inicio de un episodio de sequía en el caso de que el IPE sea continuamente negativo con un valor inferior o igual a  $-1,0$ , y su finalización en el momento en que el IPE adquiera valor positivo. Siguiendo con esta delimitación arbitraria, escogida para su aplicación en Colorado (Estados Unidos), cuando el IPE supera el umbral de  $-1,0$  se habla de sequía moderada, si es inferior a  $-1,5$  sequía severa, y para valores iguales o menores que  $-2,0$  sequía extrema. Según estas determinaciones, en las áreas desérticas antes mencionadas no se producen episodios de sequía, puesto que el IPE nunca puede ser igual o inferior a  $-1,0$ , mientras que en algunas zonas semiáridas la sequía no podría alcanzar el nivel extremo. Los mismos autores definen el concepto de Magnitud de Sequía como la suma del IPE para todos los meses incluidos en el período de sequía, obteniendo una medida de la magnitud acumulada del evento seco.

Para calcular el IPE los registros de precipitación son ajustados a una distribución de probabilidad gamma y luego se obtiene el valor que tendría la misma probabilidad en una distribución normal estandarizada, este valor corresponde al IPE (Edwards y Mckee, 1997).

El método IPE es uno de los más populares, se ha empleado en Turquía (Türkes, 1996), Argentina (Zanvettor, 2000), Estados Unidos (Ji y Peters, 2002) y Venezuela (Mendoza y Puche, 2005), resultando idóneo en la caracterización de la severidad de las sequías meteorológicas (Keyantash y Dracup, 2002).

El IPE destaca sobre los demás por su rapidez, gran aproximación en análisis de sequía, simplicidad y requerimiento mínimo de datos. El IPE responde rápidamente a los periodos de humedad o sequía, lo que significa que cada mes tiene una fuerte influencia en el comportamiento global de la precipitación (Komuscu, 1999). Guttman (1998), realizó una comparación entre el Índice de Severidad de la Sequía de Palmer y IPE para diferentes escalas de tiempo concluyendo que IPE es más fácil de interpretar.

En la actualidad el IPE se utiliza para dar seguimiento la sequía en los Estados Unidos de América a través del Centro Nacional de Mitigación contra la Sequía, el Centro Climático de Colorado, el Centro Climático Regional del Oeste y el Centro de Predicción del Clima de los EUA; en México, por el Centro de Investigaciones sobre la Sequía del Instituto de Ecología (CEISS, 2004).

#### **2.3.1.4 Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (PDSI, Palmer Drought Severity Index)**

El PDSI fue creado por Palmer (1965) para medir las condiciones de humedad. El índice está basado en el balance hídrico, de tal forma que utiliza numerosas variables para reflejar el aporte y la demanda de agua. Por su formulación, el PDSI permite identificar adecuadamente la sequía meteorológica, responde lentamente a la agrícola y no detecta la hidrológica. El índice es utilizado para definir la intensidad de la sequía, pero el hecho de

que en su concepción y en el establecimiento de los límites se basara en las condiciones climáticas de Iowa y Kansas hace que su aplicación se haya limitado a Estados Unidos, donde existen series mensuales del PDSI desde 1895.

El PDSI parte de un balance de humedad mensual, emplea para ello los registros de precipitación, temperatura, y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo de la siguiente manera:

- Establece dos capas de suelo sin definir su profundidad y sólo las propiedades hídricas; es decir, Palmer asume que la capa superficial del suelo es capaz de almacenar hasta una pulgada de agua (25 mm) y lo considera como valor constante para todos los casos, en tanto que la segunda capa sub-superficial puede almacenar toda la capacidad potencial del suelo, menos 25 mm.
- La humedad no puede ser removida de (o recargada a) la capa sub-superficial, hasta que la humedad de la capa superficial haya sido removida (o recargada) por completo; es decir no hay remoción de humedad de la segunda capa si no se ha agotado la humedad en la primera y no hay recarga de humedad en la capa dos si no se ha recargado completamente la capa uno.

Según el análisis crítico del índice realizado por Alley (1984) y Karl (1986), el PDSI destaca por su capacidad de medir la sequía con perspectiva histórica y posibilitar la realización de representaciones espaciales y temporales de sequías históricas. En cuanto a los aspectos negativos, son numerosas las limitaciones, incorrecciones y asunciones del PDSI, la mayoría de ellas relacionadas con el cálculo del balance hídrico y con el período utilizado para el cálculo de los valores medios en las fórmulas (1931-1960, que fue anormalmente cálido y seco en la mayor parte de Estados Unidos).

El PDSI ha sido escasamente utilizado fuera de Estados Unidos, y ofrece resultados poco satisfactorios en regiones donde la variabilidad pluviométrica es elevada. El valor del

índice varía entre -6,00 y + 6,00, estableciendo situación de sequía en un 36 % de las situaciones, condiciones normales en un 30 %, y períodos húmedos en el 34 % restante.

La escala de Palmer divide las situaciones de sequía en cinco niveles: sequía incipiente entre -0.50 y -0.99, sequía suave entre -1.00 y -1.99, sequía moderada entre -2.00 y -2.99, sequía grave entre -3.00 y -3.99, y sequía extrema para un valor igual o inferior a -4.00.

### 2.3.1.5 Índice de Sequía (IS)

Guerra y Almarza (1996) consideran determinantes para cuantificar las sequías dos factores, el déficit hídrico (F1) y la persistencia (F2), por lo que su índice viene definido por el producto de ambos:  $IS = F1 \times F2$ . El déficit hídrico es formulado como el cociente entre la diferencia del valor medio de las precipitaciones de los últimos 12 meses y el valor medio mensual de toda la serie, y el coeficiente  $\varepsilon$ :  $F1 = [\mu_1 - \mu]/\varepsilon$ , siendo  $\varepsilon = \{[\sigma^2_1 + \sigma^2_2] \cdot 12\}^{1/2}$ . La persistencia es un factor de corrección que tiene en cuenta el número de meses de déficit hídrico,  $n$ :  $F2 = [1 + 0.1(n)]$ . El índice ha sido aplicado por los autores en Bilbao y Madrid para caracterizar los episodios de sequía acaecidos a finales de los 80 y comienzos de los 90, pero adolece del establecimiento de algún marco de referencia que permita determinar la intensidad relativa del evento seco.

## 2.4 HIDROLOGÍA ESTADÍSTICA

Chow. (1998), menciona que los procesos hidrológicos evolucionan en el espacio y en el tiempo en una forma que es parcialmente predecible, o determinística, y parcialmente aleatoria. Un proceso de este tipo se conoce con el nombre de proceso estocástico. En algunos casos, la variabilidad aleatoria del proceso es tan grande comparada con su variable determinística, que se justifica que el hidrólogo trata el proceso como puramente aleatorio. De esta manera, el valor de una observación del proceso no está correlacionada con los valores de observaciones adyacentes, y las propiedades estadísticas de todas las observaciones son iguales.

Una variable aleatoria  $X$  es una variable discreta por una distribución de probabilidad. La distribución determina la posibilidad de una observación  $x$  de la variable caiga en un rango especificado de  $X$ .

Si  $X$  es la precipitación anual en un lugar especificado, entonces la distribución de probabilidad de que la precipitación anual observada en un año dado caiga en un rango definido, tal como menos de 30 pulg, o 30 pulg – 40 pulg, y así sucesivamente.

Un conjunto de observaciones  $x_1, x_2, \dots, x_n$  de una variable aleatoria se denomina una muestra. Se supone que las muestras son sacadas de una hipotética población infinita que posee propiedades estadísticas constantes, mientras que las propiedades de una muestra puedan variar de una muestra a otra. El conjunto de todas las muestras posibles se puede extraer de una población se conoce como el espacio muestra, y eventos es un subconjunto del espacio muestral.

La probabilidad de un evento,  $P(A)$ , es la probabilidad de que esta ocurra cuando se hace una observación de la variable aleatoria. Las propiedades del evento pueden estimarse. Si una muestra de  $n$  observaciones tiene  $n_A$  valores en el rango de evento  $A$ , entonces la frecuencia relativa es  $n/n_A$ . A medida que el tamaño de la muestra aumente, la frecuencia relativa se convierte progresivamente en una estimación de la probabilidad del evento, es decir.

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n_A}{n}$$

#### 2.4.1 Definición de parámetros estadísticos

Chow. (1998). El objetivo de la estadística es extraer la información esencial de un conjunto de datos, reduciendo un conjunto grande de números a un conjunto pequeño de números. Las estadísticas son números calculados de una muestra los cuales resumen sus características más importantes. Los parámetros estadísticos son características de una población, tales como: la media y la desviación estándar.

Un parámetro estadístico es el valor esperado  $E$  de alguna función de una variable aleatoria. Un parámetro simple es la media, el valor esperado de la variable aleatoria.

Para una variable aleatoria  $X$ , la media es  $E(X)$ , y se calcula como el producto de  $x$  y la correspondiente densidad de probabilidad  $f(x)$ , integrado sobre el rango factible de la variable aleatoria.

$$E(X) = \mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

$E(X)$  es el primer momento alrededor del origen de la variable aleatoria, una medida del punto medio o tendencia central de la distribución.

La estimación por la muestra de la media es el promedio  $\bar{x}$  de la información de la muestra:

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

La variabilidad de la información se mide por medio de la varianza, la cual es el segundo momento alrededor de la media.

$$E[(x - \mu)^2] = \sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x)dx$$

El valor estimado de la muestra de la varianza está dado por.

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

En el cual el divisor es  $(n-1)$  en lugar de  $n$  para asegurar que la estadística de la muestra no sea sesgada, es decir, que no tenga una tendencia, en promedio, a ser el valor mayor o menor que el valor verdadero.



Máximo Villon. (2002), los parámetros de una distribución teórica, son variables que para cada conjunto de datos tienen un valor definido. Una vez que los parámetros quedan definidos, también queda definido la distribución teórica.

Por lo general, una función densidad o una función de distribución acumulada, pueden escribirse como una función de la variable aleatoria y en general como una función de sus parámetros.

Definición de parámetros. Dada una función de distribución con parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,..., se llaman estimadores a los valores  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,..., obtenidos a partir de los estadísticos de la muestra, que se supone pertenece a la población que se pretende caracterizar.

#### **2.4.2 Métodos de estimación de parámetros.**

Aliaga (1985), Para estimar los parámetros estadísticos tenemos los siguientes métodos:

- Método gráfico.
- Método de mínimos cuadrados.
- Método de momentos.
- Método de máxima verisimilitud.

Se emplean mayormente en estudios hidrológicos, las dos últimas metodologías, porque son las que tienen más aplicación en la determinación de los parámetros de las funciones de distribución de probabilidades.

##### **2.4.2.1 Método de momentos**

Chow (1998), menciona que el método de momentos fue desarrollado por primera vez por Karl Pearson en 1902. el considero que unos buenos estimativo de los parámetros de una función de probabilidad son aquellos para los cuales los momentos de la función de

densidad de probabilidad alrededor del origen son iguales a los momentos correspondientes de la información de la muestra.

$$\alpha = f_1(\mu_i, \mu_{i+1}, \dots)$$

$$\beta = f_2(\mu_j, \mu_{j+1}, \dots)$$

$$\gamma = f_3(\mu_K, \mu_{K+1}, \dots)$$

Donde:

$\mu_i, \mu_j, \mu_K$  Son los momentos con respecto a la media, o momentos centrales de la población.

$\alpha, \beta, \gamma$  Son los parámetros de la función de distribución.

#### 2.4.2.2 Método de máxima verosimilitud

Aparicio. (1992), el método de máxima verosimilitud fue desarrollado por R. A. Fisher (1922). El razonó que el mejor valor de un parámetro de una distribución de probabilidad debería ser el valor que maximizara la verosimilitud o probabilidad conjunta de ocurrencia de la muestra observada.

Dada una función de distribución

$$f = (x; \alpha, \beta, \gamma, \dots)$$

Donde:

$\alpha, \beta, \gamma$  Son los parámetros que deben ser estimados.

Se define la función verosimilitud de la muestra, como la productora:

$$L = \prod_{i=1}^N f(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots)$$

$$L = f_1(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots) * f_2(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots) * \dots * f_N(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots)$$

Siendo N tamaño de la muestra.

### 2.4.3 Prueba de bondad de ajuste a una distribución de probabilidad

Villon (2002), las pruebas de Bondad de ajuste, consisten en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base a los valores muestrales.

Las pruebas estadísticas, tienen por objeto la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población.

Las pruebas de bondad de ajuste más utilizado son:

- a. Ajuste gráfico.
- b. Ajuste estadístico.
  - Chi cuadrado.
  - Smirnov Kolmogorov.

### 2.4.4 Distribuciones de probabilidad para las variables hidrológicas

Chow. (1998), menciona que un hidrólogo generalmente tendrá disponibilidad de registros de datos hidrometeorológicos (precipitación, temperatura, caudales, entre otros), a través de su conocimiento escogerá un modelo probabilístico a usar, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable.

Entre las distribuciones teóricas comunes utilizados en hidrológica son:

- Distribución Normal.
- Distribución Log-normal de 3 parámetros
- Distribución Pearson tipo III.

- Distribución Log-Pearson tipo III.
- Distribución Gumbel.
- Distribución Log Gumbel.

#### 2.4.5 Análisis de consistencia de la información hidrológica.

Villon, M. (2001) menciona que, el hidrólogo o especialista que desea desarrollar un estudio hidrológico debe buscar la información de la cuenca en estudio en las instituciones encargadas de su recopilación, pero una vez obtenido ésta, una de las interrogantes que se debe hacer, ¿es confiable la información disponible?

La respuesta a esta pregunta, se obtiene realizando un análisis de consistencia de la información disponible mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

La no homogeneidad e inconsistencia, son los causales del cambio a que están expuestas las informaciones hidrológicas, por lo cual su estudio es de mucha importancia para determinar los errores sistemáticos que puedan afectarlas.

Inconsistencia es sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad es definido como los cambios de datos vírgenes con el tiempo.

La no homogeneidad en una serie de tiempo hidrológico, se debe a factores humanos (tala indiscriminada de una cuenca, construcción de estructuras hidráulicas, etc.) o a factores naturales de gran significación, como los desastres naturales (inundaciones, derrumbes, entre otros.)

La inconsistencia de una serie de tiempo, está dada por la producción de errores sistemáticos (déficit de toma de datos, cambio de estación de registro, etc.). Esta inconsistencia y no homogeneidad se pone de manifiesto con la presencia de saltos y/o

tendencias en las series hidrológicas afectando las características estadísticas de dichas series, tales como la media, desviación estándar y correlación serial.

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

El análisis de saltos de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos:

- Análisis visual gráfico
- Análisis doble masa
- Análisis estadístico.

## CAPITULO III

### III. MATERIALES Y METODOLOGIA

#### 3.1 MATERIALES

##### 3.1.1 Información cartográfica

Los planos utilizados corresponde a Provincia de Azangaro, cuenca del rio Ramis y Sistema Hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopo y Salar de Coipasaa escala de 1:100 000 los mismos que fueron proporcionados por el Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT). Elaborados por el Instituto Geográfico Militar - IGM, el formato digital del plano baseutilizado, está en el sistema de coordenadas UTM WGS84, proyectadas para la zona 19, que es donde se ubica la zona en estudio.

##### 3.1.2 Información Pluviométrica

La información meteorológica se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología (SENAMHI), se utilizó registros de precipitación total mensual y anual de las estaciones Arapa, Azangaro, Muñani, Putina, Progreso, Orurillo, Ñuñoa, Crucero y Ananea. El periodo de registros es de 1964 al 2010, 47 años.

##### 3.1.3 Equipos y materiales para el procesamiento.

Los equipos y materiales utilizados en el procesamiento e impresion son:

- Hardware: Computadora, Impresora y accesorios.
- Software: Office 2010, Auto CAD v.13., Arc Gis v.4, HIDROESTA.
- Materiales de escritorio.

## 3.2 METODOLOGÍA

La metodología empleada en el presente trabajo de investigación es la siguiente:

### 3.2.1 Determinación de los parámetros estadísticos

Para la serie históricas de precipitación total mensual registradas en las Arapa, Putina, Azángaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa para un periodo de 47 años (1964 al 2010), se determinaron los principales estadísticos como son los momentos de primer, segundo y tercer orden correspondiente a la media, varianza, y asimetría respectivamente.

#### a. Media aritmética

Es el valor esperado de la variable misma. Primer momento respecto al origen y muestra la tendencia central de la distribución y de determina con la siguiente ecuación matemática:

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

El valor estimado de la media a partir de la muestra es

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

#### b. Varianza

La varianza mide la variabilidad de los datos. Es el segundo momento respecto a la media.

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx$$

El valor estimado de la varianza a partir de la muestra es.

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

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (x_1 - \bar{x})^2$$

En el cual el divisor es n-1 en lugar de n para asegurar que la estadística de la muestra *no sea sesgada*, es decir, que no tenga una tendencia, en promedio, a ser mayor o menor que el valor verdadero.

La desviación estándar  $s$  es una medida de la variabilidad que tiene las mismas dimensiones que la media y simplemente es la raíz cuadrada de la varianza, se estima por  $S$ .

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

El coeficiente de variación es una medida adimensional de la variabilidad y su estimativo es la relación de la desviación estándar y la media

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$$

### 3.2.2 Análisis de consistencia de la información pluviométrica

El análisis de consistencia es una técnica que permite detectar, corregir y eliminar errores sistemáticos y aleatorios que se presentan en series hidrométricas; en consecuencia la serie analizada debe ser homogénea, consistente y confiable.

La no homogeneidad e inconsistencia en series hidrológicas son causadas por errores aleatorios y sistemáticos; entre ellas se tiene:



- Los errores aleatorios se presenta a causa de la inexactitud en las mediciones, mala lectura, mal funcionamiento del instrumento, errores de copia, etc.
- Los errores sistemáticos son los de mayor importancia, como consecuencia de los mismos, los datos pueden ser incrementados o reducidos sistemáticamente y pueden ser naturales, (derrumbes, colmatación y erosión de la sección transversal de la estructura de la estación de aforo; en general llamados como desastres naturales); artificiales y ocasionados por la mano del hombre (déficit en la toma de datos, cambio de la estación de aforo, construcción de estructuras hidráulica, explotación de aguas subterráneas, tala de árboles, entre otros).

La no homogeneidad e inconsistencia en la serie histórica puede producir errores significativos en todo los análisis futuros y obtendría resultados altamente sesgados.

La no homogeneidad e inconsistencia en la serie histórica se presentan en forma de saltos y/o tendencias. Antes de realizar el modelamiento matemático de cualquier serie hidrológica es importante efectuar el análisis de consistencia respectivo con el fin de obtener una serie homogénea, consistente y confiable.

Los saltos “Jump” llamados también resbalamientos, son componentes determinísticas transitorias que se manifiestan en forma de cambios bruscos haciendo posibles que en la serie se presentan periodos de distinto comportamiento. Los saltos generalmente se presentan en la media y desviación estándar.

#### **Análisis de saltos:**

El análisis de saltos se realiza desde tres puntos de vista:

- Análisis Visual de Hidrogramas.
- Análisis de doble masa.
- Análisis estadístico.

### **a. Análisis visual de hidrogramas**

Consiste en analizar visualmente la información histórica un hidrograma ploteada en coordenadas cartesianas, en el eje de las abscisas se plotea el tiempo (en años o meses) y en el eje de las ordenadas las variables hidrometeorológicas. La apreciación visual de estos gráficos permite observar la distribución de las variables en estudio con respecto al tiempo, e indicar el periodo o periodos dudosos, lo cual se puede reflejar como saltos y/o tendencias.

Para indicar en este primer análisis los periodos y aceptables se puede analizar en diversas formas:

- Cuando se tiene estaciones vecinas, se comparan sus hidrogramas y se ve cual periodo varia notoriamente uno respecto al otro.
- Cuando se tiene una sola estación, esta se divide en varios periodos y se compara con la información obtenida en campo, tratando de no confundir un salto con la ocurrencia de varios periodos húmedos o prolongadas sequías.
- En lo posible se debe mantener el periodo más largo como la más confiable.

### **b. Análisis de doble masa**

El análisis de doble masa o de dobles acumulaciones es una herramienta que sirve para detectar la inconsistencia de la información hidrometeorológica, mediante los puntos de quiebres que se presentan en los diagramas respectivos.

El procedimiento para realizar este análisis es el siguiente:

- Obtener la información original de dos o más estaciones de registro.
- Calcular los caudales máximos anuales acumulados de cada estación y el promedio de los caudales máximos anuales acumulados de todas las estaciones.

- Plotear los valores obtenidos en el paso anterior en sistema de coordenadas cartesianas, en el eje de abscisas el promedio de las precipitaciones anuales acumulados y en el eje de ordenadas las precipitaciones anuales acumulados de cada estación en estudio.
- En estos gráficos se define los quiebres que pueden ser significativos o no para su posterior análisis estadístico.

### c. Análisis estadístico

Una vez obtenido de los hidrogramas originales y del análisis de doble masa los periodos de posible corrección y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales y cuales se modificaran, se procede a analizar estadísticamente tanto en la media como en la desviación estándar.

#### 1) Consistencia de la media

Mediante la prueba estadística “T” de Student se analiza si los valores promedios son estadísticamente iguales o diferentes con un 95% de nivel de significancia, de la siguiente forma:

#### Prueba Estadística “T”:

Planteamiento de las hipótesis:

$H_p$  :  $\mu_1 = \mu_2$  (media poblacional)

$H_a$  :  $\mu_1 \neq \mu_2$

$\alpha$  : 0.05

Calculo de la desviación estándar de las diferencias de los promedios:

$$S_d = S_p \times \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{((n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2)}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

Donde:

$S_d$  : Desviación estándar de las diferencias de los promedios.

$S_p$  : Desviación estándar ponderada.

$n_1$  : Número de datos del primer periodo

$n_2$  : Número de datos del segundo periodo

$S_1^2$  : Varianza del primer periodo.

$S_2^2$  : Varianza del segundo periodo

Cálculo del valor de  $T_c$ , según:

$$T_c = \frac{[(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)]}{S_d}$$

Donde  $\mu_1 - \mu_2 = 0$ , por hipótesis.

Hallar el valor de “ $T_t$ ” de las tablas de T de Student con:

N.C = con 95% de probabilidad.

$\alpha$  = 0.05

G.L =  $n_1 + n_2 - 2$

Donde:

G.L = grados de libertad.

$T_t$  = T tabulado.

$T_c$  = T calculado.

Conclusión:

Si  $(T_c) \leq T_t (95\%) \rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$  (estadísticamente).

Si  $(T_c) > T_t (95\%) \rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$  (estadísticamente), en este caso se debe

corregir la información.

## 2) Consistencia de la desviación estándar

El análisis de consistencia en la desviación estándar se realiza mediante la prueba estadística “F” de Fisher, si las desviaciones estándar ( $S_1$  y  $S_2$ ) de las sub muestras son estadísticamente iguales o diferentes con un 95% de nivel de significancia, de la siguiente forma:

### Prueba estadística F:

Planteamiento de las hipótesis:

$H_p$  :  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  (varianzas poblacionales)

$H_a$  :  $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$\alpha$  : 0.05

Cálculo de  $F_c$ , según:

$$F_c = \frac{S_1(x)}{S_2(x)}, \quad \text{si. } S_1(x) > S_2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2(x)}{S_1(x)}, \quad \text{si. } S_2(x) > S_1(x)$$

Hallar el valor de  $F_t$  en las tablas con:

N.C. = 95% de probabilidad

$\alpha$  = 0.05

G.L.N =  $n_1 - 1$

G.L.D. =  $n_2 - 1$

Donde:

$F_c$  = valor de F calculado

$F_t$  = valor de F tabular

$\alpha$  = nivel de significación

G.L.N.= grados de libertad del numerador

G.L.D = grados de libertad del denominador.

Conclusiones:

Si  $F_c \leq F_t$  (95%)  $\rightarrow S_1(x) = S_2(x)$  (estadísticamente).

Si  $F_c > F_t$  (95%)  $\rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$  (estadísticamente). en este caso se debe corregir la información.

#### a. Corrección de la información

Si los parámetros media y desviación estándar resultasen estadísticamente iguales, entonces la información original no se corrige por ser consistente con 95% de probabilidad, aun cuando en la recta de doble masa presenta pequeños quiebres. En caso contrario se debe corregir los datos de las sub muestras con las siguientes ecuaciones.

Para corregir el primer periodo, se emplea la siguiente ecuación:

$$x'(t) = \left( \frac{x_t - \bar{x}_1}{s_1} \right) \times (s_2 + \bar{x}_2)$$

Para corregir el segundo periodo:

$$x'(t) = \left( \frac{x_t - \bar{x}_2}{s_2} \right) \times (s_1 + \bar{x}_1)$$

Donde:

$X'(t)$  = valor corregido de la información

$X_t$  = valor a ser corregido

### b. Bondad de la información corregida

Para comprobar la información corregida, comparando con el periodo confiable se repite el procedimiento ya descrito, vale decir desarrollando la prueba estadística T y F respectivamente, cuyos resultados deben ser confiables con 95% de probabilidad de aceptación.

### 3.2.3 Índice de precipitación estandarizado (IPE)

Este índice además de ser un índice que puede ser determinado con facilidad, se puede aplicar a cualquier región del mundo, porque no depende más que de la precipitación ocurrida en esa región, el procedimiento a seguir para su determinación puede ser inclusive automatizada y se aplica a continuación.

El Índice de precipitación estandarizada se basa en un análisis que permite determinar anomalías en el régimen de humedad de la región en particular en la cual se cuenta con datos históricos de precipitación.

En 1966 Thom describió la distribución Gamma para la realización de ajustes en series temporales de precipitación. La distribución Gamma se define por su frecuencia o función de densidad de probabilidad.

$$g_{(X)} = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \dots\dots\dots x > 0$$

Donde

$\alpha > 0$  Es un parámetro de uniformidad.

$\beta > 0$  Es un parámetro de escala.

$X > 0$  Es la cantidad de precipitación

$$\Gamma_{(\alpha)} = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad \Gamma_{(\alpha)} \text{ Es la función Gamma}$$

El cálculo del IPE se basa en un ajuste a la función de densidad de probabilidades Gamma para una distribución de frecuencias dada de valores de precipitación en una estación. Los parámetros alfa y beta de la función de densidad de probabilidad de gamma son estimados para cualquier estación, para cualquier escala de tiempo que se desee estudiar (3 meses, 12 meses, 48 meses, etc), y para cualquier mes del año. Los parámetros alfa y beta se calculan aplicando las siguientes relaciones.

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

$$\beta = \frac{X}{\alpha} \dots$$

Donde:

$$A = \ln(\bar{X}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

n = Es el número de datos de precipitación

Los parámetros resultantes son usados para encontrar la probabilidad acumulada de una precipitación observada para el mes y escala de tiempos dados de una determinada estación. La probabilidad acumulada es dada por:

$$G_{(X)} = \int_0^x g_{(X)} dx = \frac{1}{\beta \Gamma_{(\alpha)}} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx$$

Suponiendo que  $t = x / \beta$ , la ecuación anterior sería la función gamma incompleta:



$$G_{(X)} = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt$$

El rango de aplicaron de la función gamma está definido para valores mayores a cero, sin embargo los registros de precipitación pueden contener dichos valores, mas aun en zonas donde se presenta fenómenos de sequía, es decir, si en un registro de precipitaciones se presenta un valor cero, la probabilidad acumulada de que se presente dicho valor según la función gamma es cero, lo cual no es correcto; en un registro se pueden presentar m valores de precipitaciones iguales a cero, entonces la probabilidad de que aparezca dicho valor es la siguiente m/n; donde n es el número total de años de registro, dicha probabilidad se la denomina q, entonces la probabilidad acumulada de que se presente un valor de precipitaciones igual a cero es:

$$H_{(X)} = q + (1 - q)G_{(X)}$$

Se determina continuación el valor de z de la función de distribución normal con media cero y varianza de uno para la probabilidad acumulada calculada.

El valor Z se puede determinar aplicando las siguientes relaciones:

$$Z = SPI = - \left( t - \frac{C_0 + C_1 + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t + d_3 t} \right) \dots t = \sqrt{\ln \frac{1}{H_{(X)}^2}} \dots \dots \dots 0 < H_{(X)} \leq 0.5$$

$$Z = SPI = + \left( t - \frac{C_0 + C_1 + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t + d_3 t} \right) \dots t = \sqrt{\ln \frac{1}{(1 - H_{(X)})^2}} \dots \dots \dots 0.5 < H_{(X)} \leq 1$$

$$C_0 = 2.515517$$

$$C_1 = 0.802853$$

$$C_2 = 0.010328$$

$$d_1 = 1.432788$$

$$d_2 = 0.189269$$

$$d_3 = 0.001308$$

El valor de Z encontrado es el valor del índice de precipitación estandarizado (IPE), el valor medio entonces es decir, el valor normal gracias a este ajuste para un lugar y periodo deseado es el valor de cero. Los valores positivos y negativos indican que las precipitaciones son respectivamente, mayores o menores que la media.

El valor del IPE al ser normalizado indica que los periodos secos y húmedos se presentan de la misma forma, entonces, este índice puede ser también aplicado para el seguimiento de periodos húmedos.

A continuación se indican los valores de índice (IPE), su correspondiente probabilidad acumulada y su interpretación.

Cuadro 3- 1: Valores de IPE, Probabilidad e Interpretación

Valores de SPI	Probabilidad acumulada (%)	Interpretacion
Mayor a 2	97.72	Humedad extrema
1.50	93.32	Muy Humedo
1.00	84.13	Humedad moderada
0.50	69.15	Casi Normal
0.00	50.00	Casi Normal
-0.50	30.85	Casi Normal
-1.00	15.87	Moderamente Seco
-1.50	6.68	Muy Seco
Menores a -2	2.28	Sequia Extrema.

Un fenómeno de sequía aplicando este índice se puede caracterizar de la siguiente manera, cada periodo de sequía tiene un comienzo y un final definido, la intensidad es diferente cada mes y la intensidad es el valor mínimo del IPE en el periodo de sequía.

## CAPITULO IV

### IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Azángaro presenta la siguiente ubicación geográfica, política e hidrográfica:

##### **Ubicación Geográfica:**

La ubicación geográfica de la Provincia de Azángaro es la siguiente:

Coordenadas UTM (WGS84):

Norte : 8308975 – 8367970  
Este : 357851 – 386192  
Altitud : 4560 – 3825 m.s.n.m

##### **Ubicación Política:**

La superficie de la Provincia de Azángaro, políticamente se encuentra en:

Región : Puno.  
Departamento : Puno.  
Provincias : Azángaro, Melgar y San Antonio de Putina.:  
Distritos : Calapuja, Nicasio, Santiago de Pupuja, San Juan de

Salinas, Azángaro, San José, Asillo, Orurillo, San Antón, Santa Rosa, Ñuñoa, Antauta, Potoni, Ajoyani, Crucero y Ananea.

##### **Ubicación Hidrográfica:**

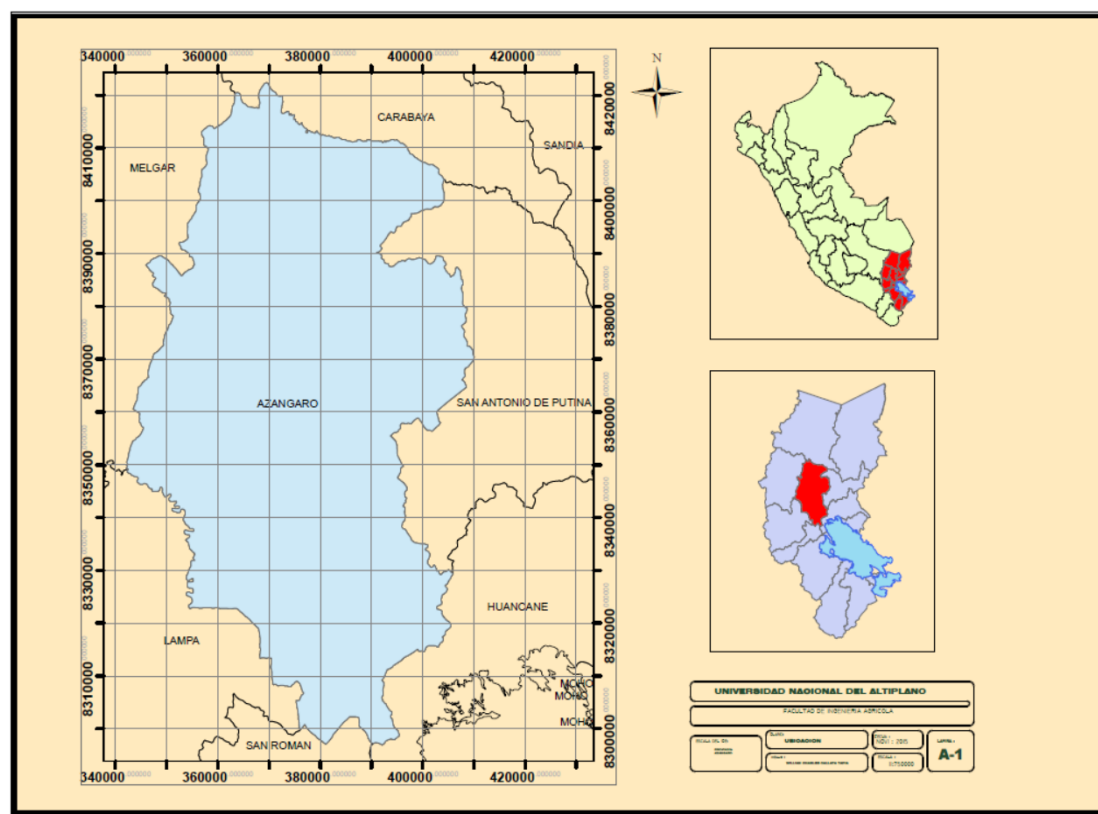
Sistema : Titicaca–Desaguadero–Pooipo–Salar de Coipasa (TDPS).

- Cuenca endorreica : Lago Titicaca.
- Cuenca : Rio Ramis.
- Sub cuenca : Rio Azángaro.

Figura 4- 1: Ubicación política de la cuenca del rio Ramis.



Figura 4- 2: Provincia de Azángaro y sus subcuencas: Crucero, Nuñoa, Azangaro y San Jose.



## 4.2 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS

### 4.2.1 Fisiografía

La fisiografía de la Provincia de Azangaro, tiene la forma de un delta aluvial angosto en la parte alta y ensanchada conforme se acerca a la bahía del Lago Titicaca, su relieve terrestre se caracteriza por presentar terrenos planos, áreas con pendiente moderadas, y con ondulaciones. La parte alta del área de estudio se caracteriza por presentar pequeñas quebradas con afloramiento rocoso, de escasa vegetación y presencia de pocos manantiales temporales. Es necesario indicar, que los estudios realizados por; La Oficina Nacional de Evaluación de recursos Naturales ONERN (1985), describe fisiográficamente a los lugares aledaños al Lago Titicaca pertenecen a la unidad geomorfológico denominada “Área del Altiplano” área que caracteriza por presentar terrenos planicies con laderas y cimas de cerro.

#### **4.2.2 Climatología**

El clima local en la región de Puno está profundamente afectado por la altitud, la proximidad al Lago Titicaca y la topografía local. El clima de la Provincia de Azangaro es frío y seco. En las épocas de mayor frío (Junio – Agosto), hay fuerte incidencia de las heladas, en los cuales las temperaturas mínimas pueden registrarse a 15° C bajo cero. Las granizadas son más frecuentes en las primeras lluvias de cada año, que coinciden con los meses de Septiembre y Octubre, en condiciones normales puede presentarse en pleno verano.

#### **4.2.3 Temperatura**

La temperatura varía de 4.5° C a 5.0° C en los meses de junio y agosto, de 9.0° C a 9.3° C en los meses de noviembre a marzo.

#### **4.2.4 Humedad.**

Los valores promedios más altos de humedad relativa en la Provincia de Azangaro se registran durante los meses de verano, de Enero, Febrero y Marzo (humedad relativa mayor valor a 70%) los valores más bajos se dan durante los meses de invierno de Junio, Julio y Agosto (humedad relativa menor a 50%).

#### **4.2.5 Precipitaciones**

La precipitación pluvial anual varía entre 550 mm y 745 mm, concentrándose en un 75%, entre los meses de diciembre a marzo.

#### **4.2.6 Ecología**

La Provincia de Azangaro se encuentra dentro de la clasificación bosque - húmedo montano sub-tropical (bh –ms), la zona se extiende desde las orillas del Lago Titicaca de

3812 msnm hasta los 4075 msnm se observa la presencia de pastos naturales alto andinos, constituidos principalmente por las especies de la familia de las gramíneas como festucas, mulenbergia, calamagrostis y poa, entre los más importantes, todas las plantas mencionadas pueden ser consideradas como indicadores de la parte alta de éstas formaciones ecológicas.

## CAPITULO V

### V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos al aplicar la metodología descrita en el capítulo anterior y así como su discusión, se presentan a continuación.

#### 5.1 DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

La variable que se emplea para determinar las sequias meteorológicas mediante el método Índice de Precipitación Estandarizada es la precipitación total mensual, esta información es obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Puno. Se va a emplear información pluviométrica de 09 estaciones meteorológicas; de las cuales, las estaciones Nuñoa y Orurillo son de tipo pluviométricos (PLU) y las estaciones Ananea, Crucero, Progreso, Muñani, Azángaro, Putina y Arapa son de tipo climatológica ordinaria (CO).

En la presente investigación, para tener un mejor análisis de la consistencia de la información pluviométrica, se ha dividido en 03 grupos de estaciones meteorológicas, considerando que las estaciones tengan altitudes similares y tengan un comportamiento hidrológico similar o estén ubicados en forma contigua.

La agrupación de estaciones meteorológica se presenta a continuación:

- Grupo N° 1: Este grupo está conformado por las estaciones de Arapa, Putina y Azángaro. Estas estaciones se ubican en la parte baja de la cuenca y tienen un comportamiento hidrológico similar.
- Grupo N° 2: En este grupo están las estaciones de Muñani, Progreso y Orurillo., estas estaciones se ubican en la parte media de la cuenca y también tienen un comportamiento hidrológico similar, además son estaciones vecinas.
- Grupo N° 3: Están conformados por las estaciones de Ananea, Crucero y Nuñoa, los mismos que se ubican en la parte alta de la Provincia de Azángaro, son estaciones vecinas y tienen un comportamiento hidrológico similar.

El periodo de registro de la información pluviométrica de las 09 estaciones es de 47 años, varía desde el año 1964 al 2010, los mismos que se presentan en los Cuadro 5-1, al 5-9.



Cuadro 5 -1: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION ARAPA.													
CUENCA	: RAMIS			LATITUD	15°08'10.5"				REGION	: PUNO			
CODIGO	: 783			LONGITUD	70°07'05.6"				PROV	: AZANGARO			
TIPO	: CO			ALTITUD	3830 msnm				DIST	: ARAPA			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1964	97.9	64.4	126.1	48.3	11.7	4.4	4.4	8.2	49.9	27.4	45.1	36.7	
1965	101.9	53.1	119.3	36.7	6.0	4.4	4.4	4.8	18.9	22.2	49.2	107.6	
1966	23.5	85.1	56.6	17.1	56.5	4.4	4.4	6.4	14.9	31.3	55.3	72.0	
1967	51.2	89.8	87.9	8.9	24.6	5.2	18.9	20.2	60.4	57.1	15.9	126.5	
1968	95.1	111.1	70.6	17.8	15.2	8.1	12.1	9.2	12.2	45.4	95.1	56.1	
1969	84.2	54.9	39.8	37.2	4.4	5.4	12.1	7.4	25.5	21.4	52.5	63.2	
1970	134.4	76.4	120.7	66.8	13.7	4.4	4.4	4.6	49.7	40.7	26.3	102.3	
1971	101.9	138.4	24.2	33.4	6.7	4.4	4.4	14.6	6.0	32.8	47.2	66.2	
1972	142.3	86.3	104.2	34.4	12.4	4.4	5.6	8.5	33.4	32.8	94.7	103.9	
1973	166.9	91.1	135.1	73.5	18.4	4.8	8.8	17.6	40.6	35.1	51.2	36.7	
1974	187.3	111.4	100.2	33.4	5.8	11.3	5.8	37.9	18.0	40.6	34.0	67.3	
1975	136.8	107.5	115.8	24.1	27.6	11.5	4.4	4.4	4.4	6.0	9.8	40.9	
1976	137.3	61.9	55.7	13.9	20.1	6.5	7.7	13.1	59.7	4.7	23.3	71.8	
1977	81.3	124.1	86.2	10.4	8.9	4.4	7.2	4.4	35.5	59.7	92.6	111.2	
1978	162.4	92.1	87.9	41.2	15.8	12.6	4.6	4.4	13.3	23.1	114.9	118.8	
1979	143.8	52.4	116.8	95.5	4.6	4.4	4.4	11.2	4.6	94.0	63.7	112.7	
1980	175.7	105.3	138.6	27.0	19.7	4.4	24.7	45.0	73.4	62.2	47.8	53.1	
1981	143.1	113.4	181.4	69.0	7.7	4.5	4.4	56.9	11.5	72.0	76.4	142.0	
1982	139.2	40.4	118.3	55.4	4.8	4.4	4.4	5.9	64.1	79.7	93.4	60.3	
1983	47.0	90.2	56.0	41.2	4.4	4.4	4.4	4.4	33.2	33.8	19.5	64.3	
1984	175.6	133.6	241.7	35.7	18.4	5.6	4.4	4.4	4.4	64.5	142.4	132.6	
1985	247.0	216.5	127.5	94.6	4.4	34.1	4.4	8.2	19.7	20.7	138.2	188.7	
1986	89.2	268.5	156.6	68.9	4.4	4.4	6.1	40.5	43.3	60.2	88.2	129.6	
1987	113.4	46.9	86.6	21.7	2.8	4.3	22.2	33.3	6.0	38.5	125.0	48.5	
1988	164.2	56.9	163.0	127.9	59.4	0.0	0.8	0.0	6.0	58.3	6.6	137.5	
1989	116.7	73.9	85.9	75.1	3.9	11.7	0.0	9.2	50.2	24.7	27.2	35.6	
1990	113.6	84.4	27.3	19.6	6.7	72.8	0.0	5.5	19.5	105.9	47.0	104.2	
1991	148.9	96.1	117.4	31.0	11.5	59.6	1.8	2.3	16.0	37.6	51.8	71.7	
1992	99.6	64.7	32.8	11.9	0.0	11.0	0.6	86.7	13.3	73.1	58.3	62.0	
1993	125.5	73.1	111.7	91.1	11.8	3.5	0.0	19.8	22.0	103.8	74.7	111.6	
1994	100.6	154.9	107.5	145.2	8.0	0.4	0.0	3.0	11.9	21.0	72.4	95.5	
1995	82.4	122.8	131.5	6.4	4.3	0.0	0.0	0.0	9.0	19.5	80.3	129.6	
1996	155.7	38.7	80.8	9.3	13.0	0.0	1.7	4.7	22.5	40.7	46.2	92.8	
1997	193.2	129.9	141.8	55.4	2.5	0.0	0.0	18.7	36.8	31.8	107.0	78.9	
1998	78.9	107.6	131.6	59.0	0.0	4.3	0.0	1.4	0.9	42.7	72.6	33.0	
1999	99.8	68.0	134.6	52.0	3.5	1.0	0.0	0.5	48.3	72.2	52.3	33.1	
2000	187.8	102.2	68.0	2.9	15.6	15.6	1.6	27.5	6.4	93.9	11.4	89.9	
2001	210.0	209.4	129.4	57.9	27.0	3.2	9.2	9.0	9.6	75.7	45.2	131.7	
2002	90.4	198.8	91.7	70.3	47.8	6.5	23.6	20.4	17.7	119.1	54.2	107.3	
2003	179.2	82.6	145.8	37.7	7.8	11.4	0.0	3.5	19.2	19.4	59.8	74.6	
2004	219.0	144.4	125.4	35.6	8.4	5.6	7.8	17.1	43.8	5.6	57.6	70.6	
2005	90.0	154.8	83.8	20.5	1.0	0.0	0.0	5.2	22.8	60.0	68.2	126.8	
2006	131.8	42.4	55.2	18.4	0.0	2.6	0.0	1.4	19.0	80.6	67.4	67.6	
2007	77.8	48.8	158.8	98.2	15.8	1.8	1.0	1.2	59.8	17.0	68.3	81.8	
2008	146.2	74.9	53.0	0.0	8.6	0.4	0.0	0.0	7.6	52.2	156.5	150.8	
2009	41.1	139.1	113.0	44.4	0.0	0.0	3.6	0.0	11.6	35.2	82.0	113.5	
2010	105.8	181.8	55.4	35.7	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	16.1	111.4	
PROM	126.3	103.5	104.2	44.9	12.5	8.0	5.1	13.0	25.0	47.1	63.5	89.9	

Fuente: Elaboración propio

Cuadro 5-2: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION PUTINA												
CUENCA	: HUANCANE			LATITUD		14°55'00"			REGION	: PUNO		
CODIGO	: 7414			LONGITUD		69°53'00"			PROV	: PUTINA		
TIPO	: P			ALTITUD		3920 msnm			DIST	: PUTINA		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	67.5	71.0	111.0	72.5	17.5	0.0	0.0	1.0	16.0	45.0	80.0	92.5
1965	194.5	93.5	161.0	39.5	0.0	0.0	5.4	0.5	23.0	21.5	100.2	163.3
1966	66.5	151.1	66.4	32.2	41.9	0.0	0.0	0.0	26.0	43.4	95.5	48.2
1967	41.2	85.1	152.8	10.0	26.0	0.0	4.3	29.4	94.7	87.4	25.2	85.8
1968	79.6	126.2	72.0	48.1	0.7	0.4	45.4	1.1	56.4	49.0	138.9	41.4
1969	214.6	86.5	55.6	11.1	1.0	1.2	15.5	0.0	31.3	33.9	88.6	83.2
1970	156.7	99.8	92.6	58.3	25.5	0.0	0.0	0.0	61.4	40.3	20.7	184.4
1971	190.8	184.4	49.5	19.0	2.0	0.7	0.0	5.6	3.8	42.1	48.1	40.6
1972	155.6	119.0	77.7	46.6	6.0	0.0	1.0	13.8	28.6	43.9	105.1	77.8
1973	131.9	132.2	100.7	120.5	11.7	3.4	16.2	7.9	49.8	59.9	70.4	90.7
1974	137.1	144.8	93.6	47.5	0.6	4.8	1.4	16.8	33.4	68.3	51.0	104.7
1975	115.6	110.3	77.5	18.8	25.5	13.5	0.0	0.5	21.4	42.8	49.3	135.6
1976	151.7	97.3	86.6	22.3	14.0	8.0	1.5	19.1	76.3	3.7	26.2	66.7
1977	70.0	178.2	111.8	15.4	10.0	0.0	0.1	0.0	42.8	34.5	97.1	85.6
1978	117.2	117.4	95.3	58.3	5.3	2.6	0.3	0.3	27.8	23.5	117.3	158.1
1979	240.1	76.3	82.4	128.6	4.6	0.0	1.5	8.2	11.4	82.0	40.4	97.0
1980	121.5	55.4	114.4	15.2	11.9	3.0	15.3	4.6	52.9	91.7	33.8	57.4
1981	236.0	90.5	92.5	77.8	3.3	5.7	0.0	15.9	33.9	83.4	48.3	107.2
1982	236.4	109.9	99.5	73.8	0.0	0.0	0.8	12.9	59.3	43.0	123.1	65.5
1983	104.6	81.1	44.4	65.1	10.4	2.0	5.6	1.6	16.8	6.7	36.2	92.2
1984	291.6	217.3	98.3	34.6	6.8	5.3	2.2	22.5	0.6	81.8	98.0	108.1
1985	132.5	121.7	87.7	109.0	23.2	2.8	0.0	4.7	35.3	44.3	137.9	167.4
1986	107.1	146.9	90.4	142.6	13.7	0.0	2.4	7.9	49.7	14.4	86.7	142.6
1987	112.8	65.4	52.3	34.9	2.5	2.1	29.0	6.0	3.6	47.5	98.6	34.5
1988	120.6	66.0	202.1	91.9	12.0	0.0	0.0	5.3	8.9	45.9	9.3	137.4
1989	185.3	90.8	129.5	58.5	0.0	7.5	0.0	9.0	43.3	29.6	32.4	72.9
1990	179.0	60.1	75.9	25.7	5.8	61.0	0.0	1.8	17.3	109.0	84.0	103.7
1991	164.8	106.1	134.9	51.0	5.7	45.0	9.8	0.8	14.9	24.8	64.7	108.7
1992	153.6	49.3	49.7	25.2	0.0	1.2	4.0	72.5	20.8	44.5	66.3	123.7
1993	174.4	67.1	75.3	99.8	11.4	0.0	2.1	17.0	24.2	67.3	114.2	124.2
1994	170.8	112.6	113.7	72.4	17.8	5.2	0.0	49.8	57.0	61.9	182.2	142.5
1995	102.5	126.5	135.3	10.5	0.5	0.0	3.4	0.0	5.2	15.5	67.6	89.4
1996	118.6	66.8	113.5	37.3	29.6	0.0	0.9	6.9	20.8	19.9	131.6	95.7
1997	215.2	90.5	201.9	96.8	4.2	0.0	1.1	21.4	22.9	42.4	112.8	59.9
1998	125.6	105.7	92.8	32.9	0.0	12.0	0.0	1.6	0.5	66.9	89.4	24.6
1999	104.1	68.9	162.3	25.6	19.8	0.0	0.7	0.0	45.1	53.8	36.4	68.9
2000	158.0	131.4	93.7	13.1	1.7	27.4	0.0	11.0	12.2	112.3	25.0	105.0
2001	206.5	134.2	206.5	46.5	34.8	3.0	3.1	9.8	25.8	71.6	47.1	91.4
2002	125.5	130.5	110.6	53.3	14.6	1.0	16.7	5.8	21.8	128.4	51.6	100.6
2003	150.5	108.3	114.1	52.8	9.9	4.2	0.9	17.9	21.4	44.0	87.9	108.3
2004	208.3	91.0	62.3	52.9	55.9	14.0	4.9	13.8	36.7	34.2	78.5	52.7
2005	142.2	107.3	87.5	37.5	3.0	0.0	2.4	1.9	21.0	87.2	86.9	74.8
2006	164.8	34.6	46.1	64.4	2.2	9.7	0.0	2.3	20.1	45.3	65.2	82.3
2007	146.1	90.5	121.3	67.2	22.7	0.0	0.9	2.5	48.2	34.6	99.1	103.5
2008	100.1	79.4	69.7	3.2	6.0	0.0	0.0	0.0	15.5	51.1	77.1	140.0
2009	103.4	83.1	63.5	8.6	8.0	0.0	2.4	0.0	13.6	27.8	86.6	89.9
2010	178.2	116.5	104.9	29.3	12.1	0.0	0.6	2.3	0.0	43.7	20.9	101.4
PROM	148.3	103.8	100.7	50.2	11.5	5.2	4.3	9.2	29.2	51.0	75.2	96.4

Fuente: Elaboración propio

Cuadro 5-3: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION AZANGARO												
CUENCA : RAMIS					LATITUD : 14°54'51.7"					REGION : PUNO		
CODIGO : 781					LONGITUD : 70°11'26.7"					PROV : AZANGARO		
TIPO : CO					ALTITUD : 3863 msnm					DIST : AZANGARO		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	123.2	93.2	104.5	65.0	13.5	0.0	0.0	0.5	39.0	32.0	50.5	68.8
1965	150.0	82.0	133.0	27.5	0.5	0.0	0.0	2.5	18.5	18.9	55.5	122.5
1966	92.5	49.0	31.5	19.0	44.3	0.0	0.0	1.5	36.7	46.5	55.9	92.5
1967	41.0	104.0	78.2	6.9	14.2	0.0	12.0	23.6	35.8	41.5	8.6	129.8
1968	81.2	143.0	73.9	36.9	0.7	1.0	8.0	7.6	25.5	20.9	60.4	33.7
1969	117.1	63.6	36.0	28.8	0.0	1.4	12.0	4.9	18.5	15.6	31.8	51.2
1970	126.9	42.0	96.1	96.6	14.7	0.0	0.0	0.0	39.3	35.6	38.2	152.1
1971	91.6	190.3	31.0	28.1	0.5	0.6	0.3	8.7	5.8	18.1	55.8	80.1
1972	140.9	108.9	68.7	37.4	0.0	0.0	4.0	9.7	41.6	26.3	55.6	106.6
1973	176.4	99.8	112.9	93.7	22.2	0.0	3.4	4.9	47.7	43.7	88.3	23.8
1974	98.0	125.0	94.4	34.9	19.0	6.1	0.0	27.6	19.8	30.0	55.7	59.2
1975	96.0	88.6	108.6	33.1	7.2	14.5	0.0	0.0	20.7	71.7	57.5	110.0
1976	115.9	102.5	57.4	6.7	8.9	5.5	0.4	13.3	41.2	3.3	61.0	96.1
1977	64.2	113.0	120.2	17.5	3.4	0.0	0.0	0.0	43.3	51.6	91.2	61.0
1978	141.6	139.3	77.6	37.4	2.7	0.0	0.0	0.0	17.8	35.6	168.5	192.3
1979	146.1	28.7	62.2	39.6	4.0	0.0	0.0	0.0	6.5	60.9	37.1	112.8
1980	120.1	64.2	91.3	9.0	5.7	0.0	5.5	3.6	29.4	77.9	10.1	56.9
1981	112.5	105.3	92.3	47.0	5.6	4.0	0.0	26.9	27.7	65.4	36.4	100.7
1982	48.5	101.1	38.8	58.5	0.0	0.0	0.0	27.0	18.1	35.0	46.6	68.7
1983	72.2	53.5	55.8	37.2	5.0	2.5	0.9	4.8	21.9	27.2	35.9	79.4
1984	195.3	148.1	148.1	58.4	15.2	5.3	4.3	13.7	2.4	58.8	175.6	123.4
1985	136.5	103.6	36.6	123.7	11.1	4.3	1.8	2.3	13.7	16.6	131.9	84.8
1986	63.7	69.2	52.9	21.6	6.5	1.8	1.8	6.4	28.8	4.9	35.9	52.1
1987	101.1	80.0	51.1	34.3	6.4	5.7	22.5	7.9	21.3	39.5	51.9	75.7
1988	143.9	65.6	101.1	46.9	13.4	2.5	0.9	4.8	20.4	30.2	24.6	81.8
1989	69.8	52.8	52.8	20.4	4.8	1.3	0.9	4.3	20.8	6.5	35.5	64.5
1990	159.0	76.0	99.3	45.7	8.7	30.1	0.9	4.9	19.6	91.9	62.2	74.2
1991	139.0	59.3	83.8	30.1	19.9	25.0	0.9	4.8	16.2	42.4	38.9	81.8
1992	109.0	82.4	49.7	14.4	0.0	8.0	0.0	59.8	21.4	41.3	55.0	81.1
1993	142.8	54.5	84.3	87.9	11.6	4.8	1.3	9.2	24.4	68.6	125.4	127.4
1994	111.7	169.3	89.1	41.6	0.5	0.0	0.0	6.3	13.4	35.6	59.8	88.1
1995	62.3	78.0	97.8	4.6	0.2	0.0	0.0	0.6	5.1	33.1	90.0	88.4
1996	142.5	67.9	121.9	15.7	15.0	0.3	2.0	3.1	11.2	35.2	59.5	64.0
1997	150.4	151.3	139.1	30.1	7.8	0.0	0.0	13.1	32.1	36.9	134.6	100.5
1998	95.0	71.4	77.2	24.6	0.0	1.6	0.0	0.0	11.0	58.0	76.3	17.6
1999	99.8	68.0	134.6	52.0	3.5	1.0	0.0	0.5	30.6	69.3	31.8	23.2
2000	132.4	114.0	51.3	8.4	2.9	7.9	0.5	38.8	0.7	79.8	25.6	65.3
2001	195.4	94.8	168.0	15.9	19.9	0.0	4.4	8.0	16.6	44.9	42.5	166.6
2002	157.4	116.4	155.4	49.1	10.3	1.9	10.8	9.0	15.0	187.3	87.1	170.6
2003	149.9	95.3	109.4	58.9	4.7	5.7	0.6	5.0	7.8	32.9	42.4	118.2
2004	227.4	93.9	47.7	22.8	15.9	9.4	2.8	16.5	39.6	11.0	62.6	71.5
2005	42.5	171.8	78.5	28.6	0.3	0.0	0.0	5.0	19.6	59.8	34.3	84.5
2006	188.7	36.7	75.3	17.2	0.2	1.3	0.0	2.3	11.3	60.6	60.6	71.1
2007	97.0	54.5	164.6	80.6	12.5	0.3	0.6	0.8	60.6	17.1	62.8	85.3
2008	146.2	74.9	53.0	0.0	8.6	0.4	0.0	0.0	7.6	52.2	156.5	150.8
2009	41.1	139.1	113.0	44.4	0.0	0.0	3.6	0.0	11.6	35.2	82.0	113.5
2010	105.8	181.8	55.4	35.7	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	16.1	111.4
PROM	118.3	95.1	86.3	37.8	8.1	3.3	2.3	8.4	22.1	43.1	63.0	90.1

Fuente: Elaboración propio

Cuadro 5-4: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION ORURILLO												
CUENCA : RAMIS					LATITUD 14°44'00"				REGION : PUNO			
CODIGO : 7404					LONGITUD 70°31'00"				PROV : MELGAR			
TIPO : PLU					ALTITUD 3920 msnm				DIST : ORURILLO			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	128.4	84.5	154.3	70.7	14.6	1.1	1.6	4.3	36.3	48.9	121.0	113.1
1965	190.2	128.9		52.2	4.4	1.1	1.8	4.7	20.9	30.6	67.5	146.4
1966	90.3	67.7	69.0	33.7	5.6	3.7	2.0	4.2	29.2	63.3	86.2	97.5
1967	53.5	118.5	86.6	32.6	15.3	0.0	10.3	16.8	35.8	60.6	25.8	136.1
1968	86.3	209.4	85.0	27.4	2.0	0.0	13.0	5.7	30.4	65.6	73.7	69.7
1969	143.3	131.1	31.9	35.3	0.0	0.0	3.2	0.1	9.4	28.9	78.3	60.3
1970	211.5	92.2	128.5	105.7	25.1	0.8	0.0	0.0	55.0	51.0	68.7	197.8
1971	96.0	177.3	90.8	76.6	0.9	3.1	0.0	6.0	1.0	38.2	56.3	69.8
1972	210.6	122.7	151.3	46.2	4.0	0.0	3.4	6.2	26.6	21.3	51.9	80.2
1973	168.9	86.1	131.6	84.3	4.6	0.8	4.9	8.2	58.2	69.5	47.0	45.2
1974	174.6	193.0	134.7	42.1	7.8	10.7	0.0	44.6	29.6	35.9	34.2	100.4
1975	125.7	109.5	109.0	28.8	12.8	0.0	0.0	0.0	14.7	59.8	50.5	118.9
1976	199.6	67.4	124.7	34.6	22.8	4.3	4.3	12.6	51.8	0.2	35.1	98.2
1977	123.1	160.9	217.0	31.6	5.6	0.0	0.4	0.0	42.2	74.3	193.3	94.3
1978	206.3	111.8	127.2	59.7	5.4	0.0	0.1	0.3	34.1	19.7	129.7	125.6
1979	145.6	53.9	76.5	61.2	1.4	0.0	0.0	4.1	14.4	21.9	73.4	140.9
1980	153.2	60.6	170.9	7.6	5.6	0.0	11.3	2.9	23.7	94.6	13.7	124.1
1981	177.9	111.4	135.4	71.1	4.9	4.5	0.0	16.5	37.1	51.5	88.1	134.8
1982	149.0	70.7	168.2	58.7	0.0	0.0	0.0	6.7	38.9	103.0	117.2	71.8
1983	111.9	87.1	68.8	57.1	9.0	1.4	0.0	0.0	12.9	26.2	19.9	120.3
1984	204.3	198.8	130.1	48.4	17.7	2.4	0.0	5.4	2.8	116.3	123.3	129.1
1985	181.6	130.5	135.6	174.3	22.3	23.4	0.0	0.9	64.3	14.9	146.8	275.1
1986	128.2	234.2	168.9	201.5	2.6	0.0	0.0	12.6	34.0	0.0	23.4	106.8
1987	130.7	28.7	21.0	21.8	1.7	2.4	29.9	1.4	0.0	15.0	73.2	95.0
1988	133.6	87.4	207.3	50.8	20.1	0.0	0.0	0.0	9.1	33.8	5.2	62.2
1989	174.9	99.4	134.4	29.0	25.5	9.6	2.9	19.1	36.8	11.7	32.9	59.4
1990	175.1	43.8	26.0	27.2	2.5	55.0	0.0	4.7	2.8	64.9	80.1	79.8
1991	159.7	81.6	59.1	14.3	17.7	39.2	0.0	3.4	10.0	7.5	42.1	30.9
1992	103.6	84.1	42.3	8.1	0.0	1.4	1.8	3.7	14.1	22.7	35.3	55.0
1993	166.6	43.2	164.8	52.4	4.4	17.7	1.6	16.6	16.4	72.8	137.9	98.8
1994	178.3	129.8	132.0	63.6	4.4	1.1	1.6	6.8	13.3	39.0	74.7	110.9
1995	137.9	104.6	120.8	28.1	5.5	1.1	1.6	4.3	9.9	28.4	60.2	112.6
1996	157.0	112.2	100.3	64.1	5.1	1.1	4.3	6.4	13.8	18.3	60.5	99.0
1997	176.3	189.0	172.2	65.2	6.5	1.1	1.6	11.4	36.8	33.9	100.7	111.5
1998	142.0	128.4	140.9	33.3	4.4	3.2	1.6	5.1	15.9	58.6	97.5	73.5
1999	135.4	154.3	132.2	130.3	9.5	1.1	2.7	5.0	26.7	49.0	39.0	96.6
2000	166.6	169.3	117.6	27.0	13.4	7.9	7.1	6.5	14.1	72.8	31.2	120.8
2001	191.4	125.0	122.3	35.4	14.5	2.4	5.3	7.5	17.8	37.2	31.8	83.7
2002	154.6	165.0	115.3	88.0	19.7	3.2	12.2	10.1	28.3	72.8	94.0	114.8
2003	146.1	147.8	211.9	49.8	6.6	4.6	1.6	9.7	29.5	22.9	43.2	98.5
2004	181.1	133.0	98.7	49.0	4.9	3.2	4.2	13.7	63.8	19.3	61.4	122.6
2005	123.7	196.8	100.2	46.2	4.4	1.1	1.6	7.7	7.6	88.8	74.2	98.7
2006	169.0	115.5	97.9	31.8	4.4	4.5	1.6	5.6	11.0	42.3	85.4	157.9
2007	127.1	99.7	125.3	79.7	6.2	1.1	5.2	4.3	28.4	24.5	68.0	97.3
2008	176.1	153.9	139.2	52.5	14.9	3.4	6.8	10.6	29.3	47.5	52.3	96.9
2009	152.4	160.3	137.9	63.6	10.4	3.6	6.0	10.7	33.8	50.8	73.9	114.6
2010	152.3	145.8	142.6	44.5	3.8	3.4	1.5	9.6	32.8	34.2	58.2	112.8
PROM	152.6	121.4	122.0	55.3	8.6	4.9	3.4	7.4	25.6	43.9	68.9	105.5

Fuente: Elaboración propio

Cuadro 5-5: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION PROGRESO.												
CUENCA : RAMIS					LATITUD 14°41'21.1"				REGION : PUNO			
CODIGO : 778					LONGITUD 70°21'55.8"				PROV : AZANGARO			
TIPO : CO					ALTITUD 3970 msnm				DIST : ASILLO			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	77.7	66.5	218.0	17.7	16.4	0.0	0.0	0.5	31.9	40.8	55.7	60.8
1965	150.4	130.5	116.0	50.6	2.8	0.0	0.0	0.0	20.0	16.0	78.7	122.1
1966	50.1	74.5	45.9	0.3	40.8	0.0	0.0	0.0	31.3	60.8	70.8	70.7
1967	66.9	81.2	127.0	26.1	8.9	0.0	13.3	16.9	28.9	47.5	34.4	89.9
1968	50.7	158.4	98.7	38.6	1.7	0.0	13.4	20.1	27.2	23.3	79.6	44.2
1969	143.1	83.5	47.5	29.0	0.0	1.4	10.6	0.3	23.0	19.6	53.8	56.4
1970	141.5	82.2	123.5	68.0	14.0	0.5	0.8	0.0	49.7	53.7	53.9	139.5
1971	133.1	158.3	22.8	32.1	5.9	0.1	0.0	4.3	1.2	38.9	61.3	79.8
1972	155.2	166.7	79.3	27.5	0.4	0.0	2.8	8.3	16.6	21.0	57.9	104.2
1973	162.6	101.0	103.8	105.0	9.5	0.0	3.7	5.4	54.1	78.9	70.4	89.8
1974	107.1	117.5	86.4	49.8	13.0	5.1	0.2	21.1	32.9	30.7	33.5	55.1
1975	104.7	88.4	121.8	27.2	9.0	0.0	0.0	0.0	26.4	40.0	45.5	90.3
1976	167.6	80.1	92.0	28.8	22.3	4.8	3.3	12.5	41.0	8.6	48.0	117.7
1977	84.4	92.0	145.0	21.8	2.7	0.0	0.0	0.0	21.5	50.4	97.2	83.9
1978	150.6	110.3	124.3	50.8	4.1	0.0	0.0	0.0	52.9	17.3	128.9	184.6
1979	146.4	41.3	80.5	69.2	13.8	0.0	5.0	4.6	17.2	31.3	43.3	131.0
1980	117.2	80.4	107.5	4.9	9.1	0.4	2.3	0.0	6.1	77.4	12.3	81.3
1981	146.7	101.1	102.7	52.0	1.9	0.0	0.0	13.2	32.9	65.3	73.0	109.9
1982	191.7	53.4	95.5	20.3	0.0	0.0	0.0	0.8	15.8	53.6	109.3	48.3
1983	82.3	58.8	73.4	27.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	36.7	63.1
1984	108.7	37.9	111.2	31.7	14.0	0.8	2.2	1.5	12.1	94.2	103.3	113.5
1985	180.6	137.4	142.3	59.3	10.7	2.3	0.0	0.0	34.2	12.4	122.4	154.4
1986	134.3	168.7	162.8	114.1	10.6	0.0	4.3	6.0	38.2	66.2	41.4	102.3
1987	119.8	78.7	82.9	39.2	1.5	1.0	18.4	0.0	7.5	57.8	126.3	144.8
1988	148.8	85.0	154.8	58.4	17.6	0.0	0.0	0.0	9.0	17.9	10.5	67.5
1989	151.6	119.8	108.5	84.8	7.0	4.7	0.0	27.0	25.0	40.9	48.1	69.7
1990	131.5	75.6	36.7	33.5	0.0	21.6	0.0	5.4	19.0	84.0	67.8	18.0
1991	154.3	73.7	105.1	40.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	28.2	25.9	131.7
1992	106.2	80.8	49.1	21.1	0.0	3.2	0.0	37.2	18.0	29.4	79.8	78.6
1993	191.5	79.1	103.6	52.3	9.7	3.7	10.2	21.9	5.9	158.0	178.0	98.3
1994	120.1	110.7	102.0	59.2	4.8	0.5	0.0	3.2	15.1	51.8	74.8	116.6
1995	69.5	79.1	101.7	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	16.8	79.1	98.2
1996	141.5	62.9	94.6	21.4	10.8	0.0	1.4	3.0	4.6	44.8	45.2	125.4
1997	179.8	135.8	196.9	48.0	12.6	0.0	0.0	13.6	17.0	40.0	108.7	60.2
1998	113.8	72.2	52.8	17.5	0.0	7.7	0.0	1.2	2.2	100.3	88.7	32.6
1999	108.3	125.6	136.6	37.8	0.5	0.0	0.0	0.0	16.6	35.8	54.3	65.7
2000	126.9	114.1	105.1	9.6	1.4	1.2	1.6	2.4	17.0	108.0	17.6	99.6
2001	151.8	111.5	135.4	30.6	21.4	0.0	5.5	0.0	14.2	59.4	62.7	57.4
2002	117.0	107.0	82.0	149.2	8.8	1.8	25.4	4.4	25.6	131.6	86.0	134.6
2003	163.4	114.9	134.8	60.2	7.0	7.6	0.5	7.0	15.4	14.8	16.1	80.6
2004	234.0	160.2	61.8	50.6	7.4	0.0	4.8	22.8	40.6	13.0	53.8	134.2
2005	52.5	199.0	54.7	35.4	0.5	0.0	1.2	2.8	3.8	65.9	57.6	81.6
2006	137.7	46.9	63.6	50.5	0.0	2.1	0.0	3.9	37.0	42.5	63.6	79.5
2007	130.1	58.1	152.6	59.2	14.4	0.6	0.5	0.0	25.8	17.0	75.4	51.0
2008	130.3	73.0	52.4	4.6	6.2	0.0	0.0	0.0	7.6	49.6	26.5	155.6
2009	112.1	90.9	59.7	15.3	5.2	0.0	4.6	0.8	9.2	19.2	111.8	104.6
2010	153.8	118.8	71.6	40.8	8.6	0.0	0.0	2.6	0.0	24.8	8.6	121.0
<b>PROM</b>	<b>129.8</b>	<b>98.8</b>	<b>100.6</b>	<b>42.3</b>	<b>7.7</b>	<b>1.5</b>	<b>2.9</b>	<b>5.8</b>	<b>20.6</b>	<b>47.0</b>	<b>65.5</b>	<b>93.6</b>

Fuente: Elaboración propio

Cuadro 5-6: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION MUÑANI												
CUENCA : HUANCANE					LATITUD 14°46'01"				REGION : PUNO			
CODIGO : 785					LONGITUD 69°57'06.5"				PROV : AZANGARO			
TIPO : C					ALTITUD 3949 msnm				DIST : MUÑANI			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	100.8	192.9	125.9	40.4	13.9	0.8	6.3	5.2	27.4	53.7	60.4	55.1
1965	131.4	72.9	7.0	39.4	7.0	7.0	7.0	7.0	37.2	21.0	85.1	106.3
1966	99.0	114.6	71.1	25.9	38.3	7.0	7.0	7.0	13.3	29.4	65.5	38.2
1967	27.7	57.5	75.4	19.4	21.2	7.0	30.3	45.5	126.1	84.7	48.0	275.9
1968	95.4	151.6	29.9	72.5	22.2	7.0	39.4	44.8	95.9	51.2	113.6	43.9
1969	164.6	108.1	79.1	77.3	7.0	7.0	7.0	16.8	39.2	34.3	66.8	108.2
1970	256.0	84.1	88.1	103.5	25.3	7.0	9.8	7.5	58.7	66.4	34.4	212.0
1971	165.2	301.6	93.7	26.7	16.6	7.0	7.0	9.6	7.0	62.6	31.3	52.3
1972	180.5	62.1	25.7	21.0	7.0	7.0	7.0	11.7	10.3	33.1	97.8	105.5
1973	102.5	109.9	76.1	70.5	7.5	7.0	7.0	25.2	67.9	14.0	35.7	51.8
1974	123.7	119.1	36.4	26.8	7.0	7.9	7.0	7.5	7.0	18.2	9.8	88.5
1975	78.2	95.7	93.6	26.4	10.3	7.0	7.0	13.2	7.0	35.9	34.2	223.6
1976	158.0	100.0	87.7	42.3	11.4	19.0	7.7	15.9	52.2	23.5	19.2	75.4
1977	96.4	128.9	120.6	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	46.0	42.2	95.4	95.0
1978	186.5	157.3	115.7	46.2	4.1	4.9	0.0	0.0	18.6	25.2	160.1	254.8
1979	226.0	45.9	77.3	119.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.7	57.9	26.9	133.3
1980	114.5	77.7	112.5	3.6	1.8	3.4	3.6	0.0	27.0	82.1	36.4	49.6
1981	195.8	90.4	131.6	72.6	9.9	0.0	0.0	9.9	25.5	70.8	41.3	93.6
1982	120.3	70.1	78.0	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	54.1	34.2	153.9	22.4
1983	89.2	83.3	45.1	49.8	7.2	0.0	0.0	19.7	0.0	36.1	15.6	53.9
1984	249.3	188.3	90.5	24.8	6.0	7.2	5.1	21.9	9.4	67.3	157.7	154.6
1985	122.8	137.5	96.8	85.4	6.3	10.8	0.0	0.0	40.1	26.5	130.9	223.1
1986	88.6	192.2	162.5	94.1	6.7	0.0	2.3	0.0	32.5	0.0	78.4	111.6
1987	199.6	101.0	59.2	55.9	0.0	6.2	24.1	3.4	1.2	42.2	95.7	33.0
1988	118.7	112.7	81.3	90.1	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	40.4	3.8	123.2
1989	112.8	186.1	89.2	67.2	0.0	10.0	0.0	13.1	18.9	33.8	55.3	57.1
1990	136.8	63.7	24.0	3.2	0.0	55.2	0.0	0.0	8.7	79.6	83.8	67.9
1991	129.2	83.6	139.2	71.6	9.6	32.0	0.0	0.0	13.0	32.2	83.3	116.3
1992	188.3	91.4	45.8	19.2	0.0	4.3	0.0	37.7	10.8	33.0	41.4	111.7
1993	157.0	56.3	83.7	32.2	11.4	0.0	12.3	19.4	24.8	54.9	75.9	104.3
1994	104.0	94.3	91.8	71.0	23.2	3.1	0.0	0.0	7.1	22.7	64.5	110.2
1995	154.5	181.8	110.1	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	28.3	96.2
1996	153.9	70.1	68.8	34.9	18.7	0.0	0.0	8.5	8.1	29.9	104.2	61.4
1997	181.6	109.2	217.2	38.3	3.2	0.0	0.0	3.0	29.4	33.8	80.1	32.5
1998	62.5	96.4	106.4	39.2	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	54.1	64.4	41.6
1999	83.6	40.5	125.2	42.7	29.3	0.0	0.0	0.0	35.7	34.5	35.9	92.9
2000	119.8	98.1	81.4	9.1	0.0	19.4	0.0	10.6	20.2	126.8	20.5	108.6
2001	173.0	109.2	163.2	19.5	26.3	3.2	10.3	7.5	21.4	61.3	57.0	87.0
2002	90.3	115.9	104.5	42.5	5.7	4.4	16.5	4.9	27.9	90.0	58.0	125.7
2003	225.1	102.3	108.2	43.4	4.6	9.1	0.0	13.0	30.5	73.2	68.0	117.4
2004	281.7	129.1	117.2	66.7	25.2	1.8	0.8	20.6	28.1	39.4	65.4	133.5
2005	98.6	224.2	84.6	27.9	2.3	0.0	1.2	1.0	8.4	80.1	124.8	68.2
2006	203.9	61.9	57.0	87.2	0.0	0.0	0.0	6.6	31.5	62.0	82.8	144.1
2007	104.0	15.6	119.1	57.9	21.4	0.0	0.0	0.0	24.4	12.6	50.8	55.4
2008	132.8	65.4	38.2	10.0	1.9	0.0	0.0	0.0	8.9	67.7	31.4	154.5
2009	77.7	100.1	39.1	26.6	0.0	0.0	4.4	0.0	23.8	18.5	69.0	85.5
2010	171.9	138.5	69.5	25.0	10.2	0.0	0.0	3.7	0.0	60.6	21.7	86.0
PROM	141.1	110.4	88.2	45.5	9.8	5.9	4.9	9.0	25.5	46.1	65.2	103.0

Fuente: Elaboración propio

Cuadro 5-7: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION ANANEA												
CUENCA : RAMIS				LATITUD 14°40'42.4"					REGION : PUNO			
CODIGO : 7419				LONGITUD 69°32'03.3"					PROV : S.A. PUTINA			
TIPO : CO				ALTITUD 4660 msnm					DIST : ANANEA			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	132.4	124.4	97.1	47.9	56.0	7.3	0.0	0.0	32.4	48.6	58.4	70.9
1965	141.6	77.5	82.9	41.2	0.0	0.0	3.2	13.0	35.9	20.6	52.8	64.7
1966	50.3	140.4	33.8	7.7	35.5	0.0	0.0	0.0	23.7	65.6	70.5	108.6
1967	44.0	76.2	66.0	7.7	20.8	0.0	26.5	24.0	38.0	48.2	54.9	151.7
1968	183.9	175.9	89.7	7.2	2.0	0.0	22.2	36.0	3.7	4.7	5.0	7.9
1969	133.2	88.0	73.4	31.4	15.9	6.3	8.9	15.9	23.1	36.1	54.8	71.0
1970	115.9	109.6	90.7	49.8	19.4	8.0	8.3	9.8	14.6	76.5	19.3	122.1
1971	108.3	244.1	33.5	35.4	4.6	6.0	0.0	7.4	9.8	59.1	37.1	96.3
1972	112.3	100.6	85.5	31.7	7.0	1.5	6.7	43.8	30.1	43.6	56.2	109.4
1973	75.0	109.6	90.5	67.6	13.1	0.5	4.7	12.4	52.6	38.5	42.2	66.3
1974	111.1	117.1	78.0	48.3	9.9	11.0	21.3	33.8	24.7	28.6	28.4	110.0
1975	88.5	126.0	103.2	56.2	23.2	18.6	0.0	26.3	23.6	79.0	31.4	97.2
1976	122.8	98.8	90.3	28.3	52.6	13.4	16.1	6.7	59.2	6.5	19.9	81.6
1977	112.4	86.1	109.3	37.3	23.6	4.9	4.8	0.0	33.5	30.6	99.7	60.8
1978	87.3	87.6	113.5	53.5	9.1	6.3	0.0	0.0	51.8	19.5	98.6	145.0
1979	174.8	71.5	89.5	77.9	11.2	0.0	0.0	14.5	24.8	53.1	52.6	123.1
1980	129.6	94.5	99.9	21.5	26.5	0.0	1.7	10.4	36.7	60.8	42.6	81.7
1981	186.5	115.5	182.0	25.4	10.1	4.1	0.0	26.0	46.5	73.1	78.4	121.6
1982	190.3	75.9	114.1	92.7	2.8	5.5	0.0	15.0	40.2	55.6	82.9	83.6
1983	82.1	111.5	49.0	68.1	16.9	26.4	0.0	0.0	14.8	22.3	19.5	76.7
1984	158.4	161.3	138.8	29.0	0.0	0.0	10.8	43.1	7.0	59.8	123.7	129.5
1985	145.8	113.8	109.0	97.7	12.1	40.8	6.3	5.9	41.9	61.1	116.6	118.0
1986	131.7	128.6	152.2	71.1	18.1	0.0	5.1	16.2	62.8	40.1	59.9	131.8
1987	157.6	50.5	101.6	41.9	16.1	12.5	35.8	4.8	14.7	48.1	119.6	125.9
1988	112.8	93.9	115.4	75.2	24.2	0.0	0.0	0.0	13.4	22.9	30.4	81.8
1989	105.3	59.1	139.6	26.2	31.4	0.0	0.0	41.5	29.1	48.4	48.0	95.1
1990	167.4	82.5	22.9	50.5	8.3	49.7	3.2	24.5	8.1	76.3	70.7	119.5
1991	104.8	70.7	78.4	60.2	26.0	31.0	0.0	0.0	26.6	35.4	51.1	52.5
1992	74.8	90.1	83.6	42.9	0.0	14.1	0.0	30.0	8.3	34.9	69.8	83.8
1993	127.0	83.7	100.3	61.4	26.5	1.5	8.6	31.8	7.7	41.8	71.1	101.1
1994	150.2	183.3	114.4	76.5	0.0	3.9	0.0	0.0	8.3	23.7	39.2	104.3
1995	80.5	84.6	128.5	52.0	9.2	0.0	5.2	12.4	8.4	14.4	40.6	78.5
1996	132.2	98.6	21.7	28.6	19.0	0.0	0.5	31.4	17.0	27.9	62.5	23.3
1997	144.7	100.0	102.3	37.9	9.1	0.0	1.4	14.4	18.1	23.4	48.6	110.3
1998	77.0	102.7	77.5	35.0	0.5	6.2	0.0	0.5	8.9	110.8	83.0	49.2
1999	136.9	103.9	103.6	46.7	12.6	1.4	2.9	1.5	40.7	41.7	54.7	67.5
2000	93.2	97.8	95.4	23.7	7.1	18.1	4.1	2.7	20.4	75.0	26.1	112.5
2001	132.6	46.2	86.4	49.9	62.6	0.5	13.2	13.6	11.9	50.2	63.7	59.8
2002	65.9	125.7	106.1	42.3	10.1	0.5	27.2	19.7	39.5	48.8	115.3	74.4
2003	184.8	71.4	114.5	52.3	2.9	9.4	0.0	19.4	13.1	79.3	43.1	85.8
2004	236.3	136.1	79.4	39.8	11.7	21.4	6.0	11.4	31.2	45.8	60.2	83.8
2005	79.6	152.9	56.0	17.7	1.1	0.2	0.0	14.0	7.9	51.9	63.0	148.9
2006	165.0	83.1	61.3	62.6	2.8	5.4	0.0	20.8	29.2	71.3	69.8	98.1
2007	118.1	79.2	96.9	33.6	16.3	0.0	9.8	0.0	14.7	39.7	61.9	89.6
2008	168.2	62.7	60.3	40.6	24.7	2.8	1.8	7.7	7.1	48.3	56.0	133.7
2009	135.1	79.9	63.7	52.6	17.6	0.0	0.0	0.0	16.6	26.8	125.3	98.5
2010	115.4	95.0	103.2	22.6	14.4	0.0	6.0	0.0	2.4	38.4	40.4	90.9
PROM	125.2	103.6	91.2	44.8	15.8	7.2	5.8	14.1	24.1	45.9	60.0	93.6

Fuente: Elaboración propio

Cuadro 5-8: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION CRUCERO												
CUENCA : RAMIS					LATITUD 14°21'44.4"				REGION : PUNO			
CODIGO : 7415					LONGITUD 70°01'24.7"				PROV : CARABAYA			
TIPO : CO					ALTITUD 4130 msnm				DIST : CRUCERO			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	96.0	77.2	135.1	35.1	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	21.3	37.6	109.4
1965	135.6	117.4	79.4	30.1	1.5	0.0	0.0	1.1	22.9	24.7	49.3	142.3
1966	35.2	160.5	110.0	9.5	36.8	0.0	0.0	1.8	42.2	63.2	43.8	54.0
1967	34.9	106.9	85.5	2.4	29.2	3.2	13.6	23.1	44.6	75.2	27.6	175.2
1968	98.1	130.6	108.6	12.5	0.0	0.0	38.0	23.4	40.9	43.9	0.0	51.9
1969	229.7	83.0	81.8	17.6	4.6	6.0	9.0	16.5	28.8	39.5	76.8	56.2
1970	145.7	169.6	118.8	70.1	12.1	0.0	8.1	0.0	0.0	61.2	61.2	234.0
1971	230.7	287.7	53.2	35.5	0.0	8.7	0.0	3.4	5.0	28.6	159.3	174.9
1972	177.2	82.9	81.7	108.1	24.2	5.4	0.0	31.0	49.7	86.4	101.1	148.4
1973	244.4	134.4	98.6	123.6	11.4	0.7	23.2	3.8	44.8	89.1	49.8	152.2
1974	136.5	254.0	102.1	73.0	3.6	11.7	9.7	26.5	47.2	103.6	62.9	179.2
1975	137.7	116.2	92.8	113.4	12.8	2.8	1.5	10.7	80.5	57.8	74.9	180.8
1976	220.7	102.1	114.7	41.0	34.8	2.8	3.5	12.1	65.1	12.1	42.7	151.2
1977	108.0	140.2	118.3	88.1	22.6	9.5	5.7	0.0	45.0	30.1	158.6	126.5
1978	158.1	168.0	161.3	65.3	5.4	14.3	0.0	1.9	89.7	20.4	121.7	224.9
1979	196.9	158.0	181.7	103.7	32.1	0.0	0.0	31.8	51.6	43.6	92.8	190.5
1980	206.2	91.3	149.5	35.8	13.3	0.0	0.0	3.7	92.5	109.5	23.6	65.4
1981	191.8	218.0	221.9	87.1	2.3	4.3	0.0	3.7	68.6	80.5	104.3	166.7
1982	156.7	111.1	77.1	33.4	5.8	7.6	0.0	7.1	12.8	44.7	135.8	90.8
1983	27.2	154.3	105.8	113.7	14.2	5.8	0.0	1.8	29.8	31.4	39.3	92.6
1984	397.3	228.0	124.4	71.8	9.1	3.8	4.0	33.9	17.0	105.2	129.2	141.5
1985	229.9	106.1	145.0	122.6	28.6	35.2	0.0	24.4	56.0	49.0	151.0	267.8
1986	251.5	340.7	227.4	146.4	9.0	0.0	5.3	33.5	61.1	41.5	116.1	190.1
1987	247.6	117.8	165.3	25.0	21.7	7.6	41.1	0.0	16.4	73.5	148.2	111.5
1988	116.9	161.3	164.6	88.5	22.0	0.0	0.0	0.0	20.8	57.0	49.8	164.1
1989	172.6	85.4	147.4	28.2	13.1	25.4	0.0	25.5	46.9	60.7	79.6	109.3
1990	156.6	112.8	83.8	55.6	0.0	48.2	0.0	3.7	31.3	106.6	185.1	81.9
1991	125.5	80.8	176.5	59.8	49.5	30.5	0.0	0.5	72.9	43.1	87.3	183.9
1992	279.1	274.7	137.5	4.9	0.8	24.5	7.4	116.7	3.6	59.9	201.8	159.8
1993	178.3	81.5	91.0	84.2	14.9	8.5	0.0	36.2	25.5	37.1	103.5	160.8
1994	284.9	423.2	135.4	83.0	24.9	5.6	0.0	5.1	97.6	58.7	62.3	208.4
1995	177.9	97.9	152.8	38.3	28.2	2.3	0.0	12.7	24.1	42.2	82.1	95.2
1996	162.6	134.6	26.1	51.7	36.3	0.0	0.0	19.7	14.0	26.4	103.9	76.7
1997	205.3	331.8	197.8	42.6	16.1	0.0	0.0	13.9	14.6	42.4	94.5	31.3
1998	37.3	93.4	157.2	67.1	0.4	4.4	0.0	0.7	2.3	116.9	101.7	37.6
1999	141.0	120.0	171.1	67.3	31.7	0.8	0.5	0.0	55.7	44.9	64.4	36.3
2000	111.8	61.1	67.1	4.1	7.4	9.2	5.0	5.9	10.7	87.5	23.8	107.2
2001	170.3	65.1	135.4	27.1	17.6	0.0	16.1	11.3	21.3	87.1	50.2	89.3
2002	52.5	166.9	91.8	22.5	11.4	1.0	21.2	10.0	25.8	71.0	74.9	149.5
2003	221.0	106.9	142.9	64.3	11.4	8.9	0.0	17.8	27.5	80.4	74.3	126.2
2004	265.8	190.1	111.1	51.6	13.9	17.9	5.1	11.1	42.0	57.8	89.4	124.3
2005	129.4	211.7	90.0	29.0	10.8	2.0	0.0	13.2	23.3	61.9	91.8	184.6
2006	156.4	45.9	53.9	34.0	0.9	4.9	0.0	14.2	19.2	32.5	105.4	94.7
2007	162.9	116.9	127.0	45.2	15.2	1.8	8.5	1.5	28.8	53.7	90.9	129.7
2008	135.3	48.1	60.9	21.8	14.3	0.0	0.0	5.3	3.9	57.3	43.6	123.3
2009	81.7	73.0	37.9	24.6	8.8	0.0	4.1	0.0	51.2	10.6	67.4	57.3
2010	147.8	101.1	116.6	5.8	12.2	0.0	0.9	1.3	2.8	46.3	22.2	92.1
PROM	165.2	145.5	119.5	54.6	14.8	6.9	4.9	13.2	36.0	57.0	84.2	129.8

Fuente: Elaboración propio



Cuadro 5-9: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION NUÑO A												
CUENCA : RAMIS					LATITUD 14°29'00"				REGION : PUNO			
CODIGO : 7404					LONGITUD 70°38'00"				PROV : MELGAR			
TIPO : PLU					ALTITUD 4135 msnm				DIST : NUÑO A			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	85.2	111.2	174.6	45.7	31.3	0.0	0.0	0.0	36.0	28.9	62.1	92.7
1965	147.5	114.5	180.4	73.6	0.0	0.0	0.0	2.6	11.1	33.5	80.0	154.4
1966	125.4	117.7	100.9	8.7	36.5	0.0	0.0	0.0	29.9	98.8	79.7	88.8
1967	59.9	122.0	121.6	16.0	13.0	1.8	27.4	38.9	58.0	52.0	47.9	162.0
1968	59.8	29.4	98.7	28.1	3.7	4.7	25.0	34.7	17.0	45.8	157.6	83.6
1969	219.1	212.5	73.8	47.0	2.3	0.0	15.6	7.6	44.2	104.2	27.0	68.6
1970	135.7	141.8	117.9	68.4	24.3	8.9	9.3	0.0	50.6	57.7	19.5	172.8
1971	203.3	181.9	38.9	72.8	9.6	0.0	0.0	8.2	2.0	112.2	111.2	94.6
1972	264.7	98.1	78.0	15.4	5.3	0.0	0.0	18.4	23.0	20.0	47.0	109.1
1973	96.0	126.1	105.4	50.6	0.0	0.0	15.9	29.6	50.1	49.8	31.6	40.4
1974	82.6	154.8	54.3	0.0	6.0	3.5	0.0	61.3	21.1	21.3	5.0	77.0
1975	180.7	143.5	28.8	7.7	8.5	0.0	0.0	0.0	13.3	49.1	31.5	206.6
1976	226.5	144.4	121.8	13.0	34.1	13.9	8.6	17.2	44.3	11.0	51.8	81.8
1977	32.3	96.7	159.9	24.8	26.8	4.5	1.9	0.9	46.0	75.2	99.4	150.0
1978	186.5	206.0	155.9	46.6	20.6	4.6	1.3	0.0	9.5	54.8	95.5	151.5
1979	111.9	148.5	127.7	57.9	0.0	0.0	0.2	2.5	5.2	22.9	32.6	58.7
1980	105.1	162.2	121.9	60.7	2.3	3.8	0.0	0.0	7.0	120.0	83.2	125.5
1981	161.9	182.0	120.4	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	61.4	33.0	65.1
1982	187.2	21.1	90.6	38.7	8.6	0.0	0.0	4.2	40.0	88.8	126.6	84.1
1983	106.0	83.3	59.8	9.8	10.2	0.0	0.0	0.0	8.7	3.2	24.1	3.5
1984	200.3	234.6	174.5	5.7	9.6	0.0	0.0	0.0	2.2	17.3	65.6	130.2
1985	149.3	177.7	138.9	37.1	26.3	0.0	0.0	0.0	33.4	50.5	46.4	49.8
1986	167.0	212.6	238.0	84.6	5.2	8.5	0.0	0.0	16.1	17.9	40.3	103.8
1987	182.4	42.3	13.2	11.7	3.6	5.6	34.4	0.0	0.0	35.0	43.4	30.3
1988	117.2	156.3	245.3	74.2	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3	122.5
1989	54.3	198.2	85.0	32.5	17.0	0.0	0.0	22.8	17.5	134.2	133.6	112.2
1990	182.0	131.1	75.3	10.4	3.6	43.2	0.0	3.9	9.3	99.0	148.2	122.3
1991	124.5	96.0	115.1	40.9	3.8	31.2	8.9	0.0	25.7	89.5	39.1	61.9
1992	178.3	41.2	68.5	15.6	11.5	3.4	3.8	6.4	16.4	39.6	45.4	71.4
1993	158.0	103.7	166.1	33.6	7.0	12.7	2.3	23.1	16.5	76.1	110.2	92.3
1994	168.7	139.8	130.7	39.4	7.0	1.7	2.3	9.0	14.7	52.0	67.1	106.1
1995	131.9	129.3	118.5	21.0	8.3	1.7	2.3	5.4	12.7	44.4	57.2	108.0
1996	149.3	132.5	96.4	39.7	7.9	1.7	7.5	8.5	15.0	37.2	57.4	92.6
1997	166.9	164.5	174.2	40.2	9.5	1.7	2.3	15.6	28.7	48.4	84.8	106.7
1998	135.6	139.2	140.3	23.7	7.0	3.1	2.3	6.6	16.2	66.0	82.7	63.5
1999	129.6	150.0	130.9	74.0	13.2	1.7	4.4	6.4	22.7	59.1	42.7	89.9
2000	158.0	156.3	115.2	20.4	17.8	6.2	13.0	8.7	15.2	76.1	37.4	117.3
2001	180.7	137.8	120.3	24.8	19.1	2.5	9.5	10.0	17.4	50.7	37.8	75.1
2002	147.1	154.5	112.6	52.1	25.3	3.1	23.0	13.8	23.6	76.2	80.2	110.6
2003	139.4	147.3	217.0	32.2	9.7	4.0	2.3	13.2	24.4	40.5	45.6	92.0
2004	171.3	141.1	94.7	31.8	7.7	3.1	7.3	19.0	44.7	37.9	58.0	119.4
2005	118.9	167.7	96.3	30.4	7.0	1.7	2.3	10.3	11.3	87.6	66.8	92.3
2006	160.3	133.8	93.8	22.9	7.0	3.9	2.3	7.3	13.3	54.3	74.4	159.6
2007	122.0	127.2	123.5	47.8	9.2	1.7	9.3	5.4	23.7	41.6	62.5	90.7
2008	151.4	156.0	145.4	39.8	17.4	3.5	13.0	16.4	28.2	62.2	64.1	105.3
2009	147.2	147.8	148.0	28.5	6.6	3.3	1.8	13.9	27.3	47.9	53.8	106.5
2010	149.6	146.2	85.3	30.9	7.2	2.6	5.2	12.7	26.6	58.0	66.2	119.0
PROM	145.1	137.5	119.0	35.0	11.9	4.2	5.6	9.9	22.1	55.5	63.3	100.5

Fuente: Elaboración propio

## 5.2 DEL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN PLUVIOGRAFICA

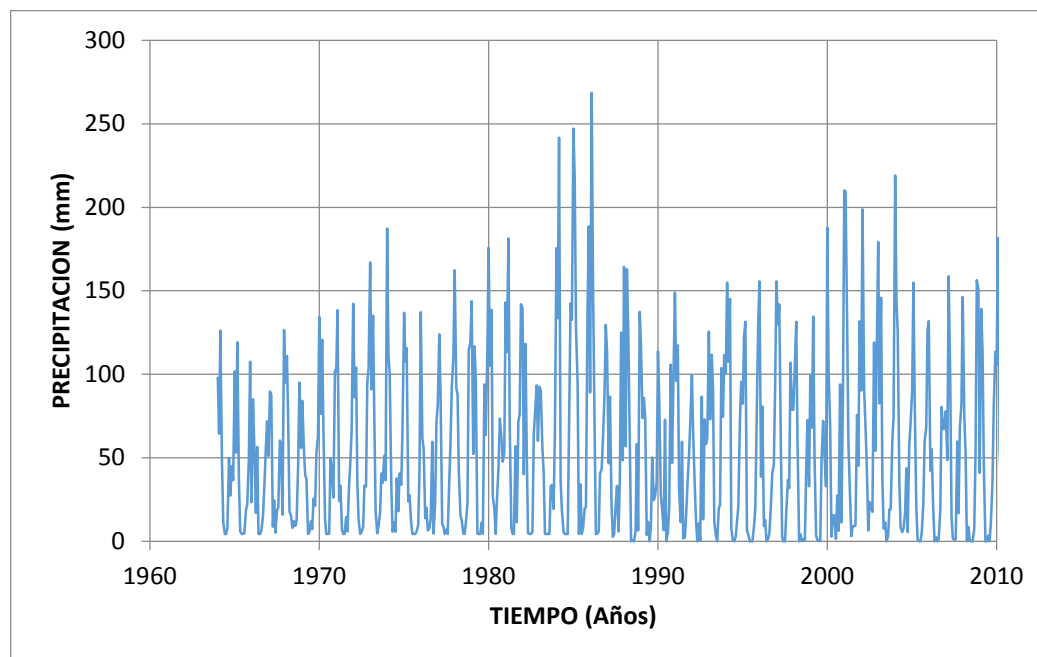
### 5.2.1 Análisis de saltos

Este análisis se realiza para comprobar la homogeneidad de la información histórica registradas en las 09 estaciones, este análisis se realiza para detectar si existen o no saltos en las series históricas de precipitaciones totales mensuales de las estaciones Arapa, Putina, Azángaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa

#### a. Análisis visual de histogramas.

En el grafico 5-1, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la estación Arapa, en ella se puede apreciar que durante el periodo de 1964 al 2010, el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos, con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 268.5 mm; visualmente se puede observar que no hay presencia de saltos; sin embargo, para su verificación se realizara el análisis de doble masa.

**Gráfico 5- 1: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Arapa –Periodo (1964 – 2010).**

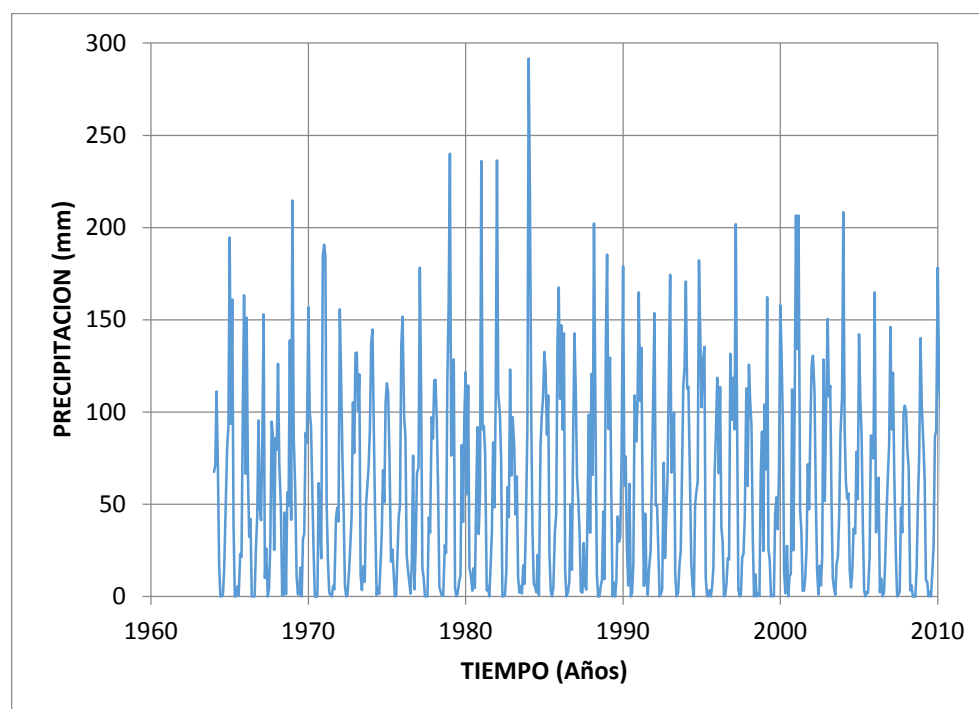


Fuente: Elaboración propia.

En el grafico 5-2, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la

estación Putina, en este grafico se puede apreciar que durante el periodo de 47 años (1964 al 2010), el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos, con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 291.6 mm; visualmente se puede observar en el grafico que no hay presencia de saltos; sin embargo, para su verificación se debe realizar el análisis de doble masa.

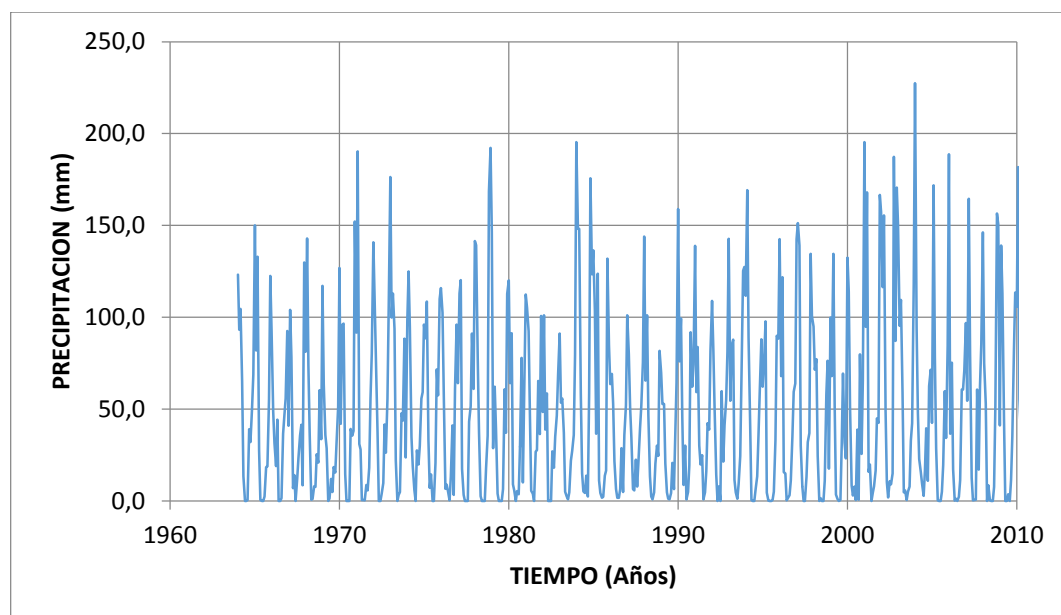
**Gráfico 5- 2: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Putina –Periodo (1964 – 2010).**



Fuente: Elaboración propia

En el grafico 5-3, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la estación Azángaro, en este grafico se puede apreciar que durante el periodo de 1964 al 2010, el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos, con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 227.4 mm; visualmente se puede observar en el grafico que no hay presencia de saltos significativos; sin embargo, para su verificación se debe realizar el análisis de doble masa.

**Gráfico 5- 3: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Azángaro –Periodo (1964 – 2010).**

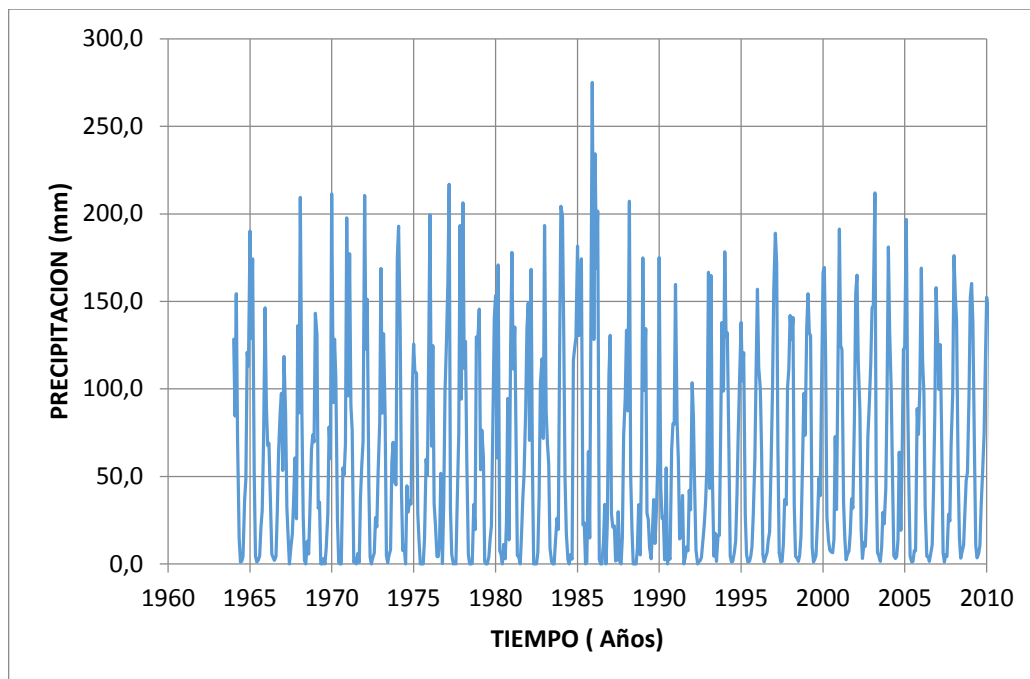


Fuente: Elaboración propia

En el grafico 5-4, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la estación Orurillo, en ella se puede apreciar que durante el periodo de 1964 al 2010, el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos, con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 275.1 mm; visualmente se puede apreciar el grafico que no hay presencia de saltos; sin embargo, para su verificación se debe realizar el análisis de doble masa.

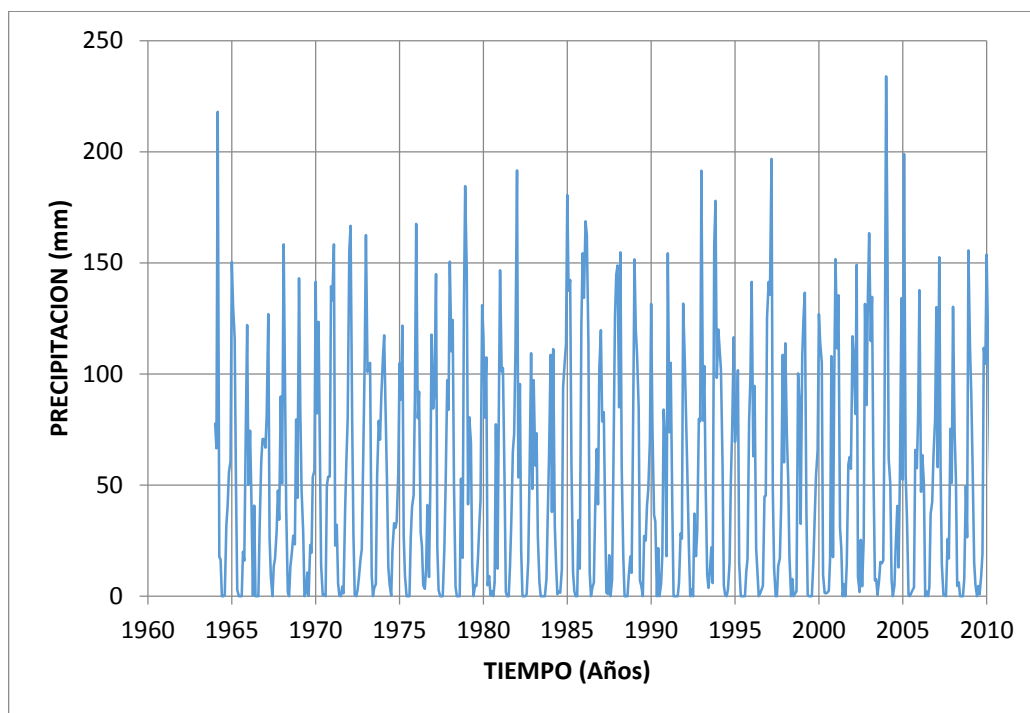
En el grafico 5-5, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la estación Progreso, en ella se puede apreciar que durante el periodo de 47 años (1964 al 2010), el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos, con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 234.0 mm; visualmente se puede observar en el grafico que no hay presencia de saltos; para su verificación se realizara el análisis de doble masa y el análisis estadístico.

**Gráfico 5- 4: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Orurillo –Periodo (1964 – 2010).**



Fuente: Elaboración propia

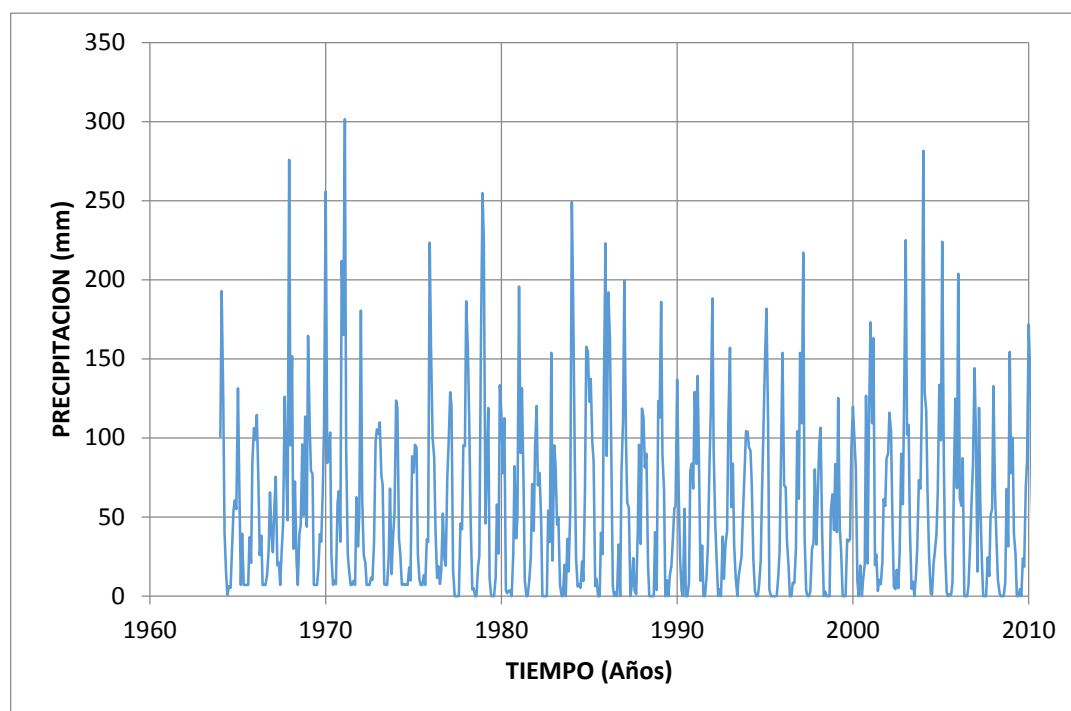
**Gráfico 5- 5: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Progreso –Periodo (1964 – 2010).**



Fuente: Elaboración propia

En el grafico 5-6, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la Estación Muñani, en este grafico se puede apreciar que durante el periodo de 47 años (1964 al 2010), el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 301.6 mm; visualmente se puede observar en el grafico que no hay presencia de saltos; para su verificación se realizara el análisis de doble masa y el análisis estadístico.

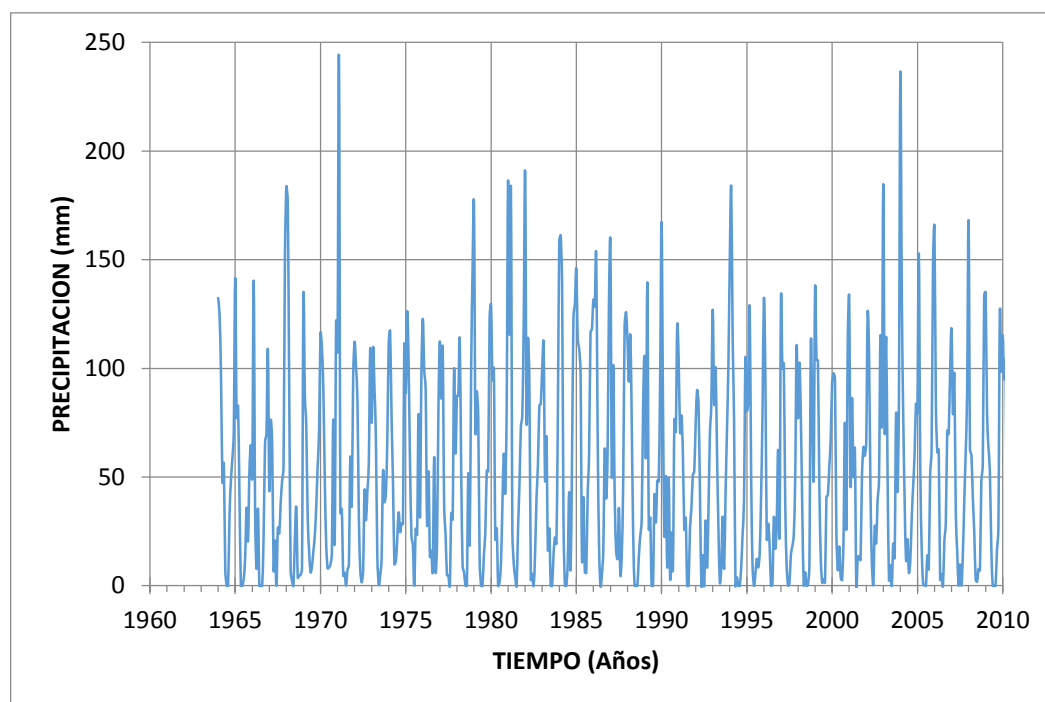
**Gráfico 5- 6: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Muñani –Periodo (1964 – 2010).**



Fuente: Elaboración propia

En el grafico 5-7, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la estación Ananea, en ella se puede apreciar que durante el periodo de 47 años(1964 al 2010), el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos, con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 244.1 mm; visualmente se puede observar que no hay presencia de saltos; sin embargo, para su verificación se debe realizar el análisis de doble masa.

**Gráfico 5- 7: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Ananea –Periodo (1964 – 2010)**

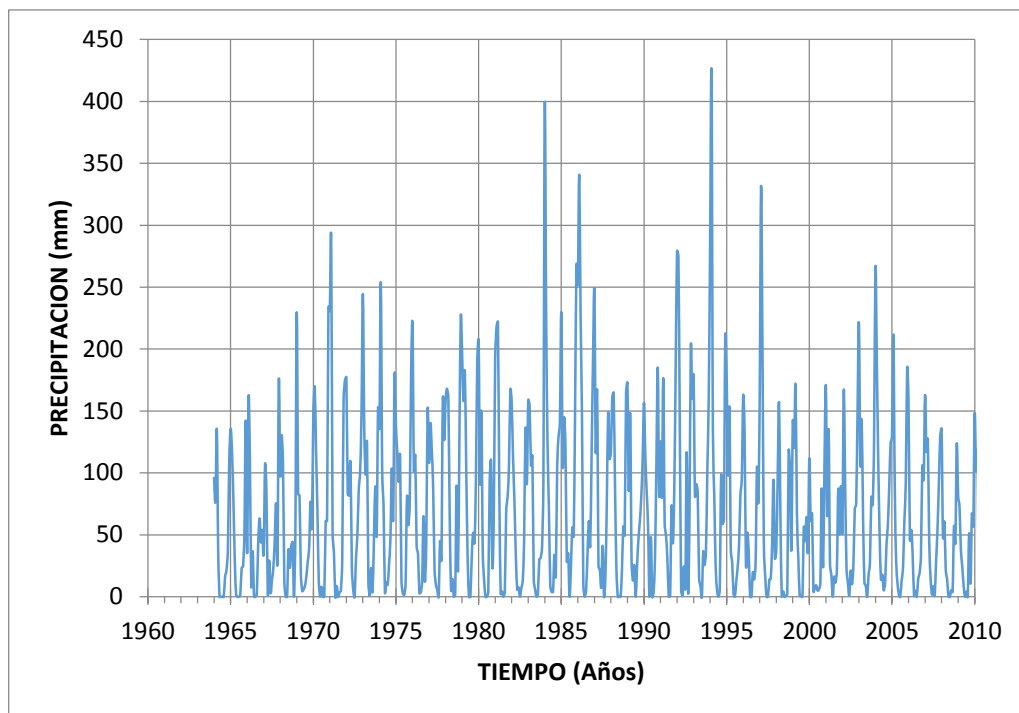


Fuente: Elaboración propia

En el grafico 5-8, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la estación Crucero, en este grafico se puede apreciar visualmente que durante el periodo de 47 años (1964 al 2010), el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos, con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 423.2 mm; no hay presencia de saltos significativos; sin embargo, para su verificación se realizara el análisis de doble masa

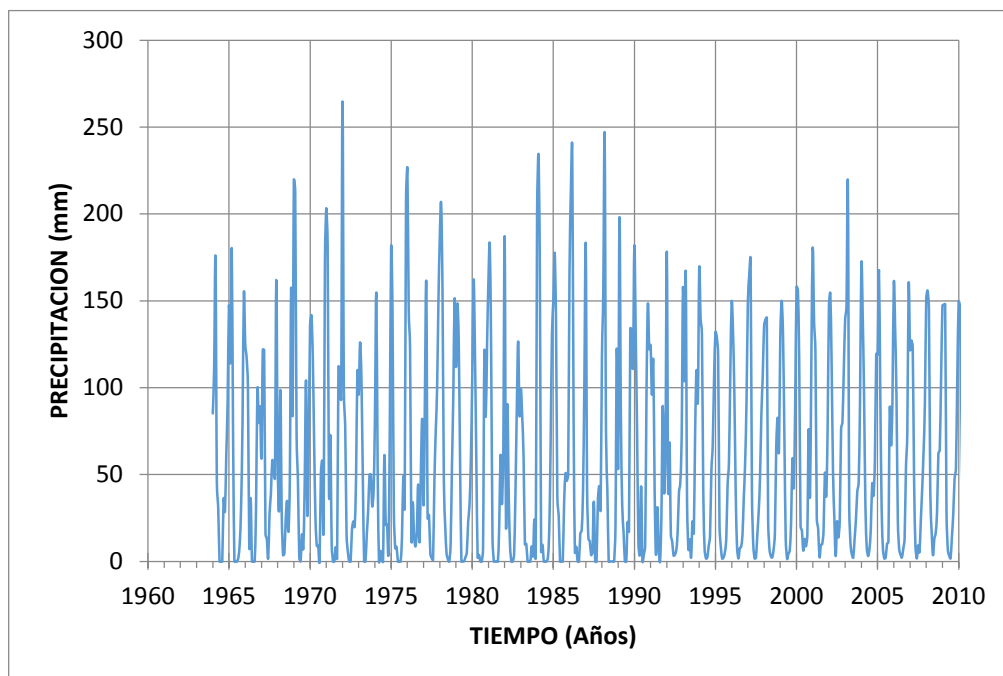
En el grafico 5-9, se presenta el histograma de precipitación total mensual de la estación Nuñoa, en ella se puede apreciar que durante el periodo de 1964 al 2010, 47 años de registro, el comportamiento de las precipitaciones totales mensuales son homogéneos, con un mínimo de 0.0 mm y un máximo de 264.76 mm; visualmente se puede observar que no hay presencia de saltos; sin embargo, para su verificación se debe realizar el análisis de doble masa y el análisis estadístico.

**Gráfico 5- 8: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Crucero –Periodo (1964 – 2010)**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 5- 9: Serie de Tiempo de precipitación total mensual (mm) – Estación Nuñoa –Periodo (1964 – 2010)**



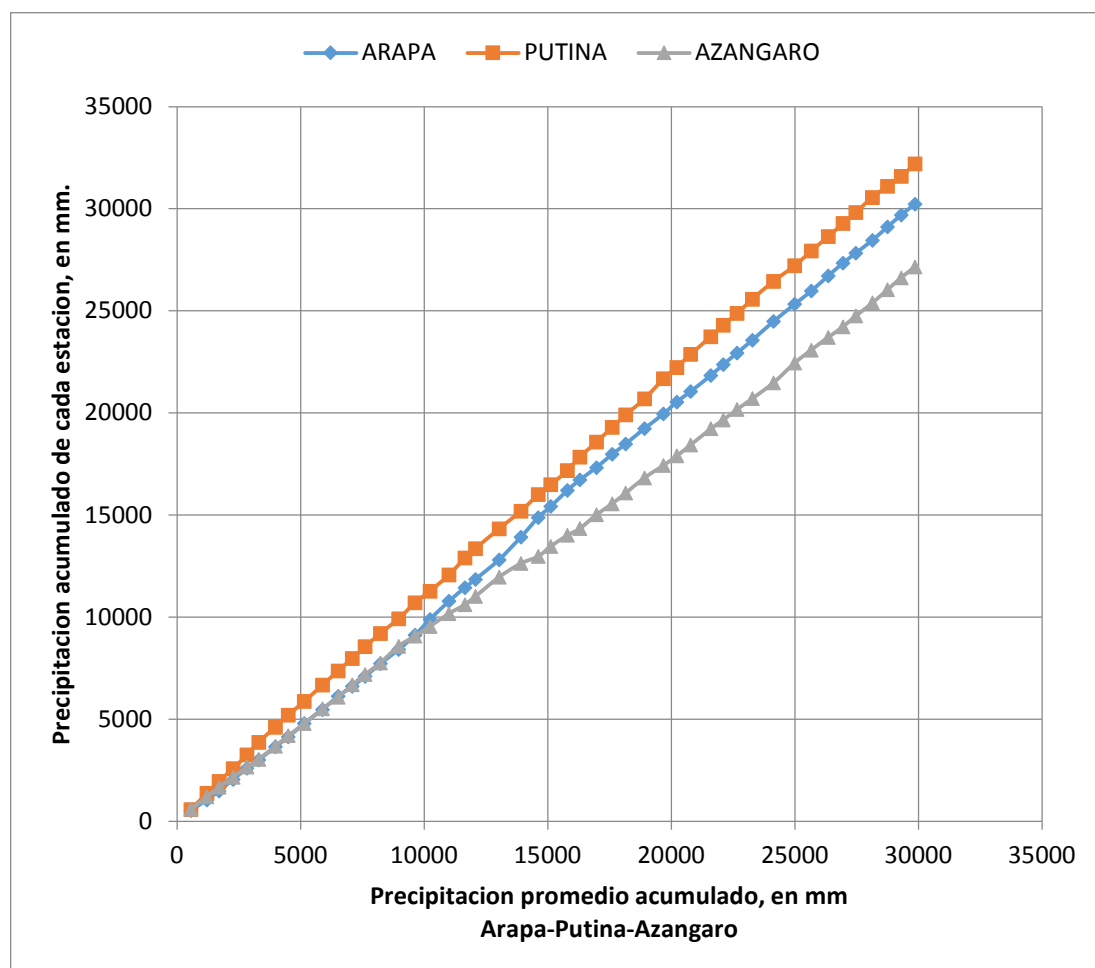
Fuente: Elaboración propia.



**b. Análisis de doble masa.**

En el cuadro 5-10, se presentan los datos de precipitación total anual acumulada del Grupo 1: Arapa, Putina y Azángaro y la información de precipitación total anual acumulado de cada estación. En el gráfico 4-10 se muestran los diagramas de doble masa, de las series históricas de las precipitaciones totales mensuales de las 03 estaciones estudiadas; en ellas se puede apreciar que las líneas de doble masa de las tres estaciones no presentan quiebres significativos; en consecuencia se puede afirmar que los registros históricos de precipitaciones totales mensuales de las estaciones: Arapa, Putina y Azángaro son consistentes, en consecuencia, no es necesario realizar el análisis estadístico.

**Gráfico 5- 10: Diagrama de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 1: Arapa, Putina y Azángaro**



Fuente: Elaboración propia

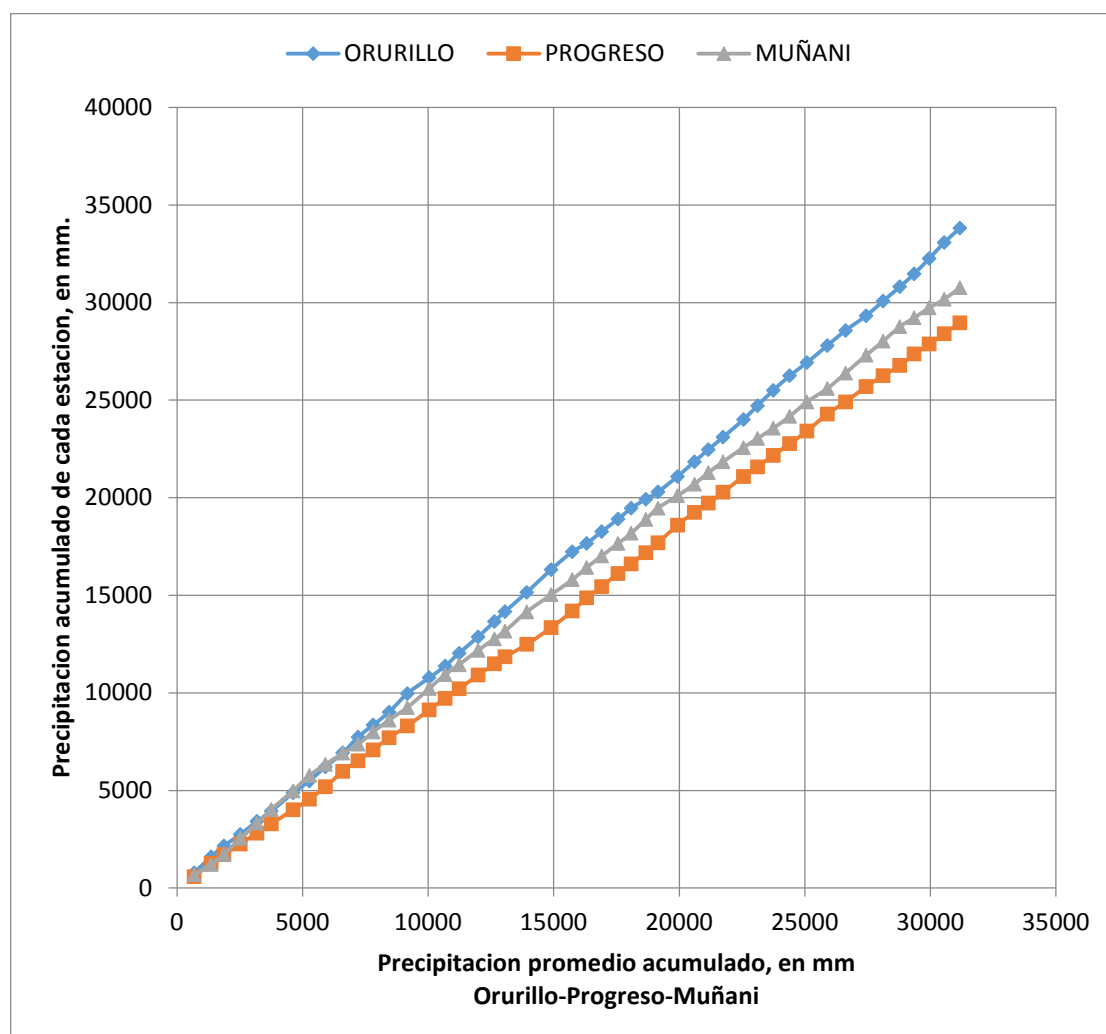
**Cuadro 5-10: Análisis de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 1: Arapa, Putina y Azángaro.**

PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm)				PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADO (mm)			
AÑO	ARAPA	PUTINA	AZANGARO	PROMEDIO	ARAPA	PUTINA	AZANGARO
1964	524.5	574.0	590.2	562.9	524.5	574.0	590.2
1965	528.5	802.4	610.9	1210.2	1053.0	1376.4	1201.1
1966	427.5	571.2	469.4	1699.5	1480.5	1947.6	1670.5
1967	566.6	641.9	495.6	2267.6	2047.1	2589.5	2166.1
1968	548.0	659.2	492.8	2834.2	2595.1	3248.7	2658.9
1969	408.0	622.5	380.9	3304.7	3003.1	3871.2	3039.8
1970	644.4	739.7	641.5	3979.9	3647.5	4610.9	3681.3
1971	480.2	586.6	510.9	4505.8	4127.7	5197.5	4192.2
1972	662.9	675.1	599.7	5151.7	4790.6	5872.6	4791.9
1973	679.8	795.3	716.8	5882.3	5470.4	6667.9	5508.7
1974	653.0	704.0	569.7	6524.6	6123.4	7371.9	6078.4
1975	493.2	610.8	607.9	7095.2	6616.6	7982.7	6686.3
1976	475.7	573.4	512.2	7615.6	7092.3	8556.1	7198.5
1977	625.9	645.5	565.4	8227.9	7718.2	9201.6	7763.9
1978	691.1	723.4	812.8	8970.3	8409.3	9925.0	8576.7
1979	708.1	772.5	497.9	9629.8	9117.4	10697.5	9074.6
1980	776.9	577.1	473.7	10239.1	9894.3	11274.6	9548.3
1981	882.3	794.5	623.8	11005.9	10776.6	12069.1	10172.1
1982	670.3	824.2	442.3	11651.5	11446.9	12893.3	10614.4
1983	402.8	466.7	396.3	12073.5	11849.7	13360.0	11010.7
1984	963.3	967.1	948.6	13033.1	12813.0	14327.1	11959.3
1985	1104.0	866.5	666.9	13912.3	13917.0	15193.6	12626.2
1986	959.9	804.4	345.6	14615.6	14876.9	15998.0	12971.8
1987	549.2	489.2	497.4	15127.5	15426.1	16487.2	13469.2
1988	780.6	699.4	536.1	15799.5	16206.7	17186.6	14005.3
1989	514.1	658.8	334.4	16302.0	16720.8	17845.4	14339.7
1990	606.5	723.3	672.5	16969.4	17327.3	18568.7	15012.2
1991	645.7	731.2	542.1	17609.1	17973.0	19299.9	15554.3
1992	514.0	610.8	522.1	18158.0	18487.0	19910.7	16076.4
1993	748.6	777.0	742.2	18914.0	19235.6	20687.7	16818.6
1994	720.4	985.9	615.4	19687.9	19956.0	21673.6	17434.0
1995	585.8	556.4	460.1	20222.0	20541.8	22230.0	17894.1
1996	506.1	641.6	538.3	20784.0	21047.9	22871.6	18432.4
1997	796.0	869.1	795.9	21604.3	21843.9	23740.7	19228.3
1998	532.0	552.0	432.7	22109.9	22375.9	24292.7	19661.0
1999	565.3	585.6	514.3	22664.9	22941.2	24878.3	20175.3
2000	622.8	690.8	527.6	23278.7	23564.0	25569.1	20702.9
2001	917.3	880.3	777.0	24136.9	24481.3	26449.4	21479.9
2002	847.8	760.4	970.3	24996.4	25329.1	27209.8	22450.2
2003	641.0	720.2	630.8	25660.4	25970.1	27930.0	23081.0
2004	740.9	705.2	621.1	26349.4	26711.0	28635.2	23702.1
2005	633.1	651.7	524.9	26952.7	27344.1	29286.9	24227.0
2006	486.4	537.0	525.3	27468.9	27830.5	29823.9	24752.3
2007	630.3	736.6	636.7	28136.8	28460.8	30560.5	25389.0
2008	650.2	542.1	650.2	28750.9	29111.0	31102.6	26039.2
2009	583.5	486.9	583.5	29302.2	29694.5	31589.5	26622.7
2010	534.7	609.9	534.7	29862.0	30229.2	32199.4	27157.4

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-11, se presentan los datos de precipitación total anual acumulada del Grupo 2: Orurillo, Progreso y Muñani, y la información de precipitación total anual acumulado de cada estación. En el gráfico 4-11 se muestran los diagramas de doble masa, de las series históricas de las precipitaciones totales mensuales de las estaciones estudiadas; en ellas se puede observar que las líneas de doble masa de las tres estaciones estudiadas no presentan quiebres significativos; en consecuencia se puede afirmar que los registros históricos de precipitaciones totales mensuales de las estaciones Orurillo, Progreso y Muñani son consistentes; no es necesario realizar el análisis estadístico.

**Gráfico 5- 11: Diagrama de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 2: Orurillo, Progreso y Muñani.**



Fuente: Elaboración propia

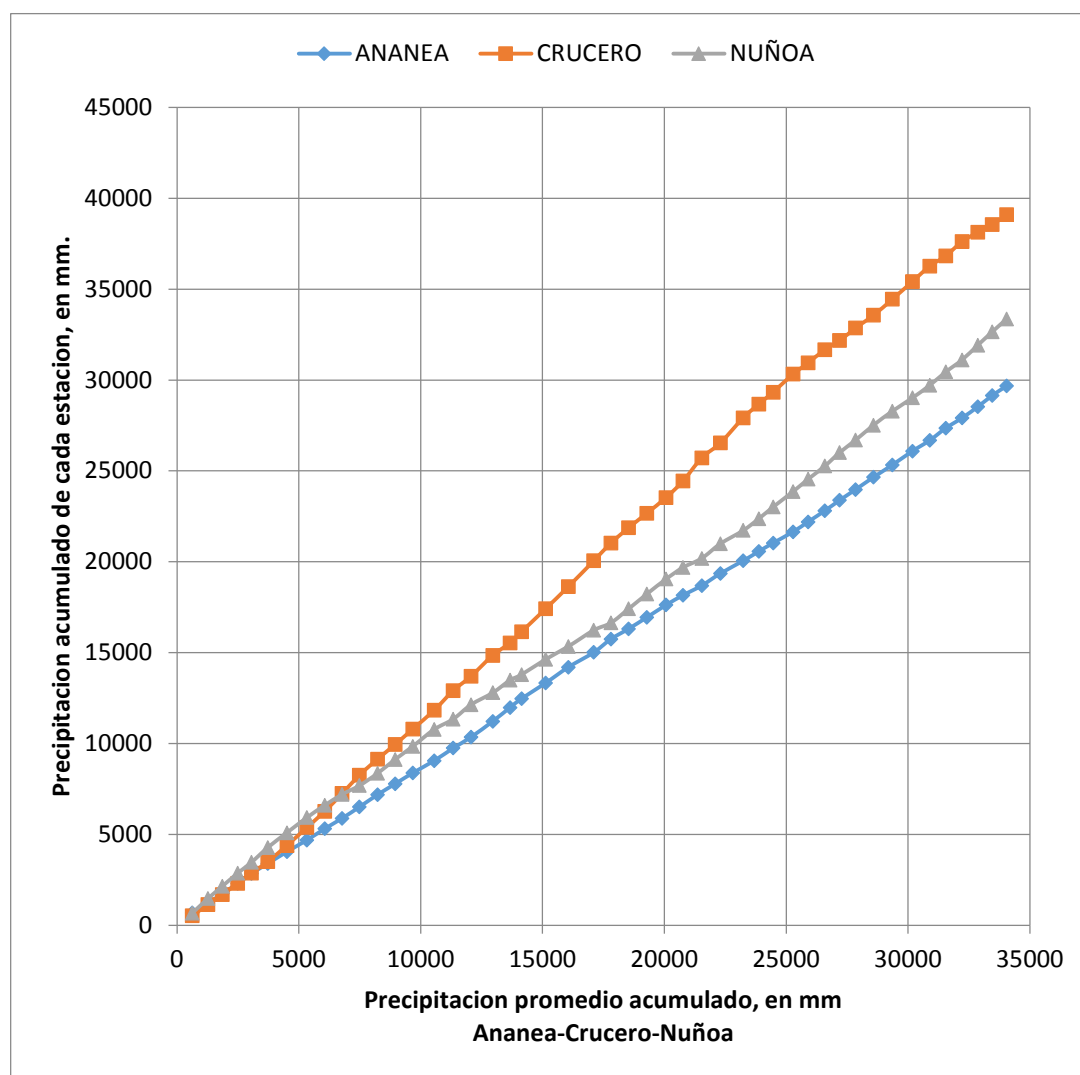
**Cuadro 5-11: Análisis de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 2: Orurillo, Progreso y Muñani.**

PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm)				PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADO (mm)			
AÑO	ORURILLO	PROGRESO	MUÑANI	PROMEDIO	ORURILLO	PROGRESO	MUÑANI
1964	778.8	586.0	682.8	682.5	778.8	586.0	682.8
1965	823.1	687.1	528.3	1362.0	1601.9	1273.1	1211.1
1966	552.4	445.2	516.3	1866.7	2154.3	1718.3	1727.4
1967	591.9	541.0	818.7	2517.2	2746.2	2259.3	2546.1
1968	668.2	555.9	767.4	3181.0	3414.4	2815.2	3313.5
1969	521.8	468.2	715.4	3749.5	3936.2	3283.4	4028.9
1970	936.3	727.3	952.8	4621.6	4872.5	4010.7	4981.7
1971	616.0	537.8	780.6	5266.4	5488.5	4548.5	5762.3
1972	724.4	639.9	568.7	5910.8	6212.9	5188.4	6331.0
1973	709.3	784.2	575.1	6600.3	6922.2	5972.6	6906.1
1974	807.6	552.4	458.9	7206.6	7729.8	6525.0	7365.0
1975	629.7	553.3	632.1	7811.6	8359.5	7078.3	7997.1
1976	655.6	626.7	612.3	8443.2	9015.1	7705.0	8609.4
1977	942.7	598.9	640.9	9170.7	9957.8	8303.9	9250.3
1978	819.9	823.8	973.4	10043.0	10777.7	9127.7	10223.7
1979	593.3	583.6	709.4	10671.8	11371.0	9711.3	10933.1
1980	668.2	498.9	512.2	11231.6	12039.2	10210.2	11445.3
1981	833.2	698.7	741.4	11989.3	12872.4	10908.9	12186.7
1982	784.2	588.7	581.8	12640.9	13656.6	11497.6	12768.5
1983	514.6	355.1	399.9	13064.1	14171.2	11852.7	13168.4
1984	978.6	631.1	982.1	13928.0	15149.8	12483.8	14150.5
1985	1169.7	856.0	880.2	14896.7	16319.5	13339.8	15030.7
1986	912.2	848.9	768.9	15740.0	17231.7	14188.7	15799.6
1987	420.8	677.9	621.5	16313.4	17652.5	14866.6	16421.1
1988	609.5	569.5	589.4	16902.9	18262.0	15436.1	17010.5
1989	635.6	687.1	643.5	17558.3	18897.6	16123.2	17654.0
1990	561.9	493.1	522.9	18084.2	19459.5	16616.3	18176.9
1991	465.5	565.8	710.0	18664.7	19925.0	17182.1	18886.9
1992	372.1	503.4	583.6	19151.0	20297.1	17685.5	19470.5
1993	793.2	912.2	632.2	19930.2	21090.3	18597.7	20102.7
1994	755.5	658.8	591.9	20599.0	21845.8	19256.5	20694.6
1995	615.0	469.9	587.6	21156.5	22460.8	19726.4	21282.2
1996	642.1	555.6	558.5	21741.9	23102.9	20282.0	21840.7
1997	906.2	812.6	728.3	22557.6	24009.1	21094.6	22569.0
1998	704.4	489.0	467.6	23111.2	24713.5	21583.6	23036.6
1999	781.8	581.2	520.3	23739.0	25495.3	22164.8	23556.9
2000	754.3	604.5	614.5	24396.8	26249.6	22769.3	24171.4
2001	674.3	649.9	738.9	25084.5	26923.9	23419.2	24910.3
2002	878.0	873.4	686.3	25897.0	27801.9	24292.6	25596.6
2003	772.2	622.3	794.8	26626.8	28574.1	24914.9	26391.4
2004	754.9	783.2	909.5	27442.7	29329.0	25698.1	27300.9
2005	751.0	555.0	721.3	28118.4	30080.0	26253.1	28022.2
2006	726.9	527.3	737.0	28782.2	30806.9	26780.4	28759.2
2007	666.8	584.7	461.2	29353.1	31473.7	27365.1	29220.4
2008	783.4	505.8	510.8	29953.1	32257.1	27870.9	29731.2
2009	817.9	533.4	444.7	30551.7	33074.9	28404.3	30175.9
2010	741.5	550.6	587.1	31178.1	33816.5	28954.9	30763.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-12, se presentan los datos de precipitación total anual acumulada del Grupo 3: Ananea, Crucero y Nuñoa, y la información de precipitación total anual acumulado de cada estación. En el gráfico 4-12 se muestran los diagramas de doble masa, de las series históricas de las precipitaciones totales mensuales de las estaciones estudiadas; en ellas se puede observar que las líneas de doble masa de las tres estaciones estudiadas no presentan quiebres significativos; en consecuencia se puede afirmar que los registros históricos de precipitaciones totales mensuales de las estaciones Ananea, Crucero y Nuñoa son consistentes, y homogéneos, no es necesario realizar el análisis estadístico.

**Gráfico 5- 12: Diagrama de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 3: Ananea, Crucero y Nuñoa.**



Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 5-12: Análisis de doble masa de precipitación total anual de las estaciones del Grupo 3: Ananea, Crucero y Nuñoa.**

PRECIPITACION TOTAL ANUAL (mm)				PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADO (mm)			
AÑO	ANANEA	CRUCERO	NUÑO A	PROMEDIO	ANANEA	CRUCERO	NUÑO A
1964	675.4	527.9	667.7	623.7	675.4	527.9	667.7
1965	533.4	604.3	797.6	1268.8	1208.8	1132.2	1465.3
1966	536.1	557.0	686.4	1861.9	1744.9	1689.2	2151.7
1967	558.0	621.4	720.5	2495.2	2302.9	2310.6	2872.2
1968	538.2	547.9	588.1	3053.3	2841.1	2858.5	3460.3
1969	558.0	649.5	821.9	3729.8	3399.1	3508.0	4282.2
1970	644.0	880.8	806.9	4507.0	4043.1	4388.8	5089.1
1971	641.6	987.0	834.7	5328.1	4684.7	5375.8	5923.8
1972	628.4	896.1	679.0	6062.6	5313.1	6271.9	6602.8
1973	573.0	976.0	595.5	6777.4	5886.1	7247.9	7198.3
1974	622.2	1010.0	486.9	7483.8	6508.3	8257.9	7685.2
1975	673.2	881.9	669.7	8225.4	7181.5	9139.8	8354.9
1976	596.2	802.8	768.4	8947.9	7777.7	9942.6	9123.3
1977	603.0	852.6	718.4	9672.5	8380.7	10795.2	9841.7
1978	672.2	1031.0	932.8	10551.2	9052.9	11826.2	10774.5
1979	693.0	1082.7	568.1	11332.5	9745.9	12908.9	11342.6
1980	605.9	790.8	791.7	12061.9	10351.8	13699.7	12134.3
1981	869.2	1149.2	658.6	12954.3	11221.0	14848.9	12792.9
1982	758.6	682.9	689.9	13664.7	11979.6	15531.8	13482.8
1983	487.3	615.9	308.6	14135.3	12466.9	16147.7	13791.4
1984	861.4	1265.2	840.0	15124.2	13328.3	17412.9	14631.4
1985	869.0	1215.6	709.4	16055.5	14197.3	18628.5	15340.8
1986	817.6	1422.6	894.0	17100.3	15014.9	20051.1	16234.8
1987	729.1	975.7	401.9	17802.5	15744.0	21026.8	16636.7
1988	570.0	845.0	776.4	18533.0	16314.0	21871.8	17413.1
1989	623.7	794.1	807.3	19274.7	16937.7	22665.9	18220.4
1990	683.6	865.6	828.3	20067.2	17621.3	23531.5	19048.7
1991	536.7	910.3	636.6	20761.7	18158.0	24441.8	19685.3
1992	532.3	1270.7	501.5	21529.9	18690.3	25712.5	20186.8
1993	662.5	821.5	801.6	22291.7	19352.8	26534.0	20988.4
1994	703.8	1389.1	738.5	23235.5	20056.6	27923.1	21726.9
1995	514.3	753.7	640.7	23871.8	20570.9	28676.8	22367.6
1996	462.7	652.0	645.7	24458.6	21033.6	29328.8	23013.3
1997	610.2	990.3	843.5	25273.2	21643.8	30319.1	23856.8
1998	551.3	619.0	686.2	25892.1	22195.1	30938.1	24543.0
1999	614.1	733.7	724.6	26582.9	22809.2	31671.8	25267.6
2000	576.1	500.8	741.6	27189.0	23385.3	32172.6	26009.2
2001	590.6	690.8	685.7	27844.7	23975.9	32863.4	26694.9
2002	675.5	698.5	822.1	28576.8	24651.4	33561.9	27517.0
2003	676.0	881.6	767.6	29351.8	25327.4	34443.5	28284.6
2004	763.1	980.1	736.0	30178.2	26090.5	35423.6	29020.6
2005	593.2	847.7	692.6	30889.4	26683.7	36271.3	29713.2
2006	669.4	562.0	732.9	31544.2	27353.1	36833.3	30446.1
2007	559.8	782.1	664.6	32213.0	27912.9	37615.4	31110.7
2008	613.9	513.8	802.8	32856.5	28526.8	38129.2	31913.5
2009	616.1	416.6	732.6	33444.9	29142.9	38545.8	32646.1
2010	528.7	549.1	709.4	34040.7	29671.6	39094.9	33355.5

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 DE LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADA.

#### 5.3.1 De la estimación de los parámetros de la distribución Gamma.

Como el cálculo del Índice de Precipitación Estandarizada se basa en un ajuste a la función de densidad de probabilidades Gamma para una distribución de frecuencias dada de valores de precipitación en una estación determinada. Los parámetros alfa y beta de la función de densidad de probabilidad de Gamma son estimados mediante el método de momentos descritos en el capítulo anterior para las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, para escala de tiempo de un mes. Los parámetros alfa y beta de las estaciones en estudio se presentan en los cuadros 5-13 al 5-21.

Cuadro 5-13: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Arapa.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	223.33	213.01	213.60	158.72	78.66	35.62	-5.28	66.12	128.93	170.84	185.96	207.23
$\sum \ln(x)/N$	4.75	4.53	4.54	3.38	1.67	0.76	-0.11	1.41	2.74	3.63	3.96	4.41
$\ln(\bar{x})$	4.84	4.64	4.65	3.81	2.52	2.09	1.63	2.57	3.22	3.85	4.15	4.50
A	0.09	0.11	0.10	0.43	0.85	1.33	1.74	1.16	0.48	0.22	0.19	0.09
$\alpha$	5.91	4.81	5.07	1.32	0.72	0.50	0.40	0.56	1.19	2.46	2.73	5.76
$\beta$	21.36	21.51	20.58	34.13	17.25	16.03	12.64	23.31	20.96	19.16	23.29	15.61

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4-14: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Putina.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	231.86	215.40	213.45	171.69	62.99	-57.39	-37.86	30.06	135.83	176.50	195.80	211.04
$\sum \ln(x)/N$	4.93	4.58	4.54	3.65	1.34	-1.22	-0.81	0.64	2.89	3.76	4.17	4.49
$\ln(\bar{x})$	5.00	4.64	4.61	3.92	2.44	1.66	1.46	2.22	3.37	3.93	4.32	4.57
A	0.07	0.06	0.07	0.26	1.10	2.88	2.26	1.58	0.48	0.18	0.15	0.08
$\alpha$	7.71	8.58	7.24	2.06	0.58	0.28	0.33	0.44	1.18	3.00	3.41	6.53
$\beta$	19.25	12.10	13.90	24.37	19.80	18.91	12.95	21.14	24.82	16.99	22.07	14.78

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-15: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Azángaro.

Parametro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	220.77	210.04	205.14	152.89	40.52	-58.18	-76.83	26.10	128.06	166.08	186.32	206.72
$\sum \ln(x)/N$	4.70	4.47	4.36	3.25	0.86	-1.24	-1.63	0.56	2.72	3.53	3.96	4.40
$\ln(\bar{x})$	4.77	4.55	4.46	3.63	2.10	1.19	0.83	2.13	3.09	3.76	4.14	4.50
A	0.08	0.09	0.09	0.38	1.24	2.43	2.46	1.57	0.37	0.23	0.18	0.10
$\alpha$	6.73	6.01	5.54	1.47	0.53	0.31	0.31	0.44	1.50	2.33	2.95	5.02
$\beta$	17.59	15.82	15.56	25.65	15.32	10.43	7.32	19.11	14.70	18.47	21.38	17.95

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-16: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Orurillo.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	234.87	221.45	221.21	179.72	70.80	-15.53	-28.59	50.20	133.99	158.39	190.72	215.94
$\sum \ln(x)/N$	5.00	4.71	4.71	3.82	1.51	-0.33	-0.61	1.07	2.85	3.37	4.06	4.59
$\ln(\bar{x})$	5.03	4.80	4.80	4.01	2.15	1.59	1.22	2.00	3.24	3.78	4.23	4.66
A	0.03	0.09	0.10	0.19	0.65	1.92	1.83	0.93	0.39	0.41	0.17	0.06
$\alpha$	16.58	5.87	5.30	2.82	0.91	0.38	0.39	0.67	1.42	1.36	3.02	7.92
$\beta$	9.20	20.68	23.00	19.62	9.43	12.99	8.68	10.99	18.07	32.31	22.80	13.33

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-17: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Progreso.

Parametro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	226.24	212.74	212.52	162.33	34.47	-112.64	-83.72	-30.15	116.96	169.99	188.29	209.42
$\sum \ln(x)/N$	4.81	4.53	4.52	3.45	0.73	-2.40	-1.78	-0.64	2.49	3.62	4.01	4.46
$\ln(\bar{x})$	4.87	4.59	4.61	3.74	2.04	0.42	1.06	1.77	3.03	3.85	4.18	4.54
A	0.05	0.07	0.09	0.29	1.31	2.81	2.85	2.41	0.54	0.23	0.18	0.08
$\alpha$	9.72	7.66	5.77	1.88	0.51	0.28	0.28	0.32	1.08	2.31	3.00	6.15
$\beta$	13.35	12.90	17.44	22.54	15.24	5.38	10.34	18.45	19.13	20.37	21.81	15.21

Fuente: Elaboración propia



Cuadro 5-18: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Muñani.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	228.91	215.84	204.24	167.12	31.50	-27.78	-65.70	-8.24	103.85	166.27	186.31	210.85
$\sum \ln(x)/N$	4.87	4.59	4.35	3.56	0.67	-0.59	-1.40	-0.18	2.21	3.54	3.96	4.49
$\ln(\bar{x})$	4.95	4.70	4.48	3.82	2.28	1.77	1.59	2.19	3.24	3.83	4.18	4.64
A	0.08	0.11	0.13	0.26	1.61	2.36	2.99	2.37	1.03	0.29	0.21	0.15
$\alpha$	6.47	4.63	3.90	2.06	0.43	0.32	0.27	0.32	0.62	1.86	2.50	3.51
$\beta$	21.81	23.85	22.63	22.03	22.76	18.25	18.12	27.97	41.23	24.80	26.08	29.32

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-19: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Ananea.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	224.38	215.60	208.50	172.37	88.57	-20.47	-35.42	43.41	138.42	173.17	186.04	209.43
$\sum \ln(x)/N$	4.77	4.59	4.44	3.67	1.88	-0.44	-0.75	0.92	2.95	3.68	3.96	4.46
$\ln(\bar{x})$	4.83	4.64	4.51	3.80	2.76	1.98	1.76	2.65	3.18	3.83	4.09	4.54
A	0.06	0.05	0.08	0.14	0.88	2.41	2.51	1.72	0.24	0.14	0.14	0.08
$\alpha$	9.15	9.57	6.70	3.85	0.70	0.32	0.31	0.41	2.25	3.69	3.84	6.20
$\beta$	13.68	10.82	13.61	11.65	22.50	22.82	18.88	34.48	10.74	12.44	15.62	15.10

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-20: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Crucero.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	233.92	228.03	220.94	173.22	85.13	-11.19	-79.79	52.16	146.97	184.06	194.12	223.50
$\sum \ln(x)/N$	4.98	4.85	4.70	3.69	1.81	-0.24	-1.70	1.11	3.13	3.92	4.13	4.76
$\ln(\bar{x})$	5.11	4.98	4.78	4.00	2.70	1.94	1.60	2.58	3.58	4.04	4.43	4.87
A	0.13	0.13	0.08	0.31	0.89	2.17	3.29	1.47	0.46	0.13	0.30	0.11
$\alpha$	3.99	4.05	6.23	1.74	0.70	0.34	0.25	0.46	1.24	4.11	1.80	4.67
$\beta$	41.37	35.97	19.19	31.33	21.20	20.24	19.55	28.62	29.10	13.85	46.72	27.79

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-21: Resultados de los parámetros de la distribución Gamma – Estación Nuñoa.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$\sum \ln(x)$	230.88	227.47	219.67	151.10	80.66	-30.28	-28.37	11.92	122.58	173.23	187.63	211.35
$\sum \ln(x)/N$	4.91	4.84	4.67	3.21	1.72	-0.64	-0.60	0.25	2.61	3.69	3.99	4.50
$\ln(\bar{x})$	4.98	4.92	4.78	3.56	2.48	1.44	1.73	2.29	3.10	4.02	4.15	4.61
A	0.06	0.08	0.11	0.34	0.76	2.08	2.33	2.04	0.49	0.33	0.16	0.11
$\alpha$	7.88	6.12	4.90	1.62	0.80	0.35	0.32	0.36	1.17	1.66	3.36	4.58
$\beta$	18.41	22.46	24.31	21.62	14.96	11.89	17.37	27.52	18.97	33.42	18.85	21.93

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2 De la estimación del Índice de Precipitación Estandarizada.

La función gamma está definido para valores mayores a cero; sin embargo los registros de precipitación en las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoapueden contienen valores igual a cero, más aun en zonas donde se presenta fenómenos de sequía es decir, si en un registro de precipitaciones se presenta un valor cero, la probabilidad acumulada de que se presente dicho valor según la función gamma es cero, lo cual no es correcto; entonces la probabilidad acumulada de que se presente un valor de precipitaciones igual a cero se describe en la metodología.

Para cada estación, determina el valor de  $Z$  de la función de distribución Normal con media cero y varianza de uno para la probabilidad acumulada calculada. Los valores de  $Z$  encontrados para las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa son los valores de los Índices de Precipitación Estandarizado (IPE), gracias a este ajuste para las nueve estaciones consideradas en la investigación, el valor medio o el valor normal es el valor de cero. Los valores positivos y negativos indican que las precipitaciones son respectivamente, mayores o menores que la media.

En los cuadros 5-22 al 5-30, se presentan los resultados de los valores de IPE mensual para la serie histórica de 47 años de las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa

Cuadro 5-22: Índice de precipitación Estandarizada – Estación Arapa.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-0.45	-0.81	0.59	0.38	0.34	0.10	0.44	0.14	1.14	-0.56	-0.33	-1.72
1965	-0.36	-1.16	0.46	0.07	-0.14	0.10	0.44	-0.17	0.02	-0.82	-0.20	0.58
1966	-3.05	-0.26	-1.09	-0.64	2.05	0.10	0.44	-0.01	-0.20	-0.38	-0.02	-0.37
1967	-1.76	-0.15	-0.22	-1.15	1.03	0.20	1.53	0.79	1.41	0.52	-1.64	1.00
1968	-0.52	0.31	-0.67	-0.61	0.56	0.48	1.13	0.21	-0.38	0.16	0.91	-0.90
1969	-0.78	-1.10	-1.71	0.09	-0.34	0.22	1.13	0.08	0.33	-0.87	-0.10	-0.66
1970	0.29	-0.48	0.49	0.77	0.47	0.10	0.44	-0.19	1.14	-0.01	-1.06	0.46
1971	-0.36	0.82	-2.49	-0.02	-0.07	0.10	0.44	0.53	-0.93	-0.32	-0.26	-0.56
1972	0.43	-0.23	0.15	0.01	0.39	0.10	0.58	0.16	0.63	-0.32	0.90	0.49
1973	0.84	-0.12	0.76	0.90	0.74	0.15	0.89	0.68	0.87	-0.22	-0.14	-1.72
1974	1.16	0.31	0.06	-0.02	-0.17	0.72	0.60	1.38	-0.03	-0.01	-0.72	-0.52
1975	0.33	0.24	0.39	-0.34	1.15	0.73	0.44	-0.22	-1.15	-2.18	-2.14	-1.52
1976	0.34	-0.88	-1.12	-0.81	0.82	0.33	0.79	0.45	1.40	-2.39	-1.20	-0.38
1977	-0.86	0.56	-0.26	-1.04	0.13	0.10	0.75	-0.22	0.71	0.60	0.86	0.67
1978	0.77	-0.10	-0.22	0.20	0.60	0.80	0.46	-0.22	-0.30	-0.77	1.28	0.84
1979	0.46	-1.18	0.41	1.26	-0.31	0.10	0.44	0.34	-1.12	1.42	0.21	0.70
1980	0.98	0.19	0.82	-0.23	0.80	0.10	1.81	1.57	1.71	0.67	-0.24	-1.02
1981	0.45	0.35	1.51	0.81	0.03	0.11	0.44	1.85	-0.43	0.92	0.52	1.32
1982	0.38	-1.62	0.44	0.54	-0.29	0.10	0.44	-0.06	1.50	1.11	0.88	-0.75
1983	-1.92	-0.14	-1.11	0.20	-0.34	0.10	0.44	-0.22	0.63	-0.27	-1.41	-0.62
1984	0.98	0.73	2.34	0.04	0.74	0.24	0.44	-0.22	-1.15	0.73	1.73	1.13
1985	1.96	1.99	0.62	1.25	-0.34	1.76	0.44	0.14	0.06	-0.91	1.66	2.16
1986	-0.66	2.62	1.13	0.81	-0.34	0.10	0.64	1.45	0.95	0.61	0.77	1.07
1987	-0.12	-1.37	-0.25	-0.44	-0.60	0.09	1.69	1.25	-0.93	-0.09	1.45	-1.20
1988	0.80	-1.03	1.23	1.72	2.12	-1.91	-0.35	-2.18	-0.93	0.56	-2.51	1.23
1989	-0.05	-0.54	-0.27	0.93	-0.41	0.75	-1.53	0.21	1.15	-0.69	-1.01	-1.78
1990	-0.11	-0.28	-2.31	-0.53	-0.07	2.79	-1.53	-0.10	0.05	1.67	-0.27	0.50
1991	0.55	-0.01	0.42	-0.10	0.33	2.49	-0.02	-0.53	-0.14	-0.12	-0.12	-0.38
1992	-0.42	-0.80	-2.02	-0.94	-2.58	0.70	-0.46	2.42	-0.30	0.95	0.07	-0.70
1993	0.12	-0.56	0.31	1.19	0.35	-0.03	-1.53	0.77	0.17	1.62	0.48	0.68
1994	-0.39	1.10	0.22	1.93	0.05	-0.93	-1.53	-0.41	-0.40	-0.89	0.42	0.29
1995	-0.83	0.54	0.69	-1.38	-0.35	-1.91	-1.53	-2.18	-0.63	-0.98	0.60	1.07
1996	0.66	-1.69	-0.40	-1.12	0.43	-1.91	-0.05	-0.18	0.20	-0.01	-0.29	0.22
1997	1.24	0.67	0.87	0.54	-0.66	-1.91	-1.53	0.73	0.75	-0.36	1.14	-0.17
1998	-0.92	0.24	0.69	0.62	-2.58	0.09	-1.53	-0.74	-2.04	0.06	0.43	-1.91
1999	-0.41	-0.70	0.75	0.46	-0.47	-0.60	-1.53	-1.13	1.10	0.93	-0.10	-1.91
2000	1.17	0.12	-0.74	-1.86	0.59	0.98	-0.07	1.06	-0.89	1.42	-1.99	0.14
2001	1.48	1.89	0.65	0.59	1.13	-0.07	0.92	0.20	-0.58	1.01	-0.32	1.11
2002	-0.63	1.75	-0.13	0.84	1.82	0.33	1.76	0.80	-0.04	1.91	-0.05	0.58
2003	1.04	-0.32	0.94	0.10	0.04	0.73	-1.53	-0.33	0.04	-0.99	0.11	-0.29
2004	1.60	0.92	0.58	0.04	0.09	0.24	0.80	0.65	0.97	-2.24	0.05	-0.42
2005	-0.64	1.09	-0.32	-0.49	-1.10	-1.91	-1.53	-0.13	0.21	0.61	0.32	1.01
2006	0.24	-1.54	-1.14	-0.58	-2.58	-0.18	-1.53	-0.74	0.03	1.13	0.30	-0.51
2007	-0.95	-1.31	1.16	1.30	0.60	-0.35	-0.27	-0.81	1.40	-1.14	0.32	-0.08
2008	0.50	-0.52	-1.21	-4.12	0.11	-0.93	-1.53	-2.18	-0.76	0.38	1.94	1.49
2009	-2.15	0.83	0.33	0.28	-2.58	-1.91	0.32	-2.18	-0.42	-0.22	0.64	0.72
2010	-0.28	1.51	-1.13	0.04	0.28	-1.91	-1.53	-2.18	-3.72	-1.09	-1.63	0.67
máximo	1.96	2.62	2.34	1.93	2.12	2.79	1.81	2.42	1.71	1.91	1.94	2.16
mínimo	-3.05	-1.69	-2.49	-4.12	-2.58	-1.91	-1.53	-2.18	-3.72	-2.39	-2.51	-1.91

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-23: Índice de Precipitación Estandarizada – Estación Putina.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-1.81	-0.93	0.39	0.79	0.77	-1.10	-1.26	-0.54	-0.27	-0.02	0.30	0.03
1965	0.91	-0.19	1.49	-0.09	-2.21	-1.10	0.71	-0.78	0.07	-1.10	0.73	1.60
1966	-1.84	1.28	-0.92	-0.35	1.64	-1.10	-1.26	-1.75	0.19	-0.08	0.64	-1.45
1967	-2.80	-0.45	1.33	-1.57	1.13	-1.10	0.58	1.41	1.86	1.21	-1.51	-0.16
1968	-1.44	0.70	-0.73	0.18	-1.00	-0.31	2.64	-0.51	1.09	0.13	1.43	-1.76
1969	1.21	-0.40	-1.33	-1.48	-0.86	0.02	1.46	-1.75	0.38	-0.46	0.49	-0.24
1970	0.27	0.00	-0.10	0.45	1.11	-1.10	-1.26	-1.75	1.21	-0.19	-1.77	1.98
1971	0.85	1.97	-1.58	-0.95	-0.57	-0.15	-1.26	0.21	-1.32	-0.12	-0.58	-1.79
1972	0.25	0.52	-0.54	0.13	0.01	-1.10	-0.08	0.78	0.29	-0.06	0.83	-0.40
1973	-0.20	0.85	0.12	1.69	0.45	0.42	1.50	0.41	0.93	0.48	0.06	-0.02
1974	-0.09	1.14	-0.07	0.16	-1.06	0.58	0.05	0.93	0.46	0.72	-0.49	0.34
1975	-0.54	0.29	-0.55	-0.96	1.11	1.18	-1.26	-0.78	0.00	-0.10	-0.54	1.05
1976	0.18	-0.07	-0.27	-0.78	0.59	0.85	0.08	1.03	1.52	-2.98	-1.46	-0.75
1977	-1.73	1.85	0.41	-1.17	0.34	-1.10	-0.76	-1.75	0.74	-0.44	0.67	-0.17
1978	-0.51	0.48	-0.02	0.45	-0.07	0.31	-0.47	-0.93	0.26	-0.98	1.06	1.50
1979	1.57	-0.74	-0.40	1.81	-0.15	-1.10	0.08	0.43	-0.56	1.08	-0.85	0.15
1980	-0.41	-1.55	0.47	-1.18	0.46	0.37	1.45	0.11	1.01	1.31	-1.11	-1.08
1981	1.51	-0.28	-0.10	0.90	-0.33	0.67	-1.26	0.88	0.47	1.11	-0.57	0.41
1982	1.52	0.28	0.09	0.82	-2.21	-1.10	-0.16	0.73	1.16	-0.09	1.17	-0.79
1983	-0.79	-0.58	-1.81	0.62	0.37	0.21	0.73	-0.36	-0.23	-2.43	-1.01	0.02
1984	2.23	2.57	0.06	-0.26	0.08	0.63	0.24	1.17	-2.28	1.08	0.69	0.43
1985	-0.19	0.59	-0.24	1.50	1.02	0.34	-1.26	0.12	0.52	-0.04	1.42	1.68
1986	-0.73	1.19	-0.16	2.02	0.57	-1.10	0.28	0.41	0.93	-1.60	0.45	1.20
1987	-0.60	-1.14	-1.46	-0.25	-0.46	0.22	2.08	0.25	-1.36	0.07	0.70	-2.10
1988	-0.43	-1.11	2.24	1.19	0.47	-1.10	-1.26	0.18	-0.75	0.02	-2.68	1.09
1989	0.76	-0.27	0.83	0.46	-2.21	0.81	-1.26	0.49	0.76	-0.66	-1.17	-0.55
1990	0.66	-1.35	-0.60	-0.62	-0.01	2.62	-1.26	-0.32	-0.20	1.69	0.39	0.32
1991	0.42	0.18	0.95	0.26	-0.02	2.25	1.10	-0.62	-0.33	-0.91	-0.09	0.44
1992	0.22	-1.82	-1.57	-0.64	-2.21	0.02	0.54	2.46	-0.03	-0.03	-0.04	0.79
1993	0.58	-1.07	-0.62	1.33	0.43	-1.10	0.22	0.94	0.12	0.69	1.00	0.80
1994	0.52	0.35	0.46	0.79	0.79	0.62	-1.26	1.97	1.11	0.54	2.08	1.19
1995	-0.84	0.71	0.96	-1.53	-1.12	-1.10	0.45	-1.75	-1.12	-1.52	-0.01	-0.06
1996	-0.48	-1.08	0.45	-0.17	1.26	-1.10	-0.11	0.33	-0.03	-1.20	1.31	0.11
1997	1.22	-0.28	2.23	1.28	-0.20	-1.10	-0.04	1.12	0.06	-0.11	0.98	-0.99
1998	-0.33	0.17	-0.09	-0.32	-2.21	1.10	-1.26	-0.36	-2.36	0.68	0.51	-2.71
1999	-0.80	-1.01	1.51	-0.62	0.88	-1.10	-0.20	-1.75	0.81	0.29	-1.00	-0.68
2000	0.30	0.83	-0.07	-1.32	-0.64	1.74	-1.26	0.62	-0.50	1.75	-1.52	0.35
2001	1.09	0.90	2.31	0.13	1.43	0.37	0.41	0.55	0.18	0.81	-0.61	0.00
2002	-0.33	0.81	0.38	0.32	0.62	-0.04	1.53	0.23	0.01	2.07	-0.47	0.24
2003	0.16	0.24	0.47	0.31	0.33	0.52	-0.11	0.98	0.00	-0.05	0.48	0.43
2004	1.12	-0.26	-1.07	0.31	2.00	1.20	0.65	0.78	0.56	-0.45	0.26	-1.27
2005	0.00	0.21	-0.24	-0.16	-0.37	-1.10	0.28	-0.30	-0.02	1.21	0.45	-0.49
2006	0.42	-2.60	-1.73	0.60	-0.53	0.96	-1.26	-0.21	-0.06	0.00	-0.07	-0.26
2007	0.08	-0.28	0.64	0.67	1.00	-1.10	-0.11	-0.18	0.89	-0.43	0.71	0.31
2008	-0.90	-0.63	-0.81	-2.48	0.01	-1.10	-1.26	-1.75	-0.30	0.20	0.23	1.14
2009	-0.82	-0.51	-1.02	-1.71	0.19	-1.10	0.28	-1.75	-0.41	-0.75	0.45	-0.05
2010	0.64	0.46	0.23	-0.47	0.48	-1.10	-0.25	-0.21	-3.74	-0.06	-1.75	0.26
máximo	2.23	2.57	2.31	2.02	2.00	2.62	2.64	2.46	1.86	2.07	2.08	1.98
Mínimo	-2.80	-2.60	-1.81	-2.48	-2.21	-1.10	-1.26	-1.75	-3.74	-2.98	-2.68	-2.71

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-24: Índice de Precipitación Estandarizada – Estación Azángaro.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	0.23	0.09	0.61	0.99	0.85	-1.15	-1.07	-0.75	1.03	-0.21	-0.17	-0.43
1965	0.77	-0.22	1.23	-0.08	-0.91	-1.15	-1.07	-0.14	0.07	-0.88	-0.02	0.87
1966	-0.48	-1.32	-1.88	-0.46	2.10	-1.15	-1.07	-0.36	0.94	0.34	0.00	0.21
1967	-2.20	0.36	-0.08	-1.31	0.89	-1.15	1.79	1.29	0.91	0.16	-2.36	1.02
1968	-0.79	1.21	-0.21	0.25	-0.79	0.05	1.42	0.44	0.45	-0.76	0.12	-1.74
1969	0.10	-0.78	-1.65	-0.03	-2.00	0.19	1.79	0.19	0.07	-1.09	-0.85	-1.00
1970	0.31	-1.62	0.40	1.60	0.92	-1.15	-1.07	-1.74	1.04	-0.06	-0.59	1.43
1971	-0.51	2.05	-1.91	-0.06	-0.91	-0.13	-0.23	0.53	-1.05	-0.93	-0.01	-0.11
1972	0.59	0.48	-0.37	0.27	-2.00	-1.15	0.92	0.60	1.13	-0.47	-0.01	0.53
1973	1.23	0.26	0.80	1.55	1.30	-1.15	0.82	0.19	1.34	0.24	0.80	-2.28
1974	-0.34	0.84	0.36	0.19	1.15	0.96	-1.07	1.44	0.15	-0.30	-0.01	-0.73
1975	-0.39	-0.03	0.70	0.12	0.38	1.63	-1.07	-1.74	0.20	1.06	0.04	0.61
1976	0.08	0.32	-0.75	-1.33	0.52	0.89	-0.14	0.82	1.11	-2.53	0.14	0.29
1977	-1.30	0.57	0.96	-0.54	-0.08	-1.15	-1.07	-1.74	1.19	0.50	0.87	-0.67
1978	0.61	1.13	-0.10	0.27	-0.20	-1.15	-1.07	-1.74	0.02	-0.06	2.19	2.08
1979	0.69	-2.30	-0.59	0.34	0.01	-1.15	-1.07	-1.74	-0.95	0.77	-0.63	0.67
1980	0.17	-0.76	0.28	-1.11	0.22	-1.15	1.13	0.03	0.64	1.21	-2.20	-0.80
1981	0.00	0.39	0.30	0.55	0.21	0.70	-1.07	1.42	0.56	0.90	-0.66	0.40
1982	-1.88	0.29	-1.51	0.84	-2.00	-1.15	-1.07	1.42	0.04	-0.08	-0.29	-0.43
1983	-1.05	-1.14	-0.81	0.26	0.14	0.45	0.16	0.18	0.27	-0.43	-0.68	-0.13
1984	1.54	1.30	1.53	0.84	0.95	0.87	0.97	0.84	-1.70	0.72	2.30	0.89
1985	0.51	0.35	-1.62	2.04	0.69	0.74	0.47	-0.18	-0.26	-1.02	1.63	0.02
1986	-1.32	-0.60	-0.92	-0.33	0.31	0.30	0.47	0.34	0.61	-2.21	-0.68	-0.97
1987	-0.27	-0.27	-0.99	0.17	0.30	0.91	2.49	0.47	0.23	0.09	-0.12	-0.23
1988	0.65	-0.72	0.52	0.55	0.84	0.45	0.16	0.18	0.18	-0.29	-1.19	-0.06
1989	-1.12	-1.17	-0.92	-0.39	0.12	0.16	0.16	0.12	0.20	-1.97	-0.70	-0.56
1990	0.93	-0.39	0.48	0.51	0.51	2.41	0.16	0.19	0.13	1.53	0.17	-0.27
1991	0.56	-0.93	0.07	0.02	1.19	2.19	0.16	0.18	-0.08	0.20	-0.56	-0.06
1992	-0.08	-0.20	-1.04	-0.71	-2.00	1.14	-1.07	2.33	0.24	0.16	-0.03	-0.08
1993	0.63	-1.11	0.09	1.45	0.72	0.81	0.32	0.57	0.40	0.98	1.52	0.97
1994	-0.02	1.69	0.22	0.40	-0.91	-1.15	-1.07	0.33	-0.28	-0.06	0.11	0.10
1995	-1.37	-0.33	0.44	-1.60	-1.22	-1.15	-1.07	-0.69	-1.15	-0.16	0.84	0.11
1996	0.62	-0.64	1.00	-0.64	0.94	-0.35	0.52	-0.04	-0.46	-0.08	0.10	-0.57
1997	0.77	1.37	1.36	0.02	0.43	-1.15	-1.07	0.81	0.76	-0.01	1.67	0.40
1998	-0.42	-0.53	-0.11	-0.20	-2.00	0.25	-1.07	-1.74	-0.48	0.69	0.53	-2.72
1999	-0.30	-0.64	1.27	0.68	-0.06	0.05	-1.07	-0.75	0.69	1.00	-0.85	-2.32
2000	0.42	0.59	-0.98	-1.16	-0.16	1.13	-0.06	1.80	-2.43	1.26	-1.14	-0.53
2001	1.54	0.13	1.90	-0.63	1.19	-1.15	0.98	0.48	-0.05	0.28	-0.43	1.67
2002	0.90	0.65	1.67	0.61	0.63	0.32	1.69	0.55	-0.16	3.15	0.78	1.74
2003	0.76	0.14	0.72	0.85	0.11	0.91	0.00	0.20	-0.80	-0.17	-0.44	0.78
2004	2.02	0.11	-1.12	-0.28	0.99	1.26	0.70	0.99	1.05	-1.46	0.18	-0.35
2005	-2.13	1.74	-0.08	-0.04	-1.09	-1.15	-1.07	0.20	0.13	0.74	-0.74	0.01
2006	1.44	-1.87	-0.17	-0.55	-1.22	0.16	-1.07	-0.18	-0.45	0.77	0.13	-0.36
2007	-0.37	-1.11	1.84	1.31	0.78	-0.35	0.00	-0.59	1.74	-0.99	0.19	0.03
2008	0.70	-0.42	-0.91	-4.33	0.50	-0.26	-1.07	-1.74	-0.82	0.52	2.02	1.40
2009	-2.20	1.13	0.80	0.48	-2.00	-1.15	0.85	-1.74	-0.43	-0.08	0.66	0.68
2010	-0.15	1.91	-0.82	0.21	0.67	-1.15	-1.07	-1.74	-4.20	-0.95	-1.70	0.64
máximo	2.02	2.05	1.90	2.04	2.10	2.41	2.49	2.33	1.74	3.15	2.30	2.08
Mínimo	-2.20	-2.30	-1.91	-4.33	-2.00	-1.15	-1.07	-1.74	-4.20	-2.53	-2.36	-2.72

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-25: Índice de Precipitación Estandarizada – Estación Orurillo.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-0.60	-0.69	0.71	0.63	0.89	-0.17	0.13	0.02	0.71	0.41	1.26	0.32
1965	1.01	0.28	1.02	0.11	-0.21	-0.17	0.19	0.08	0.05	-0.10	0.16	1.09
1966	-1.88	-1.15	-1.05	-0.56	-0.02	0.39	0.24	0.00	0.44	0.73	0.59	-0.10
1967	-3.55	0.08	-0.60	-0.61	0.94	-1.43	1.34	1.17	0.70	0.68	-1.26	0.86
1968	-2.03	1.58	-0.64	-0.84	-0.75	-1.43	1.56	0.22	0.49	0.78	0.31	-0.97
1969	-0.17	0.33	-2.37	-0.49	-2.88	-1.43	0.50	-1.67	-0.73	-0.16	0.42	-1.32
1970	1.49	-0.50	0.27	1.41	1.56	-0.29	-1.40	-2.32	1.30	0.46	0.19	2.09
1971	-1.67	1.11	-0.50	0.77	-1.20	0.30	-1.40	0.25	-2.24	0.13	-0.14	-0.97
1972	1.47	0.16	0.66	-0.09	-0.28	-1.43	0.54	0.28	0.33	-0.45	-0.27	-0.62
1973	0.50	-0.65	0.32	0.96	-0.18	-0.29	0.77	0.50	1.39	0.86	-0.43	-1.97
1974	0.64	1.35	0.38	-0.23	0.26	1.07	-1.40	2.43	0.45	0.07	-0.89	-0.02
1975	-0.68	-0.11	-0.11	-0.78	0.75	-1.43	-1.40	-2.32	-0.31	0.66	-0.32	0.46
1976	1.23	-1.16	0.20	-0.52	1.43	0.47	0.68	0.88	1.21	-3.15	-0.85	-0.08
1977	-0.76	0.85	1.61	-0.65	-0.02	-1.43	-0.43	-2.32	0.92	0.95	2.34	-0.19
1978	1.37	-0.06	0.24	0.33	-0.05	-1.43	-0.85	-1.29	0.63	-0.52	1.41	0.62
1979	-0.11	-1.59	-0.85	0.37	-0.96	-1.43	-1.40	-0.01	-0.33	-0.43	0.30	0.97
1980	0.10	-1.36	0.96	-2.29	-0.02	-1.43	1.43	-0.23	0.19	1.29	-2.01	0.59
1981	0.72	-0.07	0.39	0.64	-0.13	0.50	-1.40	1.15	0.74	0.48	0.63	0.83
1982	-0.01	-1.06	0.92	0.30	-2.88	-1.43	-1.40	0.34	0.81	1.42	1.20	-0.90
1983	-1.12	-0.62	-1.05	0.25	0.39	-0.07	-1.40	-2.32	-0.44	-0.26	-1.58	0.49
1984	1.33	1.43	0.29	-0.02	1.11	0.17	-1.40	0.18	-1.63	1.62	1.30	0.70
1985	0.81	0.31	0.39	2.56	1.40	1.77	-1.40	-0.84	1.55	-0.76	1.68	3.31
1986	-0.61	1.92	0.93	2.93	-0.58	-1.43	-1.40	0.88	0.63	-4.19	-1.39	0.15
1987	-0.53	-2.67	-2.98	-1.14	-0.85	0.17	2.53	-0.63	-4.12	-0.76	0.30	-0.17
1988	-0.45	-0.61	1.48	0.06	1.27	-1.43	-1.40	-2.32	-0.75	0.00	-2.95	-1.24
1989	0.65	-0.33	0.37	-0.77	1.58	0.99	0.44	1.30	0.73	-0.96	-0.94	-1.35
1990	0.65	-1.97	-2.68	-0.85	-0.61	2.85	-1.40	0.08	-1.63	0.77	0.46	-0.63
1991	0.27	-0.76	-1.34	-1.64	1.11	2.37	-1.40	-0.13	-0.67	-1.29	-0.59	-2.74
1992	-1.40	-0.70	-1.92	-2.23	-2.88	-0.07	0.19	-0.08	-0.35	-0.39	-0.84	-1.53
1993	0.44	-1.99	0.87	0.11	-0.21	1.49	0.13	1.15	-0.20	0.92	1.54	-0.06
1994	0.73	0.30	0.33	0.44	-0.21	-0.17	0.13	0.35	-0.41	0.16	0.33	0.26
1995	-0.32	-0.21	0.12	-0.81	-0.04	-0.17	0.13	0.02	-0.68	-0.18	-0.03	0.30
1996	0.20	-0.05	-0.29	0.45	-0.10	-0.17	0.68	0.30	-0.38	-0.59	-0.03	-0.06
1997	0.68	1.29	0.98	0.48	0.10	-0.17	0.13	0.78	0.73	0.00	0.89	0.27
1998	-0.21	0.27	0.48	-0.58	-0.21	0.31	0.13	0.14	-0.24	0.64	0.83	-0.84
1999	-0.39	0.74	0.33	1.86	0.45	-0.17	0.40	0.12	0.33	0.42	-0.70	-0.13
2000	0.44	0.99	0.06	-0.86	0.80	0.85	1.04	0.31	-0.35	0.92	-1.01	0.51
2001	1.04	0.21	0.15	-0.49	0.88	0.17	0.82	0.42	-0.12	0.10	-0.99	-0.51
2002	0.14	0.92	0.02	1.04	1.24	0.31	1.50	0.67	0.40	0.92	0.76	0.36
2003	-0.09	0.63	1.54	0.03	0.12	0.51	0.13	0.64	0.45	-0.38	-0.55	-0.07
2004	0.80	0.36	-0.32	0.00	-0.13	0.31	0.67	0.96	1.54	-0.54	0.00	0.55
2005	-0.74	1.40	-0.29	-0.09	-0.21	-0.17	0.13	0.45	-0.90	1.20	0.32	-0.07
2006	0.50	0.02	-0.34	-0.64	-0.21	0.50	0.13	0.20	-0.59	0.25	0.58	1.33
2007	-0.64	-0.32	0.21	0.85	0.06	-0.17	0.81	0.02	0.40	-0.32	0.17	-0.11
2008	0.68	0.73	0.46	0.11	0.91	0.34	1.01	0.72	0.44	0.38	-0.26	-0.12
2009	0.08	0.84	0.43	0.44	0.54	0.37	0.91	0.72	0.62	0.46	0.31	0.35
2010	0.07	0.59	0.51	-0.15	-0.31	0.34	0.10	0.63	0.58	0.01	-0.09	0.31
maximo	1.49	1.92	1.61	2.93	1.58	2.85	2.53	2.43	1.55	1.62	2.34	3.31
Minimo	-3.55	-2.67	-2.98	-2.29	-2.88	-1.43	-1.40	-2.32	-4.12	-4.19	-2.95	-2.74

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-26: Índice de Precipitación Estandarizada – Estación Progreso.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-1.36	-0.90	2.26	-0.78	1.06	-0.89	-1.00	-0.38	0.80	0.02	-0.08	-0.86
1965	0.58	0.93	0.49	0.50	-0.13	-0.89	-1.00	-1.26	0.30	-1.15	0.52	0.82
1966	-2.45	-0.62	-1.52	-3.59	2.03	-0.89	-1.00	-1.26	0.78	0.63	0.33	-0.53
1967	-1.75	-0.40	0.72	-0.36	0.57	-0.89	1.63	1.27	0.69	0.24	-0.81	0.04
1968	-2.42	1.53	0.09	0.12	-0.36	-0.89	1.64	1.41	0.62	-0.72	0.54	-1.51
1969	0.42	-0.33	-1.46	-0.23	-1.92	0.58	1.44	-0.52	0.44	-0.93	-0.13	-1.02
1970	0.38	-0.37	0.65	0.94	0.92	0.14	0.08	-1.26	1.37	0.43	-0.13	1.19
1971	0.19	1.53	-2.71	-0.11	0.30	-0.36	-1.00	0.43	-1.67	-0.05	0.08	-0.25
1972	0.68	1.70	-0.41	-0.30	-0.93	-0.89	0.61	0.79	0.11	-0.85	-0.01	0.40
1973	0.84	0.18	0.22	1.69	0.62	-0.89	0.75	0.55	1.49	1.07	0.32	0.03
1974	-0.47	0.61	-0.21	0.47	0.86	1.37	-0.34	1.45	0.84	-0.37	-0.84	-1.07
1975	-0.54	-0.18	0.61	-0.31	0.58	-0.89	-1.00	-1.26	0.59	-0.01	-0.40	0.05
1976	0.94	-0.44	-0.07	-0.24	1.35	1.33	0.69	1.05	1.11	-1.77	-0.31	0.72
1977	-1.14	-0.07	1.07	-0.56	-0.14	-0.89	-1.00	-1.26	0.37	0.33	0.92	-0.13
1978	0.58	0.43	0.66	0.50	0.08	-0.89	-1.00	-1.26	1.46	-1.07	1.50	2.03
1979	0.49	-1.98	-0.37	0.97	0.91	-0.89	0.92	0.47	0.15	-0.35	-0.47	1.01
1980	-0.20	-0.43	0.30	-1.91	0.59	0.06	0.51	-1.26	-0.71	1.04	-2.06	-0.21
1981	0.50	0.18	0.19	0.54	-0.31	-0.89	-1.00	1.09	0.84	0.74	0.38	0.54
1982	1.40	-1.42	0.02	-0.64	-1.92	-0.89	-1.00	-0.23	0.07	0.42	1.16	-1.34
1983	-1.21	-1.20	-0.58	-0.32	0.31	-0.89	-1.00	-1.26	-3.45	-1.86	-0.71	-0.78
1984	-0.43	-2.16	0.38	-0.13	0.92	0.33	0.49	-0.01	-0.17	1.40	1.04	0.63
1985	1.19	1.08	1.02	0.73	0.71	0.84	-1.00	-1.26	0.89	-1.42	1.39	1.48
1986	0.21	1.74	1.39	1.85	0.70	-0.89	0.83	0.60	1.02	0.77	-0.54	0.36
1987	-0.14	-0.48	-0.31	0.15	-0.42	0.42	1.93	-1.26	-0.55	0.54	1.46	1.30
1988	0.54	-0.28	1.25	0.71	1.12	-0.89	-1.00	-1.26	-0.41	-1.03	-2.23	-0.63
1989	0.60	0.67	0.32	1.31	0.41	1.31	-1.00	1.67	0.53	0.02	-0.31	-0.56
1990	0.15	-0.59	-1.93	-0.06	-1.92	2.91	-1.00	0.55	0.24	1.19	0.25	-3.07
1991	0.66	-0.65	0.25	0.20	-1.92	-0.89	-1.00	-1.26	-0.72	-0.48	-1.19	1.03
1992	-0.50	-0.42	-1.39	-0.60	-1.92	1.05	-1.00	1.99	0.19	-0.43	0.54	-0.28
1993	1.40	-0.47	0.21	0.54	0.63	1.14	1.41	1.48	-0.73	2.50	2.25	0.26
1994	-0.13	0.44	0.17	0.73	0.17	0.14	-1.00	0.29	0.03	0.37	0.43	0.70
1995	-1.65	-0.47	0.17	-0.96	-1.92	-0.89	-1.00	-1.26	-0.27	-1.10	0.53	0.25
1996	0.38	-1.04	-0.01	-0.58	0.71	-0.89	0.29	0.27	-0.90	0.15	-0.41	0.89
1997	1.18	1.05	1.95	0.42	0.84	-0.89	-1.00	1.11	0.14	-0.01	1.14	-0.88
1998	-0.29	-0.70	-1.25	-0.79	-1.92	1.72	-1.00	-0.09	-1.35	1.52	0.74	-2.08
1999	-0.44	0.81	0.91	0.10	-0.85	-0.89	-1.00	-1.26	0.11	-0.17	-0.12	-0.69
2000	0.04	0.53	0.25	-1.37	-0.45	0.51	0.35	0.17	0.14	1.67	-1.66	0.29
2001	0.61	0.46	0.89	-0.17	1.31	-0.89	0.98	-1.26	-0.03	0.59	0.12	-0.98
2002	-0.21	0.34	-0.33	2.40	0.56	0.71	2.28	0.44	0.55	2.09	0.68	1.09
2003	0.85	0.55	0.88	0.75	0.41	1.71	-0.08	0.69	0.04	-1.24	-1.77	-0.23
2004	2.14	1.57	-0.94	0.50	0.44	-0.89	0.90	1.52	1.10	-1.37	-0.13	1.08
2005	-2.34	2.31	-1.18	0.01	-0.85	-0.89	0.23	0.24	-1.02	0.76	-0.02	-0.20
2006	0.29	-1.71	-0.88	0.49	-1.92	0.79	-1.00	0.39	0.98	0.07	0.14	-0.26
2007	0.11	-1.22	1.21	0.73	0.95	0.21	-0.08	-1.26	0.56	-1.09	0.44	-1.23
2008	0.12	-0.67	-1.27	-1.96	0.33	-0.89	-1.00	-1.26	-0.54	0.30	-1.16	1.51
2009	-0.34	-0.11	-1.01	-0.93	0.22	-0.89	0.87	-0.23	-0.40	-0.95	1.20	0.41
2010	0.65	0.65	-0.63	0.20	0.55	-0.89	-1.00	0.20	-3.45	-0.65	-2.43	0.80
maximo	2.14	2.31	2.26	2.40	2.03	2.91	2.28	1.99	1.49	2.50	2.25	2.03
Mínimo	-2.45	-2.16	-2.71	-3.59	-1.92	-0.89	-1.00	-1.26	-3.45	-1.86	-2.43	-3.07

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-27: Índice de Precipitación Estandarizada – Estación Muñani.

Fuente: Elaboración propia

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-0.68	1.47	0.91	0.07	0.74	-0.24	0.76	0.32	0.48	0.46	0.09	-0.88
1965	-0.05	-0.67	-3.36	0.03	0.31	0.68	0.82	0.46	0.74	-0.69	0.65	0.24
1966	-0.72	0.24	-0.24	-0.50	1.61	0.68	0.82	0.46	-0.02	-0.32	0.22	-1.41
1967	-3.12	-1.10	-0.13	-0.83	1.06	0.68	1.89	1.76	2.07	1.16	-0.24	2.37
1968	-0.80	0.87	-1.63	0.95	1.10	0.68	2.16	1.75	1.71	0.39	1.17	-1.21
1969	0.53	0.11	-0.04	1.06	0.31	0.68	0.82	0.96	0.78	-0.13	0.25	0.27
1970	1.81	-0.40	0.17	1.58	1.21	0.68	1.01	0.49	1.16	0.77	-0.69	1.70
1971	0.54	2.73	0.29	-0.46	0.87	0.68	0.82	0.62	-0.38	0.68	-0.81	-0.96
1972	0.78	-0.97	-1.84	-0.74	0.31	0.68	0.82	0.73	-0.17	-0.18	0.89	0.22
1973	-0.64	0.15	-0.11	0.90	0.35	0.68	0.82	1.25	1.32	-1.09	-0.64	-0.97
1974	-0.20	0.32	-1.34	-0.46	0.31	0.75	0.82	0.49	-0.38	-0.84	-2.05	-0.10
1975	-1.23	-0.14	0.29	-0.47	0.54	0.68	0.82	0.81	-0.38	-0.08	-0.70	1.83
1976	0.42	-0.05	0.16	0.13	0.61	1.36	0.87	0.92	1.05	-0.57	-1.38	-0.37
1977	-0.78	0.50	0.82	-1.01	-1.74	-1.28	-1.06	-1.36	0.93	0.13	0.85	0.03
1978	0.87	0.96	0.73	0.26	0.03	0.49	-1.06	-1.36	0.20	-0.49	1.86	2.16
1979	1.43	-1.48	-0.08	1.86	0.61	-1.28	-1.06	-1.36	-0.10	0.57	-1.00	0.68
1980	-0.38	-0.55	0.67	-2.33	-0.33	0.31	0.49	-1.36	0.47	1.11	-0.62	-1.03
1981	1.01	-0.26	1.01	0.95	0.52	-1.28	-1.06	0.64	0.43	0.87	-0.45	0.00
1982	-0.26	-0.75	-0.07	0.33	-1.74	-1.28	-1.06	-1.36	1.08	-0.14	1.78	-2.09
1983	-0.95	-0.42	-1.01	0.36	0.33	-1.28	-1.06	1.07	-2.48	-0.07	-1.60	-0.91
1984	1.72	1.41	0.22	-0.55	0.23	0.70	0.65	1.14	-0.22	0.79	1.83	0.99
1985	-0.21	0.64	0.36	1.23	0.25	0.95	-1.06	-1.36	0.80	-0.44	1.45	1.83
1986	-0.96	1.46	1.50	1.41	0.29	-1.28	0.30	-1.36	0.62	-5.01	0.51	0.33
1987	1.06	-0.03	-0.56	0.54	-1.74	0.61	1.68	0.13	-1.15	0.13	0.85	-1.60
1988	-0.29	0.20	0.01	1.33	0.98	-1.28	-1.06	-1.36	-2.48	0.07	-2.85	0.52
1989	-0.42	1.38	0.19	0.83	-1.74	0.90	-1.06	0.80	0.21	-0.15	-0.04	-0.82
1990	0.05	-0.92	-1.93	-2.41	-1.74	2.46	-1.06	-1.36	-0.27	1.05	0.62	-0.55
1991	-0.09	-0.41	1.14	0.93	0.50	1.84	-1.06	-1.36	-0.03	-0.21	0.61	0.41
1992	0.90	-0.24	-0.99	-0.84	-1.74	0.43	-1.06	1.59	-0.14	-0.18	-0.45	0.33
1993	0.41	-1.14	0.07	-0.23	0.61	-1.28	1.16	1.06	0.41	0.49	0.46	0.20
1994	-0.60	-0.17	0.25	0.92	1.14	0.27	-1.06	-1.36	-0.38	-0.61	0.20	0.31
1995	0.36	1.32	0.62	-2.27	-1.74	-1.28	-1.06	-1.36	-2.48	-1.18	-0.94	0.05
1996	0.35	-0.75	-0.30	-0.13	0.96	-1.28	-1.06	0.56	-0.31	-0.30	1.01	-0.71
1997	0.80	0.13	2.25	0.00	-0.09	-1.28	-1.06	0.08	0.54	-0.15	0.55	-1.62
1998	-1.69	-0.13	0.55	0.03	-1.74	0.26	-1.06	-1.36	-2.48	0.47	0.19	-1.29
1999	-1.09	-1.68	0.90	0.15	1.35	-1.28	-1.06	-1.36	0.70	-0.12	-0.64	-0.01
2000	-0.27	-0.09	0.02	-1.57	-1.74	1.38	-1.06	0.68	0.26	1.88	-1.31	0.28
2001	0.67	0.13	1.51	-0.82	1.25	0.29	1.05	0.49	0.30	0.65	0.01	-0.13
2002	-0.92	0.26	0.51	0.14	0.20	0.44	1.37	0.29	0.50	1.26	0.03	0.56
2003	1.41	-0.01	0.59	0.17	0.09	0.84	-1.06	0.80	0.57	0.92	0.28	0.43
2004	2.11	0.50	0.76	0.81	1.21	0.05	-0.07	1.10	0.50	0.04	0.22	0.68
2005	-0.73	1.87	0.09	-0.41	-0.23	-1.28	0.06	-0.30	-0.29	1.06	1.35	-0.54
2006	1.12	-0.97	-0.63	1.27	-1.74	-1.28	-1.06	0.43	0.60	0.67	0.60	0.84
2007	-0.60	-3.02	0.79	0.59	1.07	-1.28	-1.06	-1.36	0.40	-1.19	-0.16	-0.87
2008	-0.02	-0.87	-1.27	-1.49	-0.31	-1.28	-1.06	-1.36	-0.25	0.80	-0.81	0.99
2009	-1.24	-0.05	-1.24	-0.47	-1.74	-1.28	0.58	-1.36	0.38	-0.82	0.30	-0.16
2010	0.65	0.66	-0.28	-0.54	0.54	-1.28	-1.06	0.17	-2.48	0.63	-1.24	-0.15
maximo	2.11	2.73	2.25	1.86	1.61	2.46	2.16	1.76	2.07	1.88	1.86	2.37
Minimo	-3.12	-3.02	-3.36	-2.41	-1.74	-1.28	-1.06	-1.36	-2.48	-5.01	-2.85	-2.09



Cuadro 5-28: Índice de Precipitación Estandarizada – Estación Ananea.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	0.28	0.69	0.29	0.30	1.70	0.60	-1.23	-1.75	0.68	0.29	0.12	-0.52
1965	0.49	-0.75	-0.11	0.01	-2.59	-1.30	0.31	0.47	0.85	-1.17	-0.07	-0.73
1966	-2.28	1.10	-2.07	-2.49	1.16	-1.30	-1.23	-1.75	0.20	0.90	0.49	0.51
1967	-2.58	-0.79	-0.66	-2.49	0.63	-1.30	1.65	0.88	0.95	0.27	0.00	1.44
1968	1.35	1.90	0.09	-2.57	-0.87	-1.30	1.49	1.20	-1.91	-3.00	-3.28	-4.24
1969	0.30	-0.38	-0.41	-0.48	0.40	0.52	0.84	0.60	0.16	-0.27	0.00	-0.52
1970	-0.12	0.28	0.12	0.38	0.57	0.64	0.80	0.31	-0.46	1.24	-1.69	0.82
1971	-0.32	3.19	-2.08	-0.27	-0.44	0.49	-1.23	0.17	-0.94	0.68	-0.70	0.21
1972	-0.21	0.02	-0.03	-0.47	-0.18	-0.09	0.68	1.37	0.56	0.08	0.05	0.53
1973	-1.31	0.28	0.11	1.03	0.25	-0.44	0.49	0.45	1.55	-0.15	-0.48	-0.67
1974	-0.24	0.49	-0.26	0.32	0.05	0.83	1.46	1.15	0.26	-0.66	-1.12	0.55
1975	-0.88	0.73	0.46	0.63	0.73	1.18	-1.23	0.95	0.19	1.31	-0.97	0.23
1976	0.05	-0.04	0.10	-0.66	1.62	0.96	1.24	0.12	1.79	-2.65	-1.65	-0.20
1977	-0.21	-0.45	0.61	-0.18	0.75	0.39	0.50	-1.75	0.74	-0.55	1.25	-0.86
1978	-0.92	-0.39	0.72	0.53	-0.01	0.52	-1.23	-1.75	1.52	-1.25	1.23	1.31
1979	1.18	-0.97	0.08	1.36	0.14	-1.30	-1.23	0.54	0.26	0.46	-0.08	0.85
1980	0.22	-0.17	0.37	-1.11	0.86	-1.30	0.05	0.35	0.89	0.74	-0.46	-0.19
1981	1.40	0.45	2.14	-0.84	0.06	0.31	-1.23	0.94	1.31	1.14	0.72	0.81
1982	1.47	-0.80	0.73	1.78	-0.70	0.45	-1.23	0.56	1.05	0.55	0.84	-0.14
1983	-1.08	0.34	-1.32	1.05	0.46	1.46	-1.23	-1.75	-0.45	-1.05	-1.67	-0.34
1984	0.85	1.58	1.29	-0.62	-2.59	-1.30	0.96	1.36	-1.30	0.70	1.77	0.99
1985	0.58	0.40	0.60	1.91	0.19	1.87	0.64	0.06	1.12	0.75	1.62	0.73
1986	0.26	0.80	1.57	1.14	0.51	-1.30	0.53	0.61	1.91	-0.08	0.17	1.03
1987	0.83	-1.87	0.41	0.04	0.42	0.91	1.94	-0.04	-0.46	0.26	1.69	0.91
1988	-0.20	-0.19	0.76	1.27	0.77	-1.30	-1.23	-1.75	-0.57	-1.01	-1.02	-0.19
1989	-0.40	-1.48	1.31	-0.79	1.03	-1.30	-1.23	1.32	0.51	0.28	-0.25	0.17
1990	1.03	-0.57	-2.77	0.41	-0.07	2.08	0.31	0.89	-1.15	1.23	0.50	0.77
1991	-0.41	-1.00	-0.25	0.77	0.84	1.60	-1.23	-1.75	0.37	-0.30	-0.13	-1.17
1992	-1.32	-0.31	-0.09	0.09	-2.59	0.99	-1.23	1.05	-1.12	-0.32	0.47	-0.13
1993	0.15	-0.53	0.38	0.82	0.86	-0.09	0.82	1.10	-1.20	0.00	0.51	0.33
1994	0.68	2.05	0.74	1.31	-2.59	0.29	-1.23	-1.75	-1.12	-0.96	-0.60	0.41
1995	-1.13	-0.50	1.07	0.47	0.00	-1.30	0.54	0.45	-1.11	-1.68	-0.54	-0.29
1996	0.28	-0.04	-2.86	-0.64	0.55	-1.30	-0.35	1.08	-0.27	-0.70	0.25	-2.67
1997	0.56	0.00	0.43	-0.15	-0.01	-1.30	-0.02	0.54	-0.18	-0.98	-0.22	0.55
1998	-1.25	0.08	-0.28	-0.29	-1.44	0.51	-1.23	-0.85	-1.05	2.14	0.84	-1.31
1999	0.38	0.12	0.47	0.25	0.22	-0.11	0.27	-0.50	1.07	-0.01	-0.01	-0.63
2000	-0.74	-0.07	0.25	-0.95	-0.18	1.16	0.42	-0.28	-0.02	1.19	-1.25	0.61
2001	0.29	-2.09	-0.01	0.38	1.84	-0.44	1.09	0.50	-0.71	0.35	0.29	-0.90
2002	-1.64	0.73	0.53	0.06	0.06	-0.44	1.68	0.74	1.02	0.29	1.60	-0.41
2003	1.37	-0.97	0.74	0.48	-0.69	0.74	-1.23	0.73	-0.60	1.32	-0.44	-0.08
2004	2.25	0.99	-0.22	-0.06	0.17	1.29	0.62	0.40	0.62	0.17	0.18	-0.13
2005	-1.16	1.39	-1.03	-1.40	-1.13	-0.68	-1.23	0.52	-1.17	0.41	0.27	1.38
2006	0.98	-0.55	-0.83	0.86	-0.70	0.44	-1.23	0.78	0.52	1.08	0.47	0.25
2007	-0.06	-0.68	0.29	-0.37	0.43	-1.30	0.90	-1.75	-0.46	-0.10	0.23	0.03
2008	1.05	-1.32	-0.87	-0.02	0.79	0.15	0.08	0.19	-1.29	0.27	0.04	1.07
2009	0.34	-0.66	-0.74	0.49	0.49	-1.30	-1.23	-1.75	-0.30	-0.77	1.80	0.26
2010	-0.13	-0.15	0.46	-1.03	0.33	-1.30	0.62	-1.75	-2.27	-0.16	-0.55	0.06
maximo	2.25	3.19	2.14	1.91	1.84	2.08	1.94	1.37	1.91	2.14	1.80	1.44
Minimo	-2.58	-2.09	-2.86	-2.57	-2.59	-1.30	-1.23	-1.75	-2.27	-3.00	-3.28	-4.24

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-29: Índice de Precipitación Estandarizada – Estación Crucero.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-0.82	-0.98	0.45	-0.28	-2.56	-1.39	-0.98	-1.90	-0.47	-1.54	-0.69	-0.20
1965	-0.21	-0.25	-0.82	-0.45	-0.96	-1.39	-0.98	-0.68	-0.16	-1.31	-0.40	0.36
1966	-2.28	0.37	-0.07	-1.52	1.27	-1.39	-0.98	-0.50	0.48	0.38	-0.53	-1.49
1967	-2.29	-0.42	-0.65	-2.47	1.02	0.19	1.22	0.89	0.54	0.75	-1.00	0.83
1968	-0.79	-0.05	-0.10	-1.29	-2.56	-1.39	2.08	0.90	0.44	-0.34	-5.13	-1.56
1969	0.86	-0.86	-0.75	-0.99	-0.39	0.49	0.97	0.64	0.07	-0.53	0.13	-1.43
1970	-0.08	0.48	0.12	0.59	0.24	-1.39	0.91	-1.90	-3.91	0.31	-0.15	1.56
1971	0.87	1.70	-1.64	-0.27	-2.56	0.70	-0.98	-0.24	-1.33	-1.08	1.19	0.83
1972	0.31	-0.86	-0.75	1.26	0.83	0.44	-0.98	1.14	0.67	1.07	0.50	0.45
1973	1.00	0.01	-0.33	1.48	0.20	-0.38	1.62	-0.19	0.55	1.14	-0.39	0.51
1974	-0.20	1.39	-0.25	0.65	-0.53	0.89	1.01	1.00	0.61	1.50	-0.12	0.89
1975	-0.18	-0.27	-0.47	1.34	0.29	0.13	0.17	0.36	1.31	0.19	0.10	0.91
1976	0.77	-0.50	0.03	-0.10	1.21	0.13	0.50	0.44	1.02	-2.32	-0.56	0.49
1977	-0.62	0.09	0.11	0.93	0.77	0.75	0.72	-1.90	0.55	-1.00	1.19	0.10
1978	0.08	0.46	0.92	0.49	-0.30	1.02	-0.98	-0.48	1.47	-1.60	0.77	1.45
1979	0.53	0.33	1.25	1.19	1.12	-1.39	-0.98	1.16	0.72	-0.35	0.38	1.04
1980	0.62	-0.70	0.71	-0.26	0.32	-1.39	-0.98	-0.20	1.52	1.64	-1.14	-1.17
1981	0.47	1.03	1.85	0.91	-0.76	0.32	-0.98	-0.20	1.09	0.90	0.54	0.72
1982	0.06	-0.35	-0.88	-0.34	-0.26	0.62	-0.98	0.12	-0.66	-0.30	0.94	-0.57
1983	-2.60	0.28	-0.16	1.34	0.37	0.47	-0.98	-0.50	0.10	-0.93	-0.65	-0.53
1984	2.21	1.14	0.23	0.63	0.04	0.26	0.56	1.22	-0.43	1.54	0.86	0.34
1985	0.86	-0.43	0.63	1.47	1.00	1.79	-0.98	0.94	0.82	-0.13	1.11	1.92
1986	1.06	2.15	1.92	1.79	0.03	-1.39	0.69	1.21	0.93	-0.44	0.70	1.03
1987	1.03	-0.24	0.99	-0.65	0.73	0.62	2.16	-1.90	-0.46	0.70	1.08	-0.16
1988	-0.48	0.38	0.97	0.94	0.74	-1.39	-0.98	-1.90	-0.25	0.17	-0.39	0.68
1989	0.25	-0.81	0.67	-0.52	0.30	1.48	-0.98	0.97	0.60	0.29	0.18	-0.20
1990	0.06	-0.32	-0.70	0.28	-2.56	2.13	-0.98	-0.20	0.15	1.57	1.45	-0.76
1991	-0.35	-0.90	1.17	0.38	1.62	1.65	-0.98	-0.94	1.17	-0.37	0.30	0.95
1992	1.31	1.59	0.49	-2.01	-1.23	1.45	0.86	2.67	-1.54	0.27	1.60	0.62
1993	0.32	-0.89	-0.51	0.86	0.41	0.69	-0.98	1.28	-0.05	-0.64	0.53	0.63
1994	1.36	2.76	0.45	0.84	0.86	0.45	-0.98	-0.05	1.60	0.23	-0.13	1.26
1995	0.32	-0.58	0.77	-0.18	0.99	0.04	-0.98	0.47	-0.11	-0.41	0.22	-0.48
1996	0.14	0.01	-2.89	0.18	1.25	-1.39	-0.98	0.77	-0.59	-1.21	0.54	-0.89
1997	0.61	2.07	1.50	-0.05	0.47	-1.39	-0.98	0.53	-0.56	-0.40	0.41	-2.32
1998	-2.21	-0.66	0.85	0.53	-1.49	0.33	-0.98	-0.84	-1.79	1.81	0.51	-2.06
1999	-0.14	-0.21	1.08	0.54	1.11	-0.34	-0.16	-1.90	0.81	-0.30	-0.09	-2.11
2000	-0.56	-1.35	-1.17	-2.13	-0.10	0.73	0.66	0.03	-0.80	1.10	-1.13	-0.24
2001	0.23	-1.25	0.45	-0.56	0.55	-1.39	1.34	0.39	-0.23	1.09	-0.38	-0.60
2002	-1.75	0.45	-0.49	-0.75	0.20	-0.26	1.55	0.32	-0.04	0.63	0.10	0.47
2003	0.77	-0.42	0.59	0.47	0.20	0.71	-0.98	0.70	0.02	0.90	0.09	0.09
2004	1.19	0.73	-0.04	0.18	0.35	1.19	0.67	0.38	0.47	0.19	0.33	0.06
2005	-0.30	0.97	-0.54	-0.49	0.16	-0.01	-0.98	0.49	-0.14	0.33	0.37	0.96
2006	0.06	-1.77	-1.61	-0.32	-1.18	0.39	-0.98	0.54	-0.32	-0.87	0.56	-0.49
2007	0.14	-0.26	0.29	0.02	0.42	-0.05	0.93	-0.57	0.07	0.05	0.35	0.15
2008	-0.22	-1.70	-1.37	-0.78	0.37	-1.39	-0.98	-0.03	-1.49	0.18	-0.53	0.05
2009	-1.08	-1.07	-2.26	-0.66	0.01	-1.39	0.57	-1.90	0.71	-2.49	-0.03	-1.39
2010	-0.05	-0.52	0.07	-1.89	0.25	-1.39	0.01	-0.62	-1.68	-0.24	-1.20	-0.54
maximo	2.21	2.76	1.92	1.79	1.62	2.13	2.16	2.67	1.60	1.81	1.60	1.92
Minimo	-2.60	-1.77	-2.89	-2.47	-2.56	-1.39	-0.98	-1.90	-3.91	-2.49	-5.13	-2.32

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-30: Índice de Precipitación Estandarizada – Estación Muñani.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	-1.25	-0.37	1.05	0.61	1.37	-1.33	-1.28	-1.51	0.87	-0.49	0.15	-0.01
1965	0.17	-0.30	1.13	1.33	-2.73	-1.33	-1.28	-0.08	-0.34	-0.33	0.63	1.14
1966	-0.28	-0.24	-0.20	-1.16	1.57	-1.33	-1.28	-1.51	0.65	1.07	0.62	-0.10
1967	-2.04	-0.15	0.20	-0.60	0.46	0.14	1.73	1.56	1.52	0.18	-0.30	1.26
1968	-2.04	-2.90	-0.25	0.00	-0.47	0.62	1.64	1.45	0.04	0.02	2.14	-0.22
1969	1.36	1.29	-0.82	0.65	-0.75	-1.33	1.24	0.41	1.14	1.15	-1.18	-0.61
1970	-0.07	0.21	0.13	1.21	1.08	1.04	0.88	-1.51	1.32	0.31	-1.61	1.42
1971	1.12	0.86	-1.93	1.31	0.20	-1.33	-1.28	0.45	-1.53	1.27	1.31	0.03
1972	1.99	-0.65	-0.72	-0.64	-0.24	-1.33	-1.28	0.95	0.35	-0.85	-0.33	0.33
1973	-0.96	-0.07	-0.11	0.76	-2.73	-1.33	1.25	1.32	1.31	0.13	-0.95	-1.53
1974	-1.32	0.43	-1.38	-4.55	-0.16	0.46	-1.28	2.03	0.26	-0.79	-3.09	-0.39
1975	0.76	0.24	-2.38	-1.26	0.10	-1.33	-1.28	-1.51	-0.19	0.11	-0.96	1.90
1976	1.46	0.26	0.20	-0.80	1.48	1.40	0.83	0.90	1.14	-1.37	-0.17	-0.27
1977	-3.25	-0.68	0.83	-0.14	1.19	0.60	0.08	-0.45	1.19	0.67	1.07	1.07
1978	0.85	1.20	0.77	0.64	0.90	0.61	-0.07	-1.51	-0.47	0.24	0.98	1.09
1979	-0.58	0.33	0.31	0.95	-2.73	-1.33	-0.64	-0.09	-0.93	-0.72	-0.90	-0.89
1980	-0.74	0.55	0.20	1.02	-0.75	0.50	-1.28	-1.51	-0.71	1.38	0.70	0.65
1981	0.43	0.86	0.18	-0.75	-2.73	-1.33	-1.28	-1.51	0.26	0.39	-0.89	-0.70
1982	0.86	-3.40	-0.42	0.39	0.11	-1.33	-1.28	0.12	1.01	0.91	1.61	-0.21
1983	-0.72	-1.00	-1.21	-1.06	0.25	-1.33	-1.28	-1.51	-0.55	-2.23	-1.33	-4.51
1984	1.07	1.58	1.05	-1.49	0.20	-1.33	-1.28	-1.51	-1.47	-0.98	0.25	0.73
1985	0.20	0.80	0.50	0.34	1.17	-1.33	-1.28	-1.51	0.78	0.14	-0.35	-1.18
1986	0.52	1.29	1.87	1.56	-0.25	1.01	-1.28	-1.51	-0.01	-0.95	-0.58	0.23
1987	0.78	-2.30	-3.41	-0.90	-0.49	0.73	1.96	-1.51	-3.64	-0.28	-0.46	-1.97
1988	-0.46	0.46	1.96	1.34	1.74	-1.33	-1.28	-1.51	-3.64	-4.77	-1.62	0.59
1989	-2.24	1.09	-0.55	0.17	0.71	-1.33	-1.28	1.11	0.07	1.57	1.73	0.40
1990	0.78	0.02	-0.79	-1.00	-0.49	2.65	-1.28	0.09	-0.49	1.07	1.98	0.59
1991	-0.30	-0.70	0.08	0.46	-0.46	2.23	0.85	-1.51	0.47	0.92	-0.63	-0.80
1992	0.72	-2.34	-0.96	-0.63	0.35	0.44	0.38	0.32	0.01	-0.15	-0.39	-0.53
1993	0.36	-0.53	0.93	0.21	-0.04	1.32	0.16	1.12	0.02	0.68	1.29	-0.02
1994	0.55	0.18	0.36	0.42	-0.04	0.11	0.16	0.50	-0.09	0.18	0.29	0.27
1995	-0.14	-0.01	0.14	-0.33	0.08	0.11	0.16	0.24	-0.23	-0.01	0.00	0.31
1996	0.20	0.04	-0.30	0.43	0.05	0.11	0.74	0.47	-0.08	-0.22	0.01	-0.01
1997	0.52	0.59	1.05	0.44	0.19	0.11	0.16	0.84	0.60	0.09	0.74	0.29
1998	-0.07	0.17	0.52	-0.19	-0.04	0.40	0.16	0.34	0.00	0.49	0.69	-0.75
1999	-0.19	0.35	0.36	1.33	0.47	0.11	0.45	0.32	0.34	0.34	-0.49	-0.08
2000	0.36	0.46	0.08	-0.36	0.75	0.79	1.10	0.48	-0.06	0.68	-0.70	0.49
2001	0.76	0.14	0.17	-0.14	0.82	0.29	0.89	0.56	0.07	0.15	-0.68	-0.43
2002	0.16	0.43	0.03	0.80	1.12	0.40	1.56	0.76	0.38	0.69	0.63	0.36
2003	0.01	0.31	1.62	0.16	0.21	0.53	0.16	0.73	0.42	-0.12	-0.38	-0.03
2004	0.60	0.20	-0.33	0.15	0.03	0.40	0.73	0.97	1.15	-0.19	0.03	0.53
2005	-0.42	0.64	-0.30	0.09	-0.04	0.11	0.16	0.58	-0.33	0.89	0.28	-0.02
2006	0.40	0.07	-0.35	-0.23	-0.04	0.52	0.16	0.39	-0.19	0.23	0.48	1.22
2007	-0.35	-0.05	0.23	0.68	0.16	0.11	0.88	0.24	0.38	-0.09	0.16	-0.06
2008	0.24	0.45	0.61	0.43	0.73	0.46	1.10	0.87	0.58	0.41	0.21	0.26
2009	0.16	0.32	0.65	0.02	-0.09	0.43	0.06	0.76	0.54	0.08	-0.11	0.28
2010	0.20	0.29	-0.54	0.11	-0.03	0.30	0.54	0.70	0.51	0.32	0.26	0.53
maximo	1.99	1.58	1.96	1.56	1.74	2.65	1.96	2.03	1.52	1.57	2.14	1.90
Minimo	-3.25	-3.40	-3.41	-4.55	-2.73	-1.33	-1.28	-1.51	-3.64	-4.77	-3.09	-4.51

Fuente: Elaboración propia

Con los valores de Índice de Precipitación Estandarizada presentados en los cuadros 5-22 al 5-30, se realizaron los gráficos de serie de tiempo de índice de precipitación estandarizada de las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, para un periodo de 47 años (1964 al 2010), los mismos que se muestran en los Gráficos 5-13 al 5-21.

En los gráficos de serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada, se puede apreciar la variación temporal de las sequías, de acuerdo a la Tabla 1, los valores de IPE 0.5, 0.0 y -0.05 tienen una humedad casi normal, mientras que los valores de IPE - 1.0, -1.1 y  $< -2.0$ , son considerados Moderadamente seco, Muy seco y Sequía extrema, respectivamente. Con la presente investigación podemos analizar, para cada uno de las estaciones consideradas, los eventos de los valores mensuales de IPE menores a -1.0, puesto que estaríamos en condiciones de moderadamente seco, muy seco y sequía extrema que de una u otra manera va a afectar a la productividad de los cultivos en la Provincia de Azángaro y zonas aledañas.

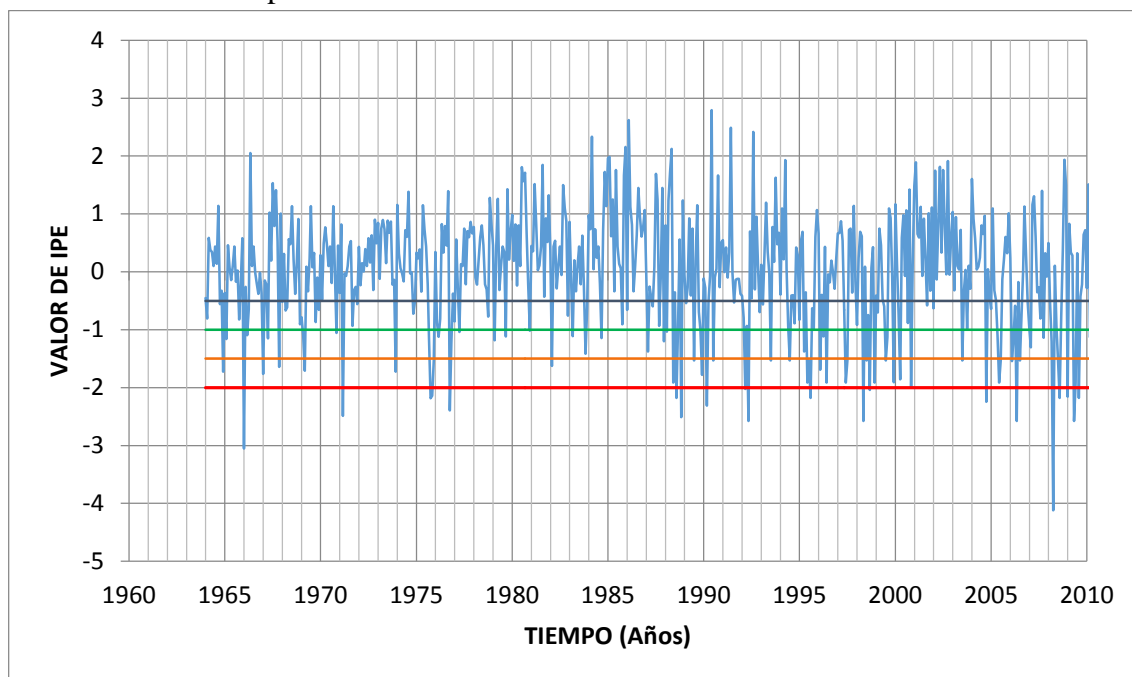
Tabla 1: Valores de IPE, Categoría y Probabilidad.

VALOR DE IPE	CATEGORIA	PROBABILIDAD
2.00 a mas	Extremadamente húmeda	2.3
1.50 a 1.99	Muy húmeda	4.4
1.00 a 1.49	Moderadamente húmeda	9.2
-0.99 a 0.99	Cercana a la normal	68.2
-1.49 a 1.00	Moderadamente seca	9.2
-1.99 a -1.50	Muy seca	4.4
-2.00 a mas	Extremadamente seca	2.3

Los histogramas de serie de tiempo mensual de Índice de Precipitación Estandarizada de las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa se presentan en los gráficos 5-13 al 5-21.

**Gráfico 5- 13.Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.**

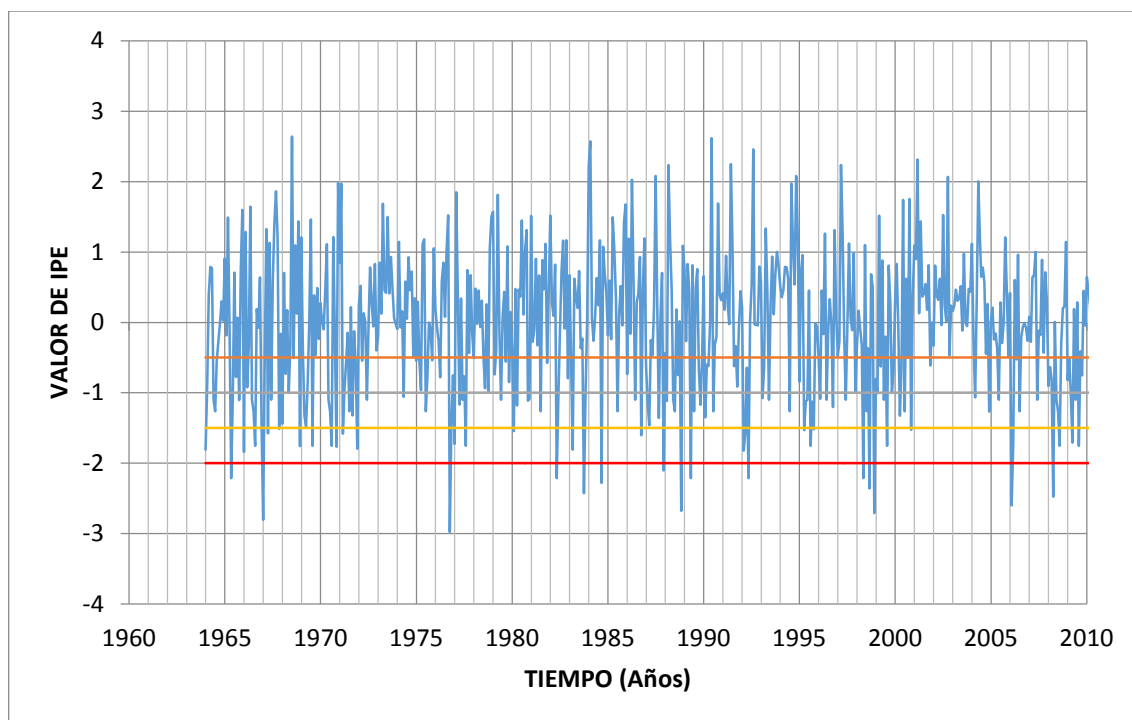
Estación Arapa –Periodo 1964 al 2010



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 14.Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.**

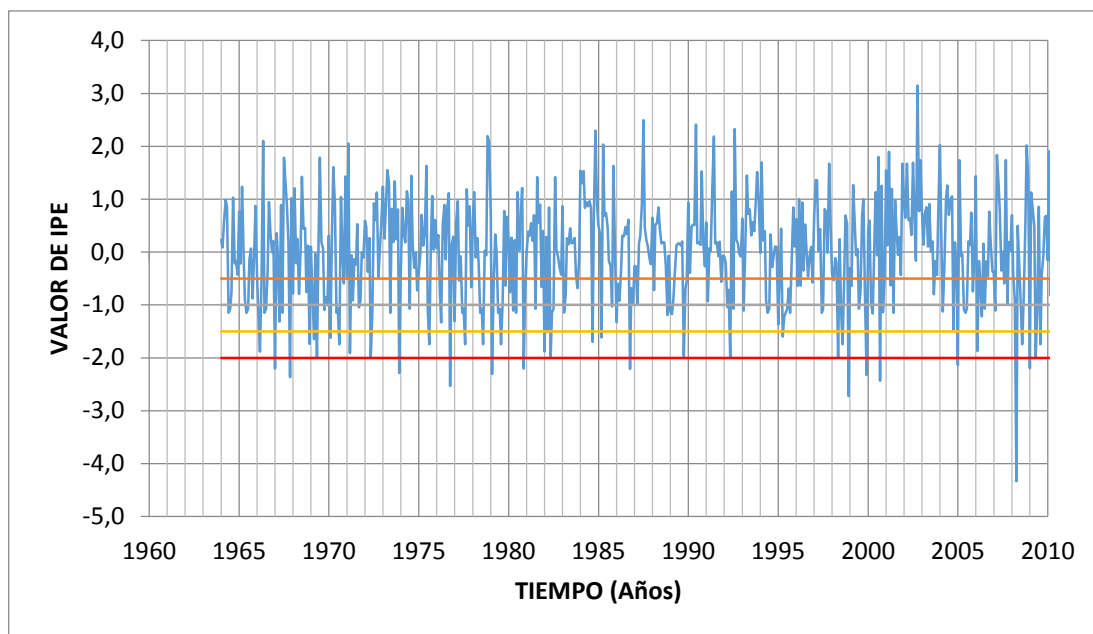
Estación Putina – Periodo 1964 al 2010.



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 15. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.**

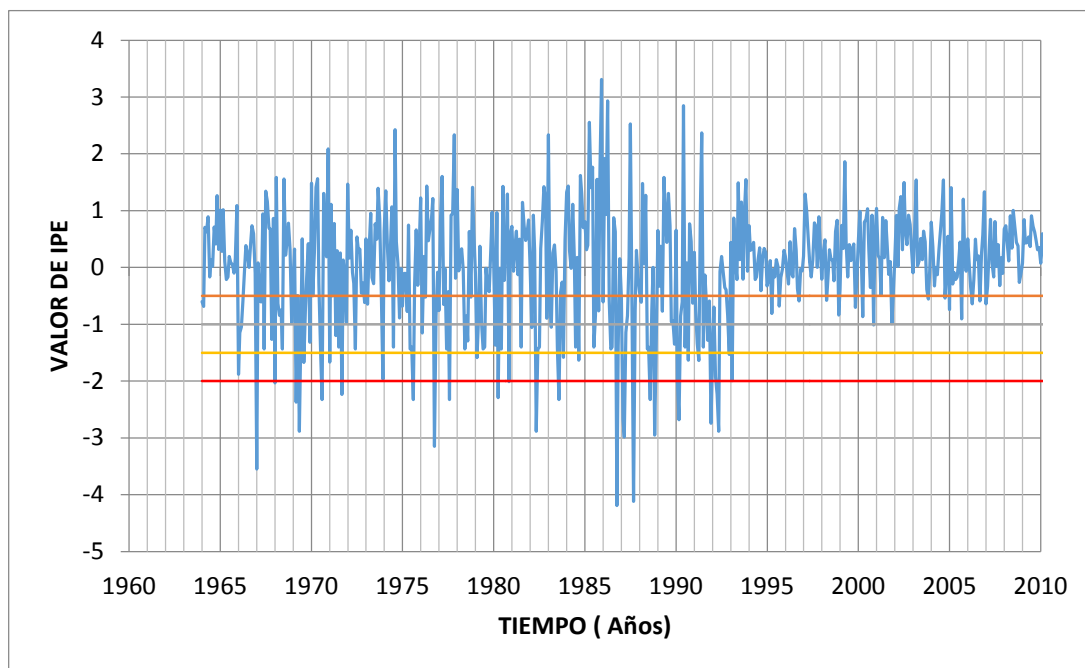
Estación Azángaro – Periodo 1964 al 2010.



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 16. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.**

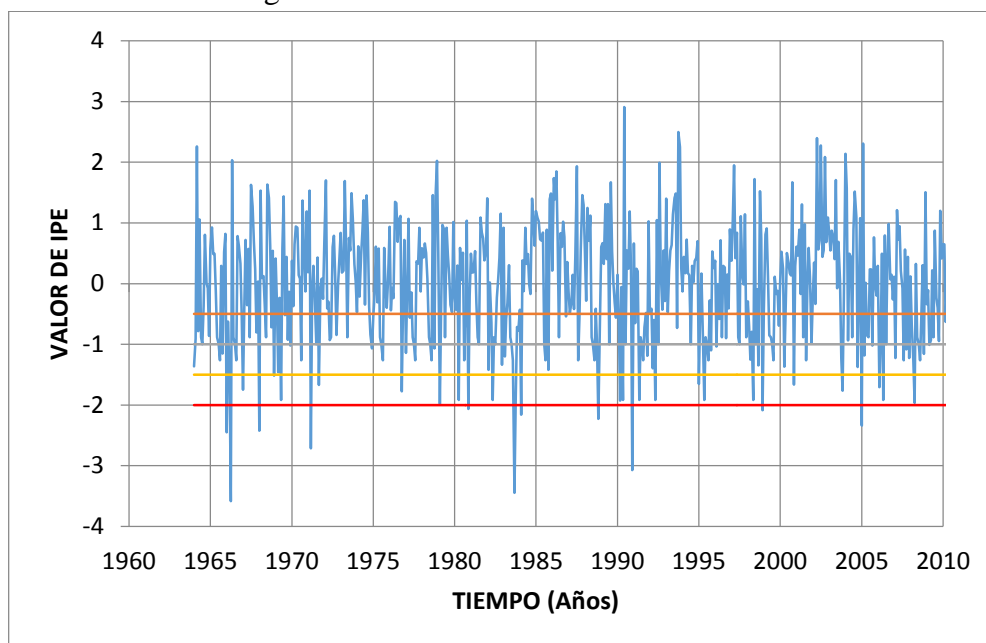
Estación Orurillo – Periodo 1964 al 2010.



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 17. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.**

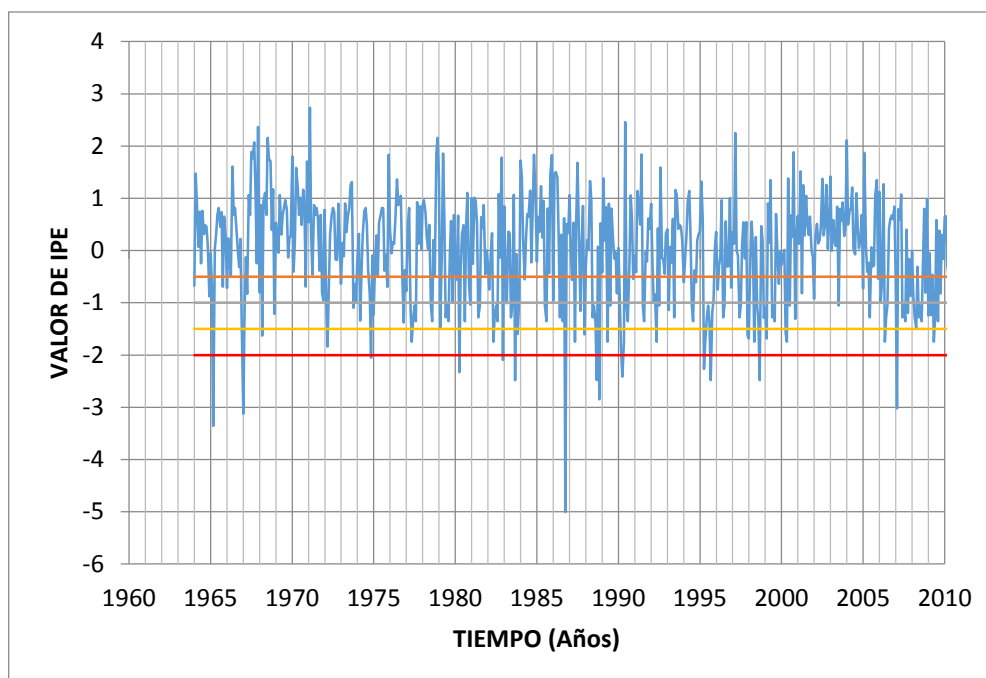
Estación Progreso – Periodo 1964 al 2010.



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 18. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.**

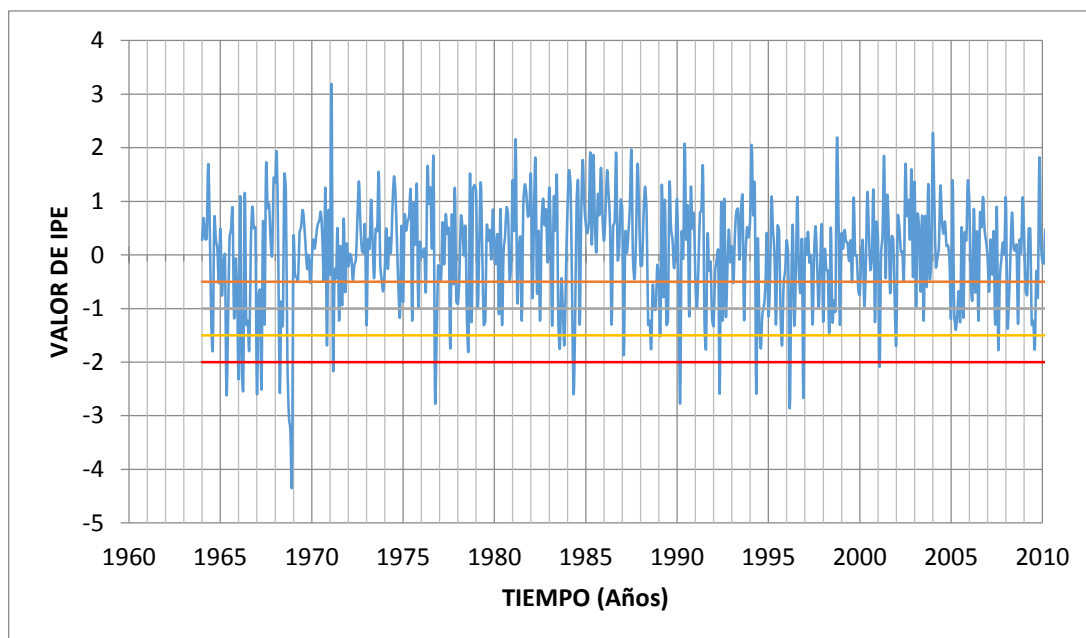
Estación Muñani – Periodo 1964 al 2010.



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 19. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.**

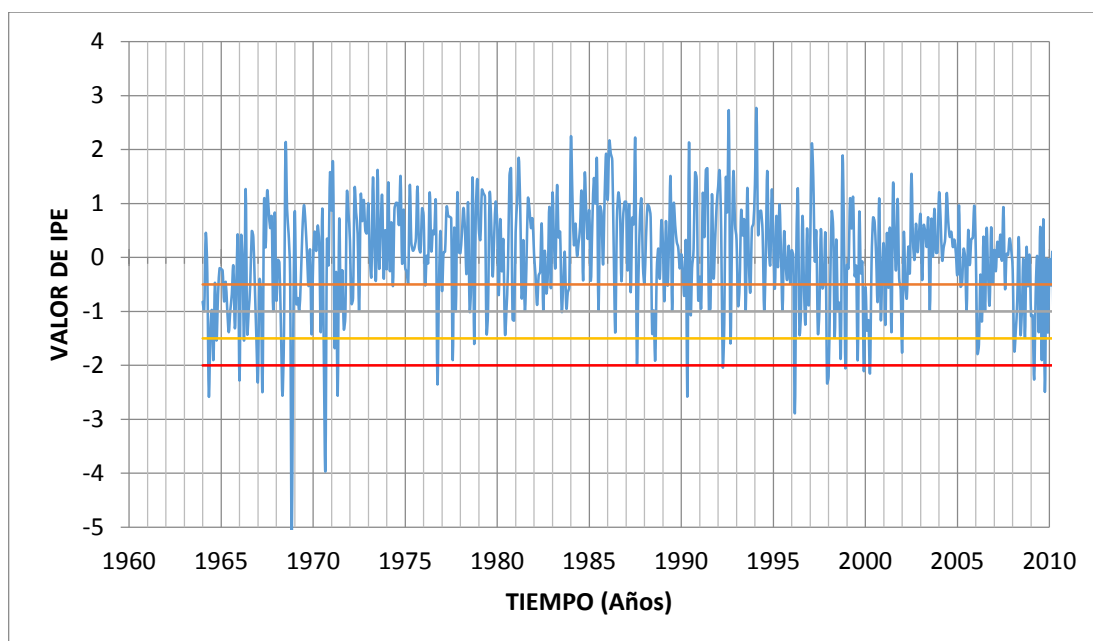
Estación Ananea – Periodo 1964 al 2010.



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 20. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.**

Estación Crucero – Periodo 1964 al 2010.

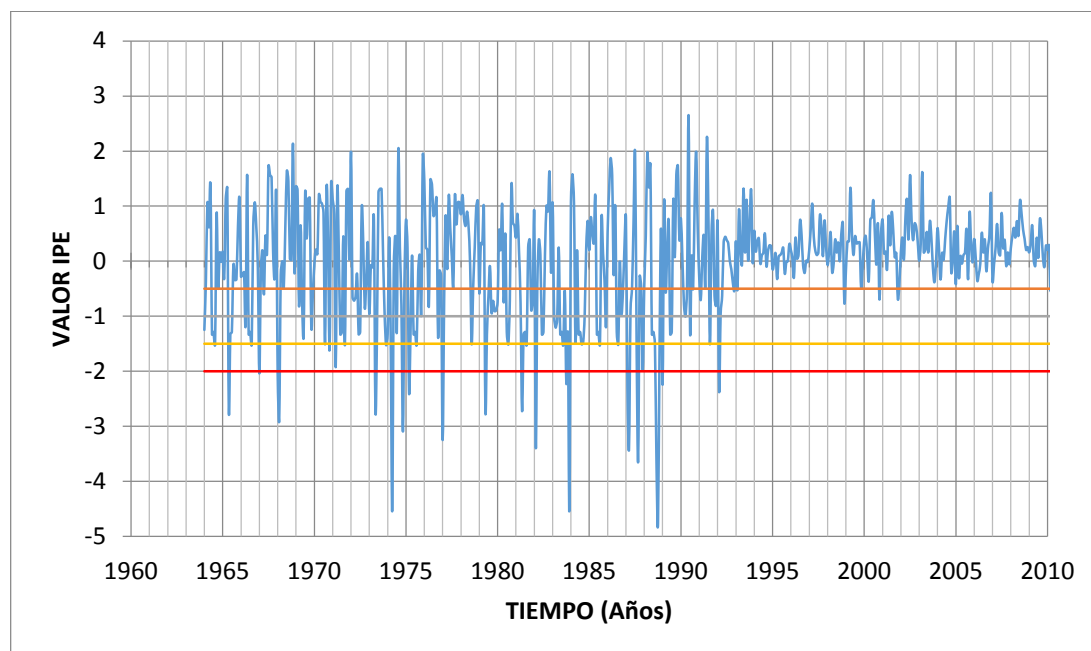


Fuente: Elaboración propia



### Gráfico 5- 21. Serie de tiempo de Índice de Precipitación Estandarizada.

Estación Nuñoa – Periodo 1964 al 2010.



Fuente: Elaboración propia

#### 5.3.3 Frecuencia de Ocurrencia de eventos de sequía por estaciones.

En el cuadro 5-31 se presentan el número de eventos o frecuencia observada para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación Arapa, de ella se puede indicar que en total ocurrieron 564 eventos, de los cuales 29 eventos están en la categoría de moderadamente seco que representa el 5 %, 35 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 6 % y 17 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco, que representa un 3 % del total de eventos, estos 17 eventos pueden causar problemas a la actividad agrícola y afectar a los cultivos por falta de humedad.

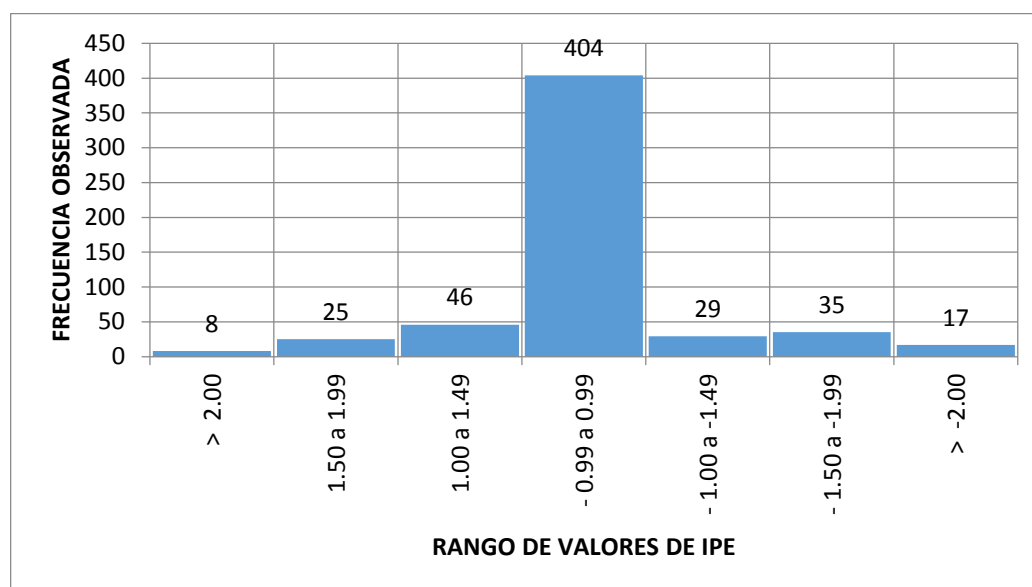
En el gráfico 5-22 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes del Indice de Precipitacion Estandarizada (IPE) de la Estación Arapa para un Período de 47 años (1964–2010).

Cuadro 5-31: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Arapa.

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	0	1	1	0	2	2	0	1	0	0	0	1	8
1.50 a 1.99	2	4	1	2	1	1	4	2	2	3	3	0	25
1.00 a 1.49	5	2	3	4	3	0	2	4	7	5	3	8	46
-0.99 a 0.99	36	31	33	35	36	37	32	34	33	34	34	29	404
-1.00 a -1.49	0	6	6	4	1	0	0	1	3	2	4	2	29
-1.50 a -1.99	2	3	1	1	0	7	13	0	0	0	2	6	35
-2.00 a mas	1	0	3	1	3	0	0	3	1	3	2	0	17
TOTAL	46	47	48	47	46	47	51	45	46	47	48	46	564

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5- 22: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Arapa - Período 1964–2010



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-32 se presentan el número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación Putina, en ella se puede observar que en total ocurrieron 564 eventos mensuales durante 47 años, de los cuales 67 eventos están en la categoría de moderadamente seco que representa

el 12 %, 28 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 5 % y 14 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco, que representa un 2.5 % del total de eventos, estos 14 eventos pueden causar problemas a la actividad agrícola y afectar a los cultivos por falta de humedad.

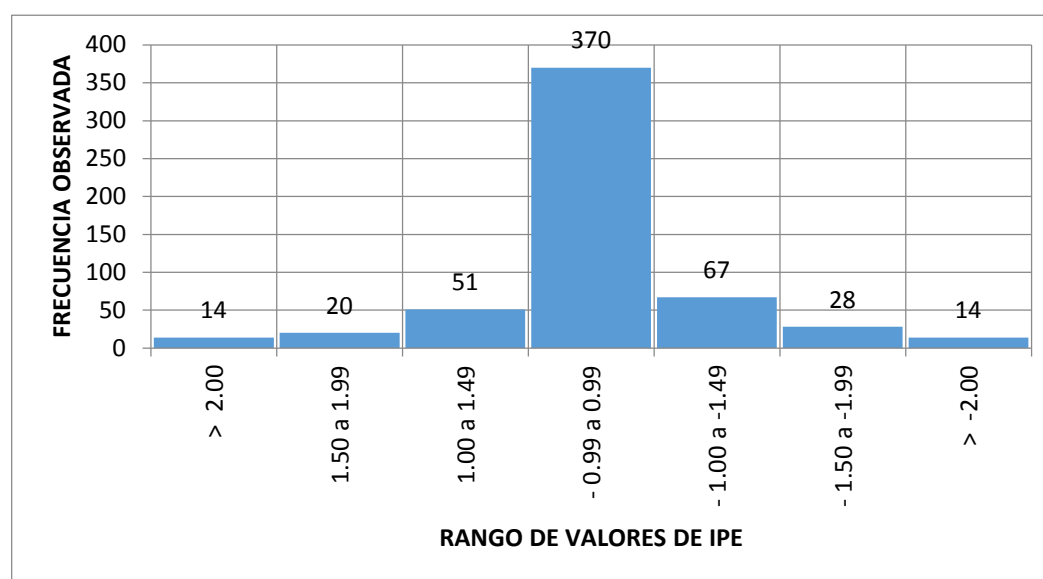
En el gráfico 5-23 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de la Estación Putina para un Período de 47 años (1964–2010).

Cuadro 5-32: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Putina.

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	1	1	3	1	1	2	2	1	0	1	1	0	14
1.50 a 1.99	3	2	1	2	1	1	1	1	2	2	0	4	20
1.00 a 1.49	4	3	2	3	7	3	3	4	5	6	6	5	51
-0.99 a 0.99	34	32	34	32	30	24	25	33	34	32	30	30	370
-1.00 a -1.49	1	6	4	4	3	21	15	0	3	2	5	3	67
-1.50 a -1.99	3	2	4	3	0	0	0	8	0	2	4	2	28
-2.00 a mas	1	1	0	1	4	0	0	0	2	2	1	2	14
TOTAL	47	47	48	46	46	51	46	47	46	47	47	46	564

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5- 23: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Putina - Período 1964–2010



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-33 se presentan el número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación Azangaro, en ella se puede observar que en total ocurrieron 564 eventos mensuales durante 47 años, de los cuales 67 eventos están en la categoría de moderadamente seco que representa el 12 %, 22 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 4 % y 12 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco que representa un 2 % del total de eventos, estos 12 eventos pueden causar problemas a la actividad agrícola y afectar a los cultivos por falta de humedad.

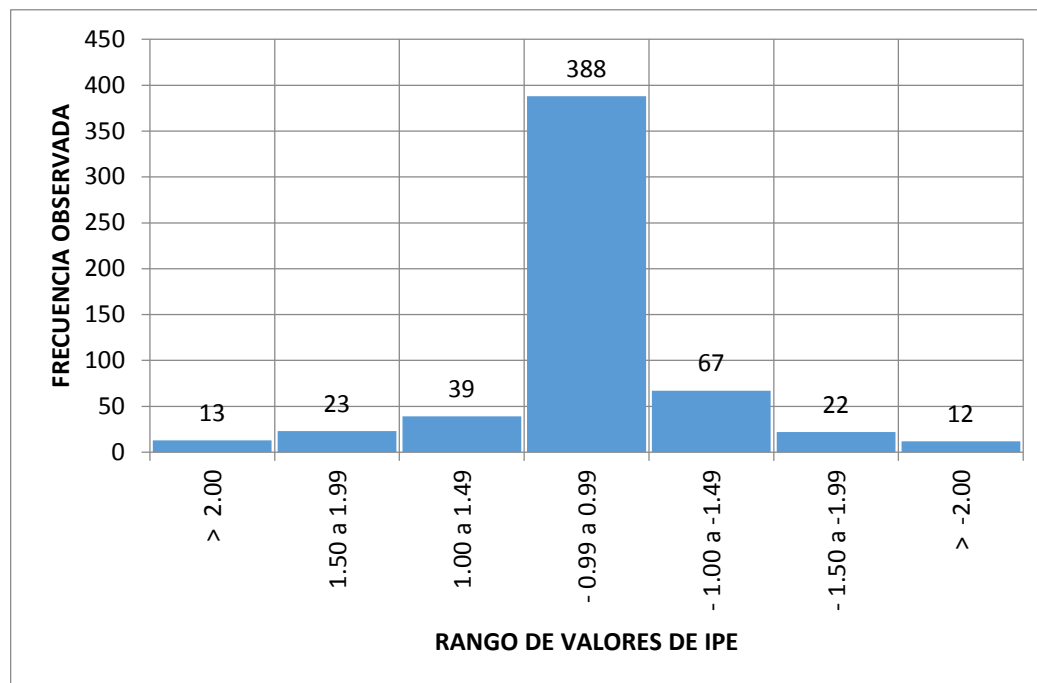
En el gráfico 5-24 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de la Estación Azangaro para un Período de 47 años (1964–2010).

Cuadro 5-33: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Azángaro.

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	1	1	0	1	1	2	1	1	0	1	3	1	13
1.50 a 1.99	2	3	4	2	0	1	3	1	1	1	3	2	23
1.00 a 1.49	2	5	4	2	4	3	2	4	7	3	0	3	39
-0.99 a 0.99	33	30	32	36	33	27	25	32	34	34	36	36	388
-1.00 a -1.49	5	5	2	4	3	19	21	0	2	3	2	1	67
-1.50 a -1.99	1	2	5	1	0	0	0	9	1	1	1	1	22
-2.00 a mas	2	1	0	1	0	0	0	0	1	2	2	3	12
TOTAL	46	47	47	47	41	52	52	47	46	45	47	47	564

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 24: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Azángaro - Período 1964–2010**



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-34 se presentan el número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación Orurillo, en ella se puede observar que en total ocurrieron 564 eventos mensuales durante 47 años, de los cuales 45 eventos están en la categoría de moderadamente seco que representa el 8 %, 12 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 2 % y 23 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco, que representa un 4 % del total de eventos, estos 23 eventos pueden causar problemas a la actividad agrícolapecuaria y afectar a los cultivos por falta de humedad.

En el gráfico 5-25 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de la Estación Orurillo para un Período de 47 años (1964–2010).

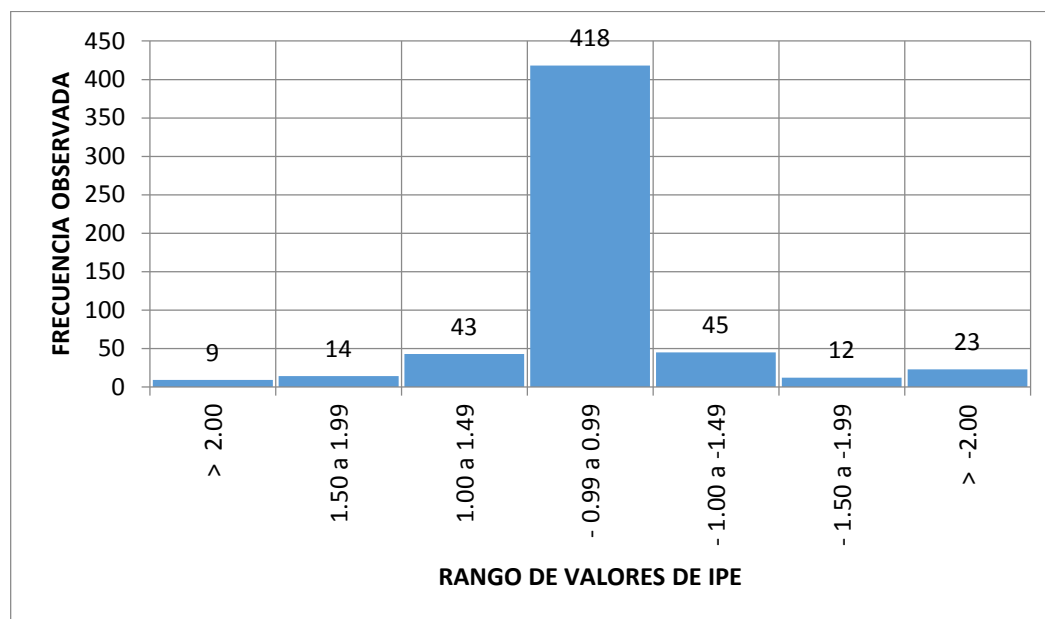
Cuadro 5-34: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Orurillo.

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	0	0	0	2	0	2	1	1	0	0	1	2	9
1.50 a 1.99	0	2	2	1	2	1	1	0	2	1	2	0	14
1.00 a 1.49	7	5	2	2	6	1	4	4	3	3	4	2	43
-0.99 a 0.99	34	32	36	38	35	31	28	35	38	40	34	37	418
-1.00 a -1.49	2	4	3	1	1	12	14	1	0	1	3	3	45
-1.50 a -1.99	2	2	1	1	0	0	0	1	2	0	1	2	12
-2.00 a mas	2	1	3	2	3	0	0	5	2	2	2	1	23
TOTAL	47	46	47	47	47	47	48	47	47	47	47	47	564

Gráfico 5- 25: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Orurillo - Período 1964–2010



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-35 se presentan el número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación Progreso en ella se puede observar que en total ocurrieron 564 eventos mensuales durante 47 años, de los cuales 47 eventos están en la categoría de moderadamente seco que

representa el 8 %, 22 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 4 % y 11 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco, que representa un 2 % del total de eventos, estos 11 eventos pueden causar problemas a la actividad agropecuaria y afectar a los cultivos por falta de humedad.

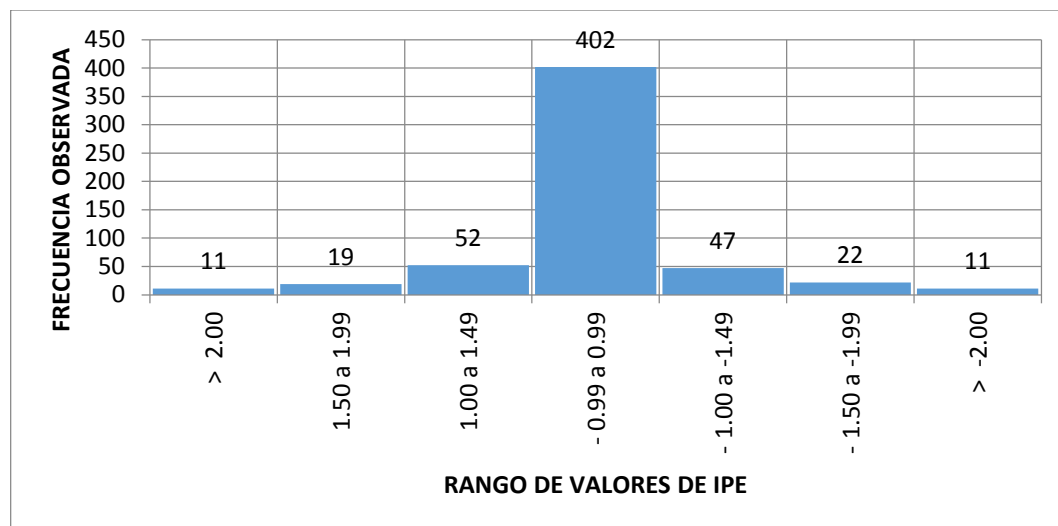
En el gráfico 5-26 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de la Estación Progreso para un Período de 47 años (1964–2010).

Cuadro 5-35: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Progreso.

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	1	11
1.50 a 1.99	0	5	1	2	0	2	3	2	0	2	1	1	19
1.00 a 1.49	4	2	5	1	4	5	2	7	5	4	6	7	52
-0.99 a 0.99	36	35	34	39	34	39	21	28	36	33	32	35	402
-1.00 a -1.49	3	4	6	1	0	0	0	17	2	8	2	4	47
-1.50 a -1.99	2	2	2	2	8	0	0	0	1	2	2	1	22
-2.00 a mas	3	1	1	1	0	0	0	0	1	0	2	2	11
TOTAL	49	50	50	47	47	47	27	54	45	51	46	51	564

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5- 26: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Progreso- Período 1964–2010



En el cuadro 5-36 se presentan el número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación

Muñani, en ella se puede observar que en total ocurrieron 564 eventos mensuales durante 47 años, de los cuales 82 eventos están en la categoría de moderadamente seco que representa el 14 %, 20 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 3.5 % y 13 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco, que representa un 2 % del total de eventos, estos 13 eventos pueden causar problemas a la actividad agropecuaria y afectar a los cultivos por falta de humedad.

En el gráfico 5-27 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de la Estación Muñani para un Período de 47 años (1964–2010).

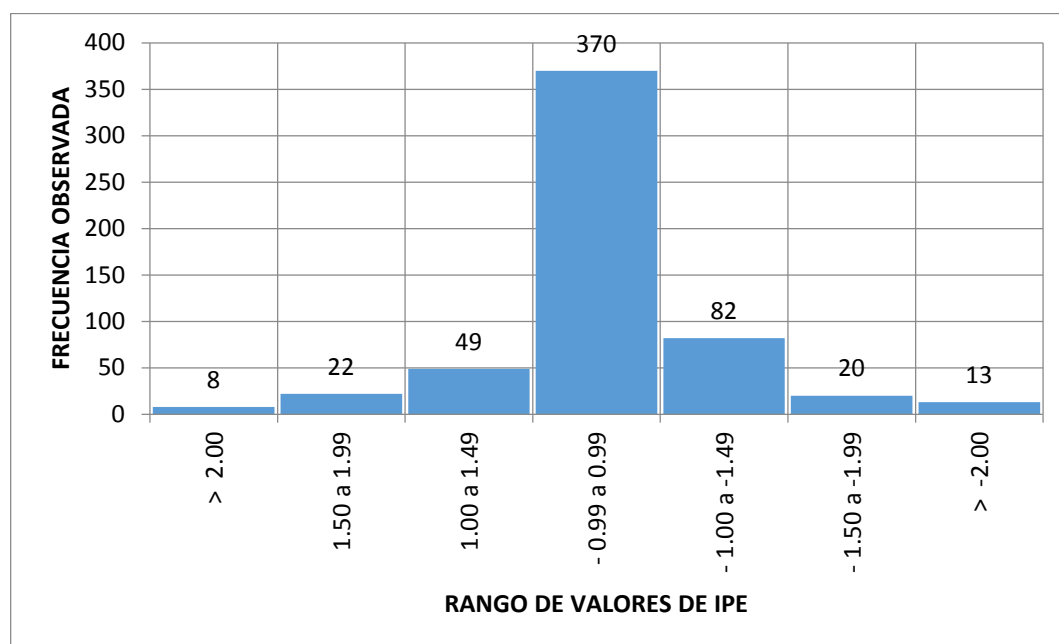
Cuadro 5-36: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Muñani.

Fuente: Elaboración propia

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	2	8
1.50 a 1.99	2	1	2	2	1	1	2	3	1	1	3	3	22
1.00 a 1.49	5	5	2	5	8	2	4	5	4	5	4	0	49
-0.99 a 0.99	34	35	34	34	27	25	18	23	35	37	33	35	370
-1.00 a -1.49	3	3	4	2	0	18	24	17	1	3	3	4	82
-1.50 a -1.99	1	1	3	1	11	0	0	0	0	0	1	2	20
-2.00 a mas	1	1	0	3	0	0	0	0	4	1	2	1	13
TOTAL	47	47	46	47	47	47	49	48	46	47	46	47	564



**Gráfico 5- 27: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Muñani - Período 1964–2010**



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-37 se presentan el número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación Ananea, en ella se puede observar que en total ocurrieron 564 eventos mensuales durante 47 años, de los cuales 68 eventos están en la categoría de moderadamente seco que representa el 12 %, 18 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 3.2 % y 18 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco, que representa un 3.2 % del total de eventos, estos 18 eventos pueden causar problemas a la actividad agropecuaria y afectar a los cultivos por falta de humedad.

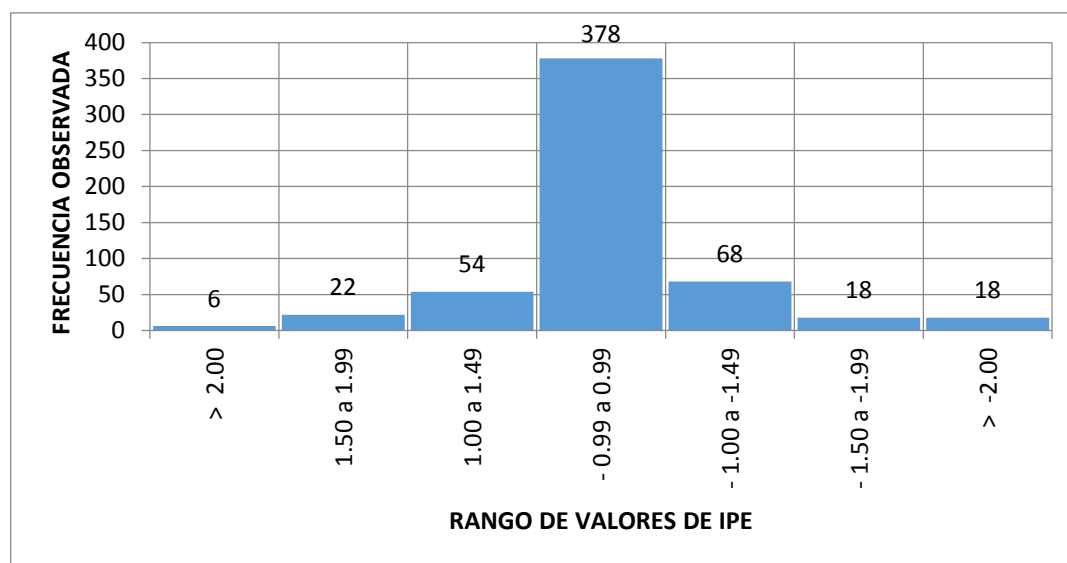
En el gráfico 5-28 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de la Estación Ananea para un Período de 47 años (1964–2010).

Cuadro 5-37: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Ananea.

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	1	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	6
1.50 a 1.99	0	2	1	2	3	2	3	0	4	0	5	0	22
1.00 a 1.49	7	2	3	6	2	4	3	8	5	7	2	5	54
-0.99 a 0.99	30	35	36	33	36	26	22	28	29	32	33	38	378
-1.00 a -1.49	6	2	2	3	2	16	19	0	9	4	3	2	68
-1.50 a -1.99	1	1	0	0	0	0	0	11	1	1	3	0	18
-2.00 a mas	2	1	4	3	3	0	0	0	0	2	1	2	18
TOTAL	47	45	47	47	46	49	47	47	48	47	47	47	564

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5- 28: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Ananea - Período 1964–2010



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-38 se presentan el número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación Crucero, en ella se puede observar que en total ocurrieron 564 eventos mensuales durante 47 años, de los cuales 35 eventos están en la categoría de moderadamente seco que representa el 6.2 %, 20 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 3.5 % y 17 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco, que representa

un 3.0 % del total de eventos, estos 13 eventos pueden causar problemas a la actividad agropecuaria y afectar a los cultivos por falta de humedad.

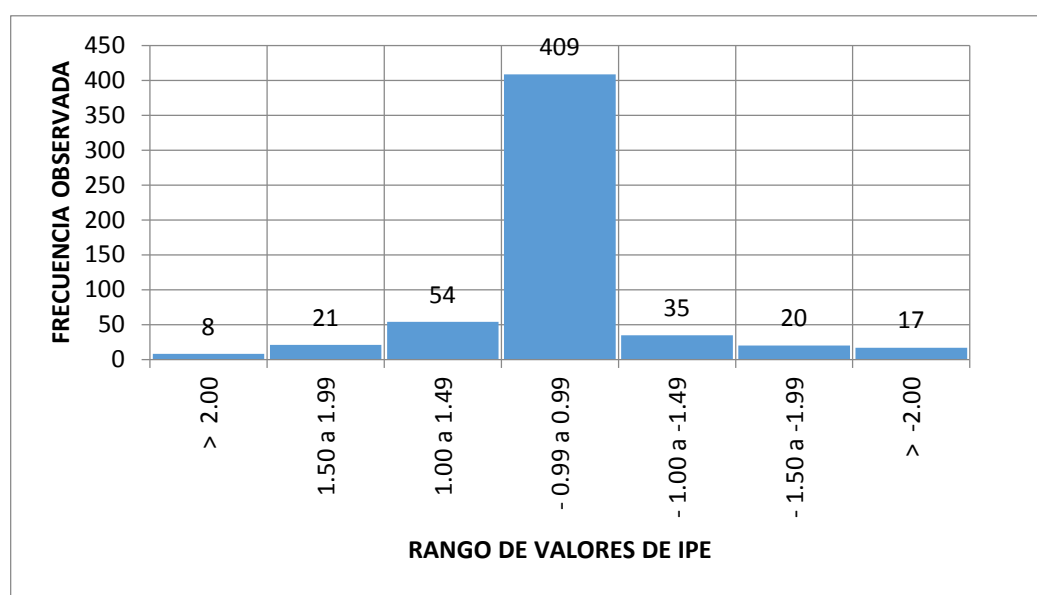
En el gráfico 5-29 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de la Estación Crucero para un Período de 47 años (1964–2010).

Cuadro 5-38: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Crucero.

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	1	3	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	8
1.50 a 1.99	0	2	3	1	1	2	2	0	2	5	1	2	21
1.00 a 1.49	5	3	3	6	6	4	3	6	5	4	5	4	54
-0.99 a 0.99	34	36	37	36	32	27	40	34	34	30	36	33	409
-1.00 a -1.49	1	3	2	1	2	15	0	0	2	3	3	3	35
-1.50 a -1.99	1	2	2	2	0	0	0	7	3	2	0	1	20
-2.00 a mas	4	0	1	3	3	0	0	0	1	1	1	3	17
TOTAL	46	49	48	49	44	49	47	48	47	45	46	46	564

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5- 29: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Crucero - Período 1964–2010.



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-39 se presentan el número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de la estación Nuñoa, en ella se puede observar que en total ocurrieron 564 eventos mensuales durante 47 años, de los cuales 47 eventos están en la categoría de moderadamente seco que representa el 8.3 %, 20 eventos corresponde a la categoría muy secos , que representa un 3.5 % y 20 eventos que corresponden a la categoría extremadamente seco, que representa un 3.5 % del total de eventos, estos 20 eventos pueden causar problemas a la actividad agropecuaria y afectar a los cultivos por falta de humedad.

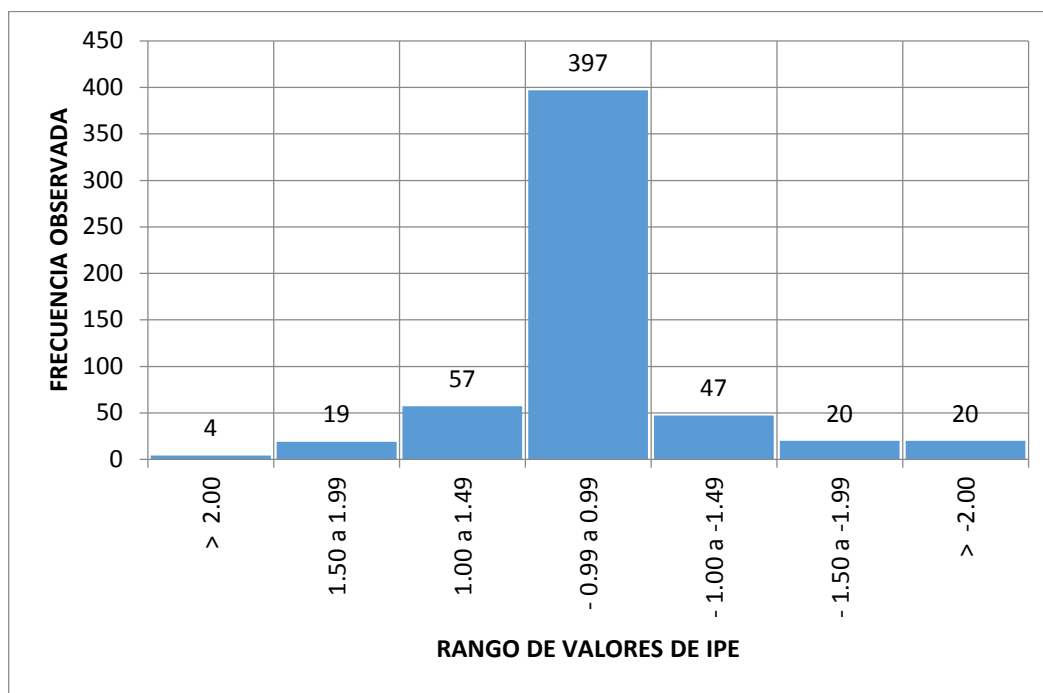
En el gráfico 5-30 se observa el diagrama de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de la Estación Nuñoa para un Período de 47 años (1964–2010).

Cuadro 5-39: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía diferenciados por su Magnitud de IPE – Estación Nuñoa.

Fuente: Elaboración propia

VALOR IPE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2.00 a mas	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	4
1.50 a 1.99	1	1	3	1	2	0	4	1	1	1	3	1	19
1.00 a 1.49	4	4	4	6	6	4	4	4	7	5	3	6	57
-0.99 a 0.99	36	37	35	34	35	27	22	27	35	38	35	36	397
-1.00 a -1.49	2	1	2	4	0	16	17	0	1	1	2	1	47
-1.50 a -1.99	0	0	1	0	0	0	0	14	1	0	2	2	20
-2.00 a mas	4	4	2	1	3	0	0	0	2	2	1	1	20
TOTAL	47	47	47	46	46	49	47	47	47	47	47	47	564

**Gráfico 5- 30: Frecuencia de ocurrencia de eventos de sequía según las Magnitudes de IPE de la Estación Nuñoa - Período 1964–2010**



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5-40 se presenta el resumen del número de eventos para diferentes valores de índice de precipitación estandarizada durante el periodo de 1964 al 2010 de las estaciones Arapa, Putina, Azángaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, en ella se puede observar que para valores de IPE de -1.00 a -1.49, en las 09 estaciones el rango de eventos de sequias varían de 29 a 82 eventos, que corresponden a las estaciones Arapa y Muñani respectivamente, para valores de IPE entre -1.50 a -1.99, en las 09 estaciones el rango de eventos de sequias varían de 12 a 35 eventos que corresponden a las estaciones de Orurillo y Arapa respectivamente y para valores de IPE mayores a -2.00, en las 09 estaciones el rango de eventos de sequias varían de 11 a 23 eventos que corresponden a las estaciones Progreso y Arapa, respectivamente.

En el gráfico 5-31, observa el histograma de frecuencia de ocurrencia de eventos para diferentes magnitudes de Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) de las estación Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, para un Período de 47 años (1964–2010); en ella se puede observar que el comportamiento de los

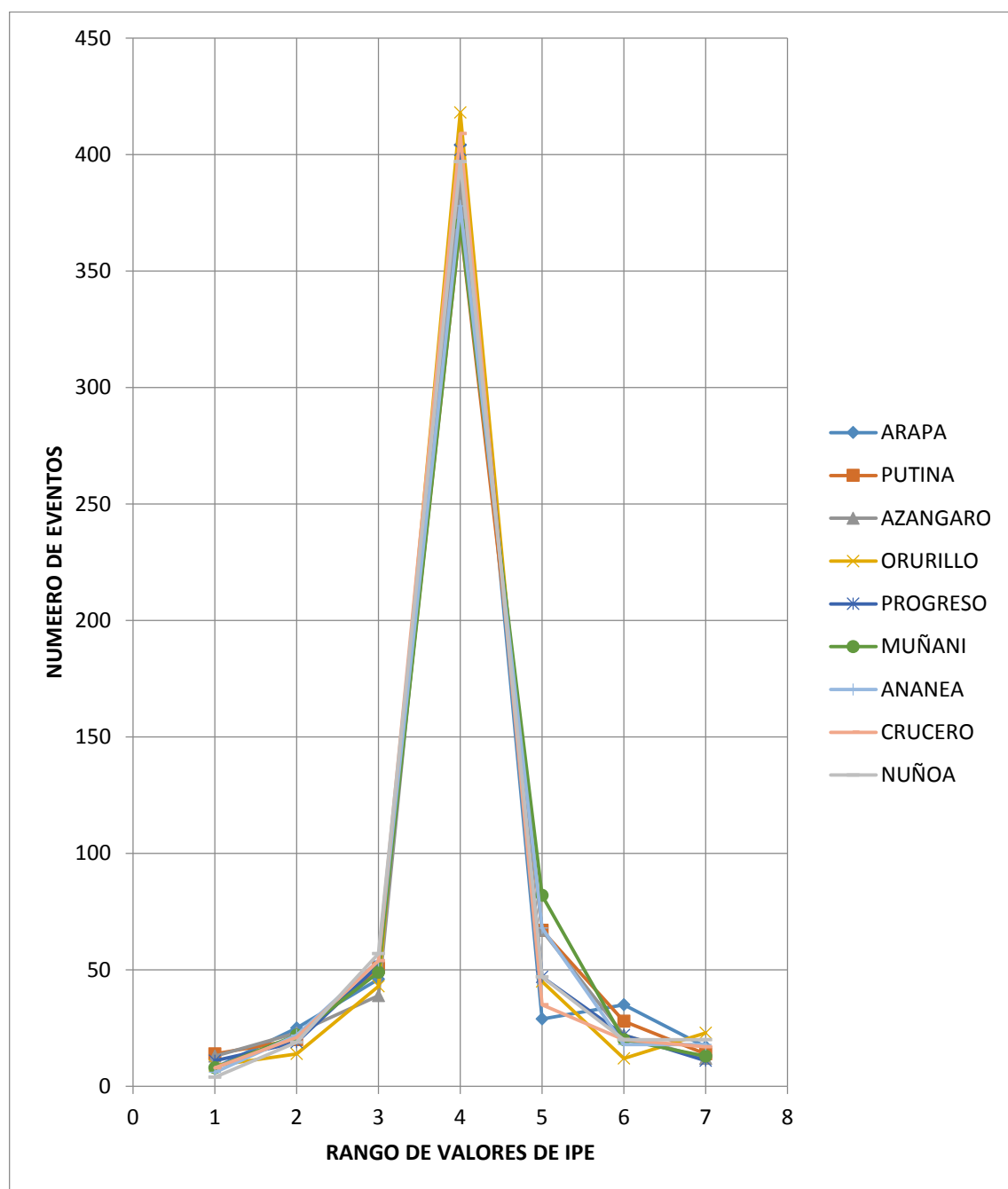
eventos para los diferentes valores de IPE, en las 09 estaciones tienen un comportamiento similar.

Cuadro 5-40: Resumen de frecuencia de ocurrencia de eventos según los rangos de IPE en las 09 estaciones – Periodo 1964 a 2010

ESTACION	F.Obs. / %	VALOR IPE							TOTAL
		> 2.00	1.50 1.99	1.00 1.49	-0.99 0.99	-1.00 -1.49	-1.50 a 1.99	> -2.00	
ARAPA	N° Eventos	8	25	46	404	29	35	17	564
	%	1.4	4.4	8.2	71.6	5.1	6.2	3.0	100
PUTINA	N° Eventos	14	20	51	370	67	28	14	564
	%	2.5	3.5	9.0	65.6	11.9	5.0	2.5	100
AZANGARO	N° Eventos	13	23	39	388	67	22	12	564
	%	2.3	4.1	6.9	68.8	11.9	3.9	2.1	100
ORURILLO	N° Eventos	9	14	43	418	45	12	23	564
	%	1.6	2.5	7.6	74.1	8.0	2.1	4.1	100
PROGRESO	N° Eventos	11	19	52	402	47	22	11	564
	%	2.0	3.4	9.2	71.3	8.3	3.9	2.0	100
MUÑANI	N° Eventos	8	22	49	370	82	20	13	564
	%	1.4	3.9	8.7	65.6	14.5	3.5	2.3	100
ANANEA	N° Eventos	6	22	54	378	68	18	18	564
	%	1.1	3.9	9.6	67.0	12.1	3.2	3.2	100
CRUCERO	N° Eventos	8	21	54	409	35	20	17	564
	%	1.4	3.7	9.6	72.5	6.2	3.5	3.0	100
NUÑO A	N° Eventos	4	19	57	397	47	20	20	564
	%	0.7	3.4	10.1	70.4	8.3	3.5	3.5	100

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5- 31: Histograma de frecuencias de ocurrencia de eventos según los rangos de IPE en las 09 estaciones – Periodo 1964 a 2010**



Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO VI

### VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

Luego de culminar el trabajo de investigación, se llega a las siguientes conclusiones:

- Al realizar el análisis de consistencia de la información hidrométrica, se puede concluir que la serie histórica de las precipitaciones media mensual y anual registradas en las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, son consistentes y homogéneos porque no presentan saltos en los histogramas ni desviaciones en las líneas de doble masa.
- El método de índice de precipitación estandarizada (IPE), es un método apropiado para determinar las sequias meteorológicas en la Provincia de Azángaro porque utiliza información de precipitación total mensual, el mismo que se cuenta con esta información y permite realizar un análisis temporal de los eventos de sequias en las categorías moderadamente seco, Muy seco y Sequía extrema.
- Para la escala de valores de IPE de -1.00 a -1.49 se ha detectado 29, 67, 67, 45, 47, 82, 68, 35 y 47 eventos sequia moderada para las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, respectivamente, los mismos que no influyen mucho en la actividad productiva.
- Para la escala de valores de IPE de -1.49 a -1.99 se ha detectado 35, 28, 22, 12, 22, 20, 18, 20 y 20 eventos con características de muy seco para las



estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, respectivamente, los mismos que influyen poco en la actividad productiva, hay la necesidad de incrementar la humedad a través del riego.

- Para la escala de valores de IPE mayores a  $-2.00$  se ha detectado 17, 14, 12, 23, 11, 13, 18, 17 y 20 eventos con características de sequía extrema, para las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, respectivamente, los mismos que influyen significativamente en la actividad productiva y es necesario incrementar la humedad del suelo a través del riego.
- En promedio para las estaciones Arapa, Putina, Azangaro, Orurillo, Progreso, Muñani, Ananea, Crucero y Nuñoa, se ha obtenido 9, 21, 49, 393, 54, 22 y 16 eventos para los rangos de IPE de mayor a 2.00, 1.50 a 1.99, 1.00 a 0.49, - 0.99 a 0.99, -1. a  $-1.49$  - 1.50 a -1.99 y menor a - 2.00, respectivamente.
- Para validar los resultados de la presente investigación empleando el método de Índice de Precipitación Estandarizada (IPE), es necesario comparar con las sequías históricas registradas o resultados obtenidos con otras metodologías.

## 6.2 RECOMENDACIONES

A partir del estudio realizado es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los resultados obtenidos en el presente estudio, van a servir como referencia a las posteriores investigaciones relacionados a estudios de sequias.
- Motivar a los estudiantes, la aplicación de modelos matemáticos, en el área de hidrología, que permitirá elevar el nivel de investigación dentro del campo de acción del Ingeniero Agrícola.
- Realizar estudios de determinación de sequias meteorológicas modelos estocásticos y realizar comparaciones con los resultados obtenidos en esta investigación.
- Usar la metodología del Índice de Precipitación Estandarizada para realizar la regionalización de las sequias en el altiplano peruano.

## LITERATURA CITADA

Aliaga A. "Hidrología Estadística", Lima – Perú 1985. 328p.

Aparicio F.J. 1992,"Fundamentos de Hidrología de Superficie" Editores Noriega (Limusa) México.

Guerrero P. y Yevjevich V. 1975. "analysis of Drought Caracteriscas by the theory of run" Hydrology paper N° 80, Colorado State University Fort Collins, Colorado, U.S.A.

Linsley R., M.Kohler, J. Paulhus. Hidrología para Ingenieros. McGraw Hill 1967.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1994. Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación en los Países afectados por Sequía Grave o desertificación, en Particular en África. Doc. A/AC.241/15/Rev 17. Paris.

Palmer W. 1965. Meteorological drought. Weather Bureau Research Paper No.45. 58 p.

Pierola C. N. "Análisis de consistencia de series hidrometeorológicas" Librería la Carpa U.N.I., Lima-Peru, 1993, 43p.

Ponce, V., Engineering Hydrology Principles and Practices, Prentice – Hall, New Jersey.1989.640p

Quispe E. 2007. Análisis temporal y espacial de sequias a través del método de Índice de Precipitación Estandarizada en la cuenca del rio Ramis. Universidad Nacional del Altiplano, Tesis para optar titulo de Ingeniero Agrícola. Puno, Perú.

Salas J. 1996. Estochastic Analysis, Modeling, And Simulation (SAMS) Manual – Versión 96 –1, Colorado – U.S.A. 75p.

- Salas J. 1986. Modelamiento Estocástico de Series Hidrológicas, Publicación N° 67. PUBLI DRAT. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú: 95p.
- Valiente, O. 2001. Sequía: Definiciones, Topologías y Métodos de Cuantificación. Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico 162 Regional, Revista Investigaciones Geográficas N° 26 Universidad de Barcelona, España. 59-80 pp.
- Villon M. 2002. “Hidrología Estadística”, segunda edición Enero de 2002 Lima-Peru 121p.
- Wilhite D. A.; M. H. Glantz. 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10(3):111-120p.
- World Meteorological Organization (WMO). (2006). Drought and Agriculture. Technical Note N° 138. WMO Ginebra, Suiza. p 32.
- Yevjevich. V. 1972. “Stochastic Proceses in Hydrology”. Water Resources Publications Fort Collins, Colorado, U.S.A.

## ANEXOS

ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION ARAPA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.58	4.17	4.84	3.88	2.46	1.48	1.48	2.10	3.91	3.31	3.81	3.60
1965	4.62	3.97	4.78	3.60	1.79	1.48	1.48	1.57	2.94	3.10	3.90	4.68
1966	3.16	4.44	4.04	2.84	4.03	1.48	1.48	1.86	2.70	3.44	4.01	4.28
1967	3.94	4.50	4.48	2.19	3.20	1.65	2.94	3.01	4.10	4.04	2.77	4.84
1968	4.55	4.71	4.26	2.88	2.72	2.09	2.49	2.22	2.50	3.82	4.55	4.03
1969	4.43	4.01	3.68	3.62	1.48	1.69	2.49	2.00	3.24	3.06	3.96	4.15
1970	4.90	4.34	4.79	4.20	2.62	1.48	1.48	1.53	3.91	3.71	3.27	4.63
1971	4.62	4.93	3.19	3.51	1.90	1.48	1.48	2.68	1.79	3.49	3.85	4.19
1972	4.96	4.46	4.65	3.54	2.52	1.48	1.72	2.14	3.51	3.49	4.55	4.64
1973	5.12	4.51	4.91	4.30	2.91	1.57	2.17	2.87	3.70	3.56	3.94	3.60
1974	5.23	4.71	4.61	3.51	1.76	2.42	1.76	3.63	2.89	3.70	3.53	4.21
1975	4.92	4.68	4.75	3.18	3.32	2.44	1.48	1.48	1.48	1.79	2.28	3.71
1976	4.92	4.13	4.02	2.63	3.00	1.87	2.04	2.57	4.09	1.55	3.15	4.27
1977	4.40	4.82	4.46	2.34	2.19	1.48	1.97	1.48	3.57	4.09	4.53	4.71
1978	5.09	4.52	4.48	3.72	2.76	2.53	1.53	1.48	2.59	3.14	4.74	4.78
1979	4.97	3.96	4.76	4.56	1.53	1.48	1.48	2.42	1.53	4.54	4.15	4.72
1980	5.17	4.66	4.93	3.30	2.98	1.48	3.21	3.81	4.30	4.13	3.87	3.97
1981	4.96	4.73	5.20	4.23	2.04	1.50	1.48	4.04	2.44	4.28	4.34	4.96
1982	4.94	3.70	4.77	4.01	1.57	1.48	1.48	1.77	4.16	4.38	4.54	4.10
1983	3.85	4.50	4.03	3.72	1.48	1.48	1.48	1.48	3.50	3.52	2.97	4.16
1984	5.17	4.89	5.49	3.58	2.91	1.72	1.48	1.48	1.48	4.17	4.96	4.89
1985	5.51	5.38	4.85	4.55	1.48	3.53	1.48	2.10	2.98	3.03	4.93	5.24
1986	4.49	5.59	5.05	4.23	1.48	1.48	1.81	3.70	3.77	4.10	4.48	4.86
1987	4.73	3.85	4.46	3.08	1.03	1.46	3.10	3.51	1.79	3.65	4.83	3.88
1988	5.10	4.04	5.09	4.85	4.08	-4.61	-0.22	-4.61	1.79	4.07	1.89	4.92
1989	4.76	4.30	4.45	4.32	1.36	2.46	-4.61	2.22	3.92	3.21	3.30	3.57
1990	4.73	4.44	3.31	2.98	1.90	4.29	-4.61	1.70	2.97	4.66	3.85	4.65
1991	5.00	4.57	4.77	3.43	2.44	4.09	0.59	0.83	2.77	3.63	3.95	4.27
1992	4.60	4.17	3.49	2.48	-4.61	2.40	-0.51	4.46	2.59	4.29	4.07	4.13
1993	4.83	4.29	4.72	4.51	2.47	1.25	-4.61	2.99	3.09	4.64	4.31	4.71
1994	4.61	5.04	4.68	4.98	2.08	-0.92	-4.61	1.10	2.48	3.04	4.28	4.56
1995	4.41	4.81	4.88	1.86	1.46	-4.61	-4.61	-4.61	2.20	2.97	4.39	4.86
1996	5.05	3.66	4.39	2.23	2.56	-4.61	0.53	1.55	3.11	3.71	3.83	4.53
1997	5.26	4.87	4.95	4.01	0.92	-4.61	-4.61	2.93	3.61	3.46	4.67	4.37
1998	4.37	4.68	4.88	4.08	-4.61	1.46	-4.61	0.34	-0.11	3.75	4.28	3.50
1999	4.60	4.22	4.90	3.95	1.25	0.00	-4.61	-0.69	3.88	4.28	3.96	3.50
2000	5.24	4.63	4.22	1.06	2.75	2.75	0.47	3.31	1.86	4.54	2.43	4.50
2001	5.35	5.34	4.86	4.06	3.30	1.16	2.22	2.20	2.26	4.33	3.81	4.88
2002	4.50	5.29	4.52	4.25	3.87	1.87	3.16	3.02	2.87	4.78	3.99	4.68
2003	5.19	4.41	4.98	3.63	2.05	2.43	-4.61	1.25	2.95	2.97	4.09	4.31
2004	5.39	4.97	4.83	3.57	2.13	1.72	2.05	2.84	3.78	1.72	4.05	4.26
2005	4.50	5.04	4.43	3.02	0.00	-4.61	-4.61	1.65	3.13	4.09	4.22	4.84
2006	4.88	3.75	4.01	2.91	-4.61	0.96	-4.61	0.34	2.94	4.39	4.21	4.21
2007	4.35	3.89	5.07	4.59	2.76	0.59	0.00	0.18	4.09	2.83	4.22	4.40
2008	4.98	4.32	3.97	-4.61	2.15	-0.92	-4.61	-4.61	2.03	3.96	5.05	5.02
2009	3.72	4.94	4.73	3.79	-4.61	-4.61	1.28	-4.61	2.45	3.56	4.41	4.73
2010	4.66	5.20	4.01	3.58	2.38	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	2.87	2.78	4.71
$\sum \ln(x)$	223.33	213.01	213.60	158.72	78.66	35.62	-5.28	66.12	128.93	170.84	185.96	207.23
$\sum \ln(x)/N$	4.75	4.53	4.54	3.38	1.67	0.76	-0.11	1.41	2.74	3.63	3.96	4.41
$\ln(\bar{x})$	4.84	4.64	4.65	3.81	2.52	2.09	1.63	2.57	3.22	3.85	4.15	4.50
A	0.09	0.11	0.10	0.43	0.85	1.33	1.74	1.16	0.48	0.22	0.19	0.09
$\alpha$	5.91	4.81	5.07	1.32	0.72	0.50	0.40	0.56	1.19	2.46	2.73	5.76
$\beta$	21.36	21.51	20.58	34.13	17.25	16.03	12.64	23.31	20.96	19.16	23.29	15.61

Fuente: Elaboración propia

ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION PUTINA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.21	4.26	4.71	4.28	2.86	-4.61	-4.61	0.00	2.77	3.81	4.38	4.53
1965	5.27	4.54	5.08	3.68	-4.61	-4.61	1.69	-0.69	3.14	3.07	4.61	5.10
1966	4.20	5.02	4.20	3.47	3.74	-4.61	-4.61	-4.61	3.26	3.77	4.56	3.88
1967	3.72	4.44	5.03	2.30	3.26	-4.61	1.46	3.38	4.55	4.47	3.23	4.45
1968	4.38	4.84	4.28	3.87	-0.36	-0.92	3.82	0.10	4.03	3.89	4.93	3.72
1969	5.37	4.46	4.02	2.41	0.00	0.18	2.74	-4.61	3.44	3.52	4.48	4.42
1970	5.05	4.60	4.53	4.07	3.24	-4.61	-4.61	-4.61	4.12	3.70	3.03	5.22
1971	5.25	5.22	3.90	2.94	0.69	-0.36	-4.61	1.72	1.34	3.74	3.87	3.70
1972	5.05	4.78	4.35	3.84	1.79	-4.61	0.00	2.62	3.35	3.78	4.65	4.35
1973	4.88	4.88	4.61	4.79	2.46	1.22	2.79	2.07	3.91	4.09	4.25	4.51
1974	4.92	4.98	4.54	3.86	-0.51	1.57	0.34	2.82	3.51	4.22	3.93	4.65
1975	4.75	4.70	4.35	2.93	3.24	2.60	-4.61	-0.69	3.06	3.76	3.90	4.91
1976	5.02	4.58	4.46	3.10	2.64	2.08	0.41	2.95	4.33	1.31	3.27	4.20
1977	4.25	5.18	4.72	2.73	2.30	-4.61	-2.30	-4.61	3.76	3.54	4.58	4.45
1978	4.76	4.77	4.56	4.07	1.67	0.96	-1.20	-1.20	3.33	3.16	4.76	5.06
1979	5.48	4.33	4.41	4.86	1.53	-4.61	0.41	2.10	2.43	4.41	3.70	4.57
1980	4.80	4.01	4.74	2.72	2.48	1.10	2.73	1.53	3.97	4.52	3.52	4.05
1981	5.46	4.51	4.53	4.35	1.19	1.74	-4.61	2.77	3.52	4.42	3.88	4.67
1982	5.47	4.70	4.60	4.30	-4.61	-4.61	-0.22	2.56	4.08	3.76	4.81	4.18
1983	4.65	4.40	3.79	4.18	2.34	0.69	1.72	0.47	2.82	1.90	3.59	4.52
1984	5.68	5.38	4.59	3.54	1.92	1.67	0.79	3.11	-0.51	4.40	4.58	4.68
1985	4.89	4.80	4.47	4.69	3.14	1.03	-4.61	1.55	3.56	3.79	4.93	5.12
1986	4.67	4.99	4.50	4.96	2.62	-4.61	0.88	2.07	3.91	2.67	4.46	4.96
1987	4.73	4.18	3.96	3.55	0.92	0.74	3.37	1.79	1.28	3.86	4.59	3.54
1988	4.79	4.19	5.31	4.52	2.48	-4.61	-4.61	1.67	2.19	3.83	2.23	4.92
1989	5.22	4.51	4.86	4.07	-4.61	2.01	-4.61	2.20	3.77	3.39	3.48	4.29
1990	5.19	4.10	4.33	3.25	1.76	4.11	-4.61	0.59	2.85	4.69	4.43	4.64
1991	5.10	4.66	4.90	3.93	1.74	3.81	2.28	-0.22	2.70	3.21	4.17	4.69
1992	5.03	3.90	3.91	3.23	-4.61	0.18	1.39	4.28	3.03	3.80	4.19	4.82
1993	5.16	4.21	4.32	4.60	2.43	-4.61	0.74	2.83	3.19	4.21	4.74	4.82
1994	5.14	4.72	4.73	4.28	2.88	1.65	-4.61	3.91	4.04	4.13	5.21	4.96
1995	4.63	4.84	4.91	2.35	-0.69	-4.61	1.22	-4.61	1.65	2.74	4.21	4.49
1996	4.78	4.20	4.73	3.62	3.39	-4.61	-0.11	1.93	3.03	2.99	4.88	4.56
1997	5.37	4.51	5.31	4.57	1.44	-4.61	0.10	3.06	3.13	3.75	4.73	4.09
1998	4.83	4.66	4.53	3.49	-4.61	2.48	-4.61	0.47	-0.69	4.20	4.49	3.20
1999	4.65	4.23	5.09	3.24	2.99	-4.61	-0.36	-4.61	3.81	3.99	3.59	4.23
2000	5.06	4.88	4.54	2.57	0.53	3.31	-4.61	2.40	2.50	4.72	3.22	4.65
2001	5.33	4.90	5.33	3.84	3.55	1.10	1.13	2.28	3.25	4.27	3.85	4.52
2002	4.83	4.87	4.71	3.98	2.68	0.00	2.82	1.76	3.08	4.86	3.94	4.61
2003	5.01	4.68	4.74	3.97	2.29	1.44	-0.11	2.88	3.06	3.78	4.48	4.68
2004	5.34	4.51	4.13	3.97	4.02	2.64	1.59	2.62	3.60	3.53	4.36	3.96
2005	4.96	4.68	4.47	3.62	1.10	-4.61	0.88	0.64	3.04	4.47	4.46	4.31
2006	5.10	3.54	3.83	4.17	0.79	2.27	-4.61	0.83	3.00	3.81	4.18	4.41
2007	4.98	4.51	4.80	4.21	3.12	-4.61	-0.11	0.92	3.88	3.54	4.60	4.64
2008	4.61	4.37	4.24	1.16	1.79	-4.61	-4.61	-4.61	2.74	3.93	4.35	4.94
2009	4.64	4.42	4.15	2.15	2.08	-4.61	0.88	-4.61	2.61	3.33	4.46	4.50
2010	5.18	4.76	4.65	3.38	2.49	-4.61	-0.51	0.83	-4.61	3.78	3.04	4.62
$\sum \ln(x)$	231.86	215.40	213.45	171.69	62.99	-57.39	-37.86	30.06	135.83	176.50	195.80	211.04
$\sum \ln(x)/N$	4.93	4.58	4.54	3.65	1.34	-1.22	-0.81	0.64	2.89	3.76	4.17	4.49
$\ln(\bar{x})$	5.00	4.64	4.61	3.92	2.44	1.66	1.46	2.22	3.37	3.93	4.32	4.57
A	0.07	0.06	0.07	0.26	1.10	2.88	2.26	1.58	0.48	0.18	0.15	0.08
$\alpha$	7.71	8.58	7.24	2.06	0.58	0.28	0.33	0.44	1.18	3.00	3.41	6.53
$\beta$	19.25	12.10	13.90	24.37	19.80	18.91	12.95	21.14	24.82	16.99	22.07	14.78

Fuente: Elaboración propia

ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION AZANGARO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.81	4.53	4.65	4.17	2.60	-4.61	-4.61	-0.69	3.66	3.47	3.92	4.23
1965	5.01	4.41	4.89	3.31	-0.69	-4.61	-4.61	0.92	2.92	2.94	4.02	4.81
1966	4.53	3.89	3.45	2.94	3.79	-4.61	-4.61	0.41	3.60	3.84	4.02	4.53
1967	3.71	4.64	4.36	1.93	2.65	-4.61	2.48	3.16	3.58	3.73	2.15	4.87
1968	4.40	4.96	4.30	3.61	-0.36	0.00	2.08	2.03	3.24	3.04	4.10	3.52
1969	4.76	4.15	3.58	3.36	-4.61	0.34	2.48	1.59	2.92	2.75	3.46	3.94
1970	4.84	3.74	4.57	4.57	2.69	-4.61	-4.61	-4.61	3.67	3.57	3.64	5.02
1971	4.52	5.25	3.43	3.34	-0.69	-0.51	-1.20	2.16	1.76	2.90	4.02	4.38
1972	4.95	4.69	4.23	3.62	-4.61	-4.61	1.39	2.27	3.73	3.27	4.02	4.67
1973	5.17	4.60	4.73	4.54	3.10	-4.61	1.22	1.59	3.86	3.78	4.48	3.17
1974	4.58	4.83	4.55	3.55	2.94	1.81	-4.61	3.32	2.99	3.40	4.02	4.08
1975	4.56	4.48	4.69	3.50	1.97	2.67	-4.61	-4.61	3.03	4.27	4.05	4.70
1976	4.75	4.63	4.05	1.90	2.19	1.70	-0.92	2.59	3.72	1.19	4.11	4.57
1977	4.16	4.73	4.79	2.86	1.22	-4.61	-4.61	-4.61	3.77	3.94	4.51	4.11
1978	4.95	4.94	4.35	3.62	0.99	-4.61	-4.61	-4.61	2.88	3.57	5.13	5.26
1979	4.98	3.36	4.13	3.68	1.39	-4.61	-4.61	-4.61	1.87	4.11	3.61	4.73
1980	4.79	4.16	4.51	2.20	1.74	-4.61	1.70	1.28	3.38	4.36	2.31	4.04
1981	4.72	4.66	4.53	3.85	1.72	1.39	-4.61	3.29	3.32	4.18	3.59	4.61
1982	3.88	4.62	3.66	4.07	-4.61	-4.61	-4.61	3.30	2.90	3.56	3.84	4.23
1983	4.28	3.98	4.02	3.62	1.61	0.92	-0.11	1.57	3.09	3.30	3.58	4.37
1984	5.27	5.00	5.00	4.07	2.72	1.67	1.46	2.62	0.88	4.07	5.17	4.82
1985	4.92	4.64	3.60	4.82	2.41	1.46	0.59	0.83	2.62	2.81	4.88	4.44
1986	4.15	4.24	3.97	3.07	1.87	0.59	0.59	1.86	3.36	1.59	3.58	3.95
1987	4.62	4.38	3.93	3.54	1.86	1.74	3.11	2.07	3.06	3.68	3.95	4.33
1988	4.97	4.18	4.62	3.85	2.60	0.92	-0.11	1.57	3.02	3.41	3.20	4.40
1989	4.25	3.97	3.97	3.02	1.57	0.26	-0.11	1.46	3.03	1.87	3.57	4.17
1990	5.07	4.33	4.60	3.82	2.16	3.40	-0.11	1.59	2.98	4.52	4.13	4.31
1991	4.93	4.08	4.43	3.40	2.99	3.22	-0.11	1.57	2.79	3.75	3.66	4.40
1992	4.69	4.41	3.91	2.67	-4.61	2.08	-4.61	4.09	3.06	3.72	4.01	4.40
1993	4.96	4.00	4.43	4.48	2.45	1.57	0.26	2.22	3.19	4.23	4.83	4.85
1994	4.72	5.13	4.49	3.73	-0.69	-4.61	-4.61	1.84	2.60	3.57	4.09	4.48
1995	4.13	4.36	4.58	1.53	-1.61	-4.61	-4.61	-0.51	1.63	3.50	4.50	4.48
1996	4.96	4.22	4.80	2.75	2.71	-1.20	0.69	1.13	2.42	3.56	4.09	4.16
1997	5.01	5.02	4.94	3.40	2.05	-4.61	-4.61	2.57	3.47	3.61	4.90	4.61
1998	4.55	4.27	4.35	3.20	-4.61	0.47	-4.61	-4.61	2.40	4.06	4.33	2.87
1999	4.60	4.22	4.90	3.95	1.25	0.00	-4.61	-0.69	3.42	4.24	3.46	3.14
2000	4.89	4.74	3.94	2.13	1.06	2.07	-0.69	3.66	-0.36	4.38	3.24	4.18
2001	5.28	4.55	5.12	2.77	2.99	-4.61	1.48	2.08	2.81	3.80	3.75	5.12
2002	5.06	4.76	5.05	3.89	2.33	0.64	2.38	2.20	2.71	5.23	4.47	5.14
2003	5.01	4.56	4.70	4.08	1.55	1.74	-0.51	1.61	2.05	3.49	3.75	4.77
2004	5.43	4.54	3.86	3.13	2.77	2.24	1.03	2.80	3.68	2.40	4.14	4.27
2005	3.75	5.15	4.36	3.35	-1.20	-4.61	-4.61	1.61	2.98	4.09	3.54	4.44
2006	5.24	3.60	4.32	2.84	-1.61	0.26	-4.61	0.83	2.42	4.10	4.10	4.26
2007	4.57	4.00	5.10	4.39	2.53	-1.20	-0.51	-0.22	4.10	2.84	4.14	4.45
2008	4.98	4.32	3.97	-4.61	2.15	-0.92	-4.61	-4.61	2.03	3.96	5.05	5.02
2009	3.72	4.94	4.73	3.79	-4.61	-4.61	1.28	-4.61	2.45	3.56	4.41	4.73
2010	4.66	5.20	4.01	3.58	2.38	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	2.87	2.78	4.71
$\sum \ln(x)$	220.77	210.04	205.14	152.89	40.52	-58.18	-76.83	26.10	128.06	166.08	186.32	206.72
$\sum \ln(x)/N$	4.70	4.47	4.36	3.25	0.86	-1.24	-1.63	0.56	2.72	3.53	3.96	4.40
$\ln(\bar{x})$	4.77	4.55	4.46	3.63	2.10	1.19	0.83	2.13	3.09	3.76	4.14	4.50
A	0.08	0.09	0.09	0.38	1.24	2.43	2.46	1.57	0.37	0.23	0.18	0.10
$\alpha$	6.73	6.01	5.54	1.47	0.53	0.31	0.31	0.44	1.50	2.33	2.95	5.02
$\beta$	17.59	15.82	15.56	25.65	15.32	10.43	7.32	19.11	14.70	18.47	21.38	17.95

Fuente: Elaboración propia



ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION ORURILLO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.86	4.44	5.04	4.26	2.68	0.10	0.47	1.46	3.59	3.89	4.80	4.73
1965	5.25	4.86	5.16	3.96	1.48	0.10	0.59	1.55	3.04	3.42	4.21	4.99
1966	4.50	4.22	4.23	3.52	1.72	1.31	0.69	1.44	3.37	4.15	4.46	4.58
1967	3.98	4.77	4.46	3.48	2.73	-4.61	2.33	2.82	3.58	4.10	3.25	4.91
1968	4.46	5.34	4.44	3.31	0.69	-4.61	2.56	1.74	3.41	4.18	4.30	4.24
1969	4.96	4.88	3.46	3.56	-4.61	-4.61	1.16	-2.30	2.24	3.36	4.36	4.10
1970	5.35	4.52	4.86	4.66	3.22	-0.22	-4.61	-4.61	4.01	3.93	4.23	5.29
1971	4.56	5.18	4.51	4.34	-0.11	1.13	-4.61	1.79	0.00	3.64	4.03	4.25
1972	5.35	4.81	5.02	3.83	1.39	-4.61	1.22	1.82	3.28	3.06	3.95	4.38
1973	5.13	4.46	4.88	4.43	1.53	-0.22	1.59	2.10	4.06	4.24	3.85	3.81
1974	5.16	5.26	4.90	3.74	2.05	2.37	-4.61	3.80	3.39	3.58	3.53	4.61
1975	4.83	4.70	4.69	3.36	2.55	-4.61	-4.61	-4.61	2.69	4.09	3.92	4.78
1976	5.30	4.21	4.83	3.54	3.13	1.46	1.46	2.53	3.95	-1.61	3.56	4.59
1977	4.81	5.08	5.38	3.45	1.72	-4.61	-0.92	-4.61	3.74	4.31	5.26	4.55
1978	5.33	4.72	4.85	4.09	1.69	-4.61	-2.30	-1.20	3.53	2.98	4.87	4.83
1979	4.98	3.99	4.34	4.11	0.34	-4.61	-4.61	1.41	2.67	3.09	4.30	4.95
1980	5.03	4.10	5.14	2.03	1.72	-4.61	2.42	1.06	3.17	4.55	2.62	4.82
1981	5.18	4.71	4.91	4.26	1.59	1.50	-4.61	2.80	3.61	3.94	4.48	4.90
1982	5.00	4.26	5.13	4.07	-4.61	-4.61	-4.61	1.90	3.66	4.63	4.76	4.27
1983	4.72	4.47	4.23	4.04	2.20	0.34	-4.61	-4.61	2.56	3.27	2.99	4.79
1984	5.32	5.29	4.87	3.88	2.87	0.88	-4.61	1.69	1.03	4.76	4.81	4.86
1985	5.20	4.87	4.91	5.16	3.10	3.15	-4.61	-0.11	4.16	2.70	4.99	5.62
1986	4.85	5.46	5.13	5.31	0.96	-4.61	-4.61	2.53	3.53	-4.61	3.15	4.67
1987	4.87	3.36	3.04	3.08	0.53	0.88	3.40	0.34	-4.61	2.71	4.29	4.55
1988	4.89	4.47	5.33	3.93	3.00	-4.61	-4.61	-4.61	2.21	3.52	1.65	4.13
1989	5.16	4.60	4.90	3.37	3.24	2.26	1.06	2.95	3.61	2.46	3.49	4.08
1990	5.17	3.78	3.26	3.30	0.92	4.01	-4.61	1.55	1.03	4.17	4.38	4.38
1991	5.07	4.40	4.08	2.66	2.87	3.67	-4.61	1.22	2.30	2.01	3.74	3.43
1992	4.64	4.43	3.74	2.09	-4.61	0.34	0.59	1.31	2.65	3.12	3.56	4.01
1993	5.12	3.77	5.10	3.96	1.48	2.87	0.47	2.81	2.80	4.29	4.93	4.59
1994	5.18	4.87	4.88	4.15	1.48	0.10	0.47	1.92	2.59	3.66	4.31	4.71
1995	4.93	4.65	4.79	3.34	1.70	0.10	0.47	1.46	2.29	3.35	4.10	4.72
1996	5.06	4.72	4.61	4.16	1.63	0.10	1.46	1.86	2.62	2.91	4.10	4.60
1997	5.17	5.24	5.15	4.18	1.87	0.10	0.47	2.43	3.61	3.52	4.61	4.71
1998	4.96	4.86	4.95	3.51	1.48	1.16	0.47	1.63	2.77	4.07	4.58	4.30
1999	4.91	5.04	4.88	4.87	2.25	0.10	0.99	1.61	3.28	3.89	3.66	4.57
2000	5.12	5.13	4.77	3.30	2.60	2.07	1.96	1.87	2.65	4.29	3.44	4.79
2001	5.25	4.83	4.81	3.57	2.67	0.88	1.67	2.01	2.88	3.62	3.46	4.43
2002	5.04	5.11	4.75	4.48	2.98	1.16	2.50	2.31	3.34	4.29	4.54	4.74
2003	4.98	5.00	5.36	3.91	1.89	1.53	0.47	2.27	3.38	3.13	3.77	4.59
2004	5.20	4.89	4.59	3.89	1.59	1.16	1.44	2.62	4.16	2.96	4.12	4.81
2005	4.82	5.28	4.61	3.83	1.48	0.10	0.47	2.04	2.03	4.49	4.31	4.59
2006	5.13	4.75	4.58	3.46	1.48	1.50	0.47	1.72	2.40	3.74	4.45	5.06
2007	4.84	4.60	4.83	4.38	1.82	0.10	1.65	1.46	3.35	3.20	4.22	4.58
2008	5.17	5.04	4.94	3.96	2.70	1.22	1.92	2.36	3.38	3.86	3.96	4.57
2009	5.03	5.08	4.93	4.15	2.34	1.27	1.79	2.37	3.52	3.93	4.30	4.74
2010	5.03	4.98	4.96	3.79	1.35	1.21	0.41	2.26	3.49	3.53	4.06	4.73
$\sum \ln(x)$	234.87	221.45	221.21	179.72	70.80	-15.53	-28.59	50.20	133.99	158.39	190.72	215.94
$\sum \ln(x)/N$	5.00	4.71	4.71	3.82	1.51	-0.33	-0.61	1.07	2.85	3.37	4.06	4.59
$\ln(\bar{x})$	5.03	4.80	4.80	4.01	2.15	1.59	1.22	2.00	3.24	3.78	4.23	4.66
A	0.03	0.09	0.10	0.19	0.65	1.92	1.83	0.93	0.39	0.41	0.17	0.06
$\alpha$	16.58	5.87	5.30	2.82	0.91	0.38	0.39	0.67	1.42	1.36	3.02	7.92
$\beta$	9.20	20.68	23.00	19.62	9.43	12.99	8.68	10.99	18.07	32.31	22.80	13.33

Fuente: Elaboración propio

ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION PROGRESO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.35	4.20	5.38	2.87	2.80	-4.61	-4.61	-0.69	3.46	3.71	4.02	4.11
1965	5.01	4.87	4.75	3.92	1.03	-4.61	-4.61	-4.61	3.00	2.77	4.37	4.80
1966	3.91	4.31	3.83	-1.20	3.71	-4.61	-4.61	-4.61	3.44	4.11	4.26	4.26
1967	4.20	4.40	4.84	3.26	2.19	-4.61	2.59	2.83	3.36	3.86	3.54	4.50
1968	3.93	5.07	4.59	3.65	0.53	-4.61	2.60	3.00	3.30	3.15	4.38	3.79
1969	4.96	4.42	3.86	3.37	-4.61	0.34	2.36	-1.20	3.14	2.98	3.99	4.03
1970	4.95	4.41	4.82	4.22	2.64	-0.69	-0.22	-4.61	3.91	3.98	3.99	4.94
1971	4.89	5.06	3.13	3.47	1.77	-2.30	-4.61	1.46	0.18	3.66	4.12	4.38
1972	5.04	5.12	4.37	3.31	-0.92	-4.61	1.03	2.12	2.81	3.04	4.06	4.65
1973	5.09	4.62	4.64	4.65	2.25	-4.61	1.31	1.69	3.99	4.37	4.25	4.50
1974	4.67	4.77	4.46	3.91	2.56	1.63	-1.61	3.05	3.49	3.42	3.51	4.01
1975	4.65	4.48	4.80	3.30	2.20	-4.61	-4.61	-4.61	3.27	3.69	3.82	4.50
1976	5.12	4.38	4.52	3.36	3.10	1.57	1.19	2.53	3.71	2.15	3.87	4.77
1977	4.44	4.52	4.98	3.08	0.99	-4.61	-4.61	-4.61	3.07	3.92	4.58	4.43
1978	5.01	4.70	4.82	3.93	1.41	-4.61	-4.61	-4.61	3.97	2.85	4.86	5.22
1979	4.99	3.72	4.39	4.24	2.62	-4.61	1.61	1.53	2.84	3.44	3.77	4.88
1980	4.76	4.39	4.68	1.59	2.21	-0.92	0.83	-4.61	1.81	4.35	2.51	4.40
1981	4.99	4.62	4.63	3.95	0.64	-4.61	-4.61	2.58	3.49	4.18	4.29	4.70
1982	5.26	3.98	4.56	3.01	-4.61	-4.61	-4.61	-0.22	2.76	3.98	4.69	3.88
1983	4.41	4.07	4.30	3.30	1.79	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	2.05	3.60	4.14
1984	4.69	3.63	4.71	3.46	2.64	-0.22	0.79	0.41	2.49	4.55	4.64	4.73
1985	5.20	4.92	4.96	4.08	2.37	0.83	-4.61	-4.61	3.53	2.52	4.81	5.04
1986	4.90	5.13	5.09	4.74	2.36	-4.61	1.46	1.79	3.64	4.19	3.72	4.63
1987	4.79	4.37	4.42	3.67	0.41	0.00	2.91	-4.61	2.01	4.06	4.84	4.98
1988	5.00	4.44	5.04	4.07	2.87	-4.61	-4.61	-4.61	2.20	2.88	2.35	4.21
1989	5.02	4.79	4.69	4.44	1.95	1.55	-4.61	3.30	3.22	3.71	3.87	4.24
1990	4.88	4.33	3.60	3.51	-4.61	3.07	-4.61	1.69	2.94	4.43	4.22	2.89
1991	5.04	4.30	4.65	3.71	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	1.79	3.34	3.25	4.88
1992	4.67	4.39	3.89	3.05	-4.61	1.16	-4.61	3.62	2.89	3.38	4.38	4.36
1993	5.25	4.37	4.64	3.96	2.27	1.31	2.32	3.09	1.77	5.06	5.18	4.59
1994	4.79	4.71	4.62	4.08	1.57	-0.69	-4.61	1.16	2.71	3.95	4.31	4.76
1995	4.24	4.37	4.62	2.69	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	2.37	2.82	4.37	4.59
1996	4.95	4.14	4.55	3.06	2.38	-4.61	0.34	1.10	1.53	3.80	3.81	4.83
1997	5.19	4.91	5.28	3.87	2.53	-4.61	-4.61	2.61	2.83	3.69	4.69	4.10
1998	4.73	4.28	3.97	2.86	-4.61	2.04	-4.61	0.18	0.79	4.61	4.49	3.48
1999	4.68	4.83	4.92	3.63	-0.69	-4.61	-4.61	-4.61	2.81	3.58	3.99	4.19
2000	4.84	4.74	4.65	2.26	0.34	0.18	0.47	0.88	2.83	4.68	2.87	4.60
2001	5.02	4.71	4.91	3.42	3.06	-4.61	1.70	-4.61	2.65	4.08	4.14	4.05
2002	4.76	4.67	4.41	5.01	2.17	0.59	3.23	1.48	3.24	4.88	4.45	4.90
2003	5.10	4.74	4.90	4.10	1.95	2.03	-0.69	1.95	2.73	2.69	2.78	4.39
2004	5.46	5.08	4.12	3.92	2.00	-4.61	1.57	3.13	3.70	2.56	3.99	4.90
2005	3.96	5.29	4.00	3.57	-0.69	-4.61	0.18	1.03	1.34	4.19	4.05	4.40
2006	4.93	3.85	4.15	3.92	-4.61	0.74	-4.61	1.36	3.61	3.75	4.15	4.38
2007	4.87	4.06	5.03	4.08	2.67	-0.51	-0.69	-4.61	3.25	2.83	4.32	3.93
2008	4.87	4.29	3.96	1.53	1.82	-4.61	-4.61	-4.61	2.03	3.90	3.28	5.05
2009	4.72	4.51	4.09	2.73	1.65	-4.61	1.53	-0.22	2.22	2.95	4.72	4.65
2010	5.04	4.78	4.27	3.71	2.15	-4.61	-4.61	0.96	-4.61	3.21	2.15	4.80
$\sum \ln(x)$	226.24	212.74	212.52	162.33	34.47	-112.64	-83.72	-30.15	116.96	169.99	188.29	209.42
$\sum \ln(x)/N$	4.81	4.53	4.52	3.45	0.73	-2.40	-1.78	-0.64	2.49	3.62	4.01	4.46
$\ln(\bar{x})$	4.87	4.59	4.61	3.74	2.04	0.42	1.06	1.77	3.03	3.85	4.18	4.54
A	0.05	0.07	0.09	0.29	1.31	2.81	2.85	2.41	0.54	0.23	0.18	0.08
$\alpha$	9.72	7.66	5.77	1.88	0.51	0.28	0.28	0.32	1.08	2.31	3.00	6.15
$\beta$	13.35	12.90	17.44	22.54	15.24	5.38	10.34	18.45	19.13	20.37	21.81	15.21

Fuente: Elaboración propio

ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION MUÑANI												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.61	5.26	4.84	3.70	2.63	-0.22	1.84	1.65	3.31	3.98	4.10	4.01
1965	4.88	4.29	1.95	3.67	1.95	1.95	1.95	1.95	3.62	3.04	4.44	4.67
1966	4.60	4.74	4.26	3.25	3.65	1.95	1.95	1.95	2.59	3.38	4.18	3.64
1967	3.32	4.05	4.32	2.97	3.05	1.95	3.41	3.82	4.84	4.44	3.87	5.62
1968	4.56	5.02	3.40	4.28	3.10	1.95	3.67	3.80	4.56	3.94	4.73	3.78
1969	5.10	4.68	4.37	4.35	1.95	1.95	1.95	2.82	3.67	3.54	4.20	4.68
1970	5.55	4.43	4.48	4.64	3.23	1.95	2.28	2.01	4.07	4.20	3.54	5.36
1971	5.11	5.71	4.54	3.28	2.81	1.95	1.95	2.26	1.95	4.14	3.44	3.96
1972	5.20	4.13	3.25	3.04	1.95	1.95	1.95	2.46	2.33	3.50	4.58	4.66
1973	4.63	4.70	4.33	4.26	2.01	1.95	1.95	3.23	4.22	2.64	3.58	3.95
1974	4.82	4.78	3.59	3.29	1.95	2.07	1.95	2.01	1.95	2.90	2.28	4.48
1975	4.36	4.56	4.54	3.27	2.33	1.95	1.95	2.58	1.95	3.58	3.53	5.41
1976	5.06	4.61	4.47	3.74	2.43	2.94	2.04	2.77	3.96	3.16	2.95	4.32
1977	4.57	4.86	4.79	2.80	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	3.83	3.74	4.56	4.55
1978	5.23	5.06	4.75	3.83	1.41	1.59	-4.61	-4.61	2.92	3.23	5.08	5.54
1979	5.42	3.83	4.35	4.78	2.43	-4.61	-4.61	-4.61	2.46	4.06	3.29	4.89
1980	4.74	4.35	4.72	1.28	0.59	1.22	1.28	-4.61	3.30	4.41	3.59	3.90
1981	5.28	4.50	4.88	4.28	2.29	-4.61	-4.61	2.29	3.24	4.26	3.72	4.54
1982	4.79	4.25	4.36	3.89	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	3.99	3.53	5.04	3.11
1983	4.49	4.42	3.81	3.91	1.97	-4.61	-4.61	2.98	-4.61	3.59	2.75	3.99
1984	5.52	5.24	4.51	3.21	1.79	1.97	1.63	3.09	2.24	4.21	5.06	5.04
1985	4.81	4.92	4.57	4.45	1.84	2.38	-4.61	-4.61	3.69	3.28	4.87	5.41
1986	4.48	5.26	5.09	4.54	1.90	-4.61	0.83	-4.61	3.48	-4.61	4.36	4.71
1987	5.30	4.62	4.08	4.02	-4.61	1.82	3.18	1.22	0.18	3.74	4.56	3.50
1988	4.78	4.72	4.40	4.50	2.95	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	3.70	1.34	4.81
1989	4.73	5.23	4.49	4.21	-4.61	2.30	-4.61	2.57	2.94	3.52	4.01	4.04
1990	4.92	4.15	3.18	1.16	-4.61	4.01	-4.61	-4.61	2.16	4.38	4.43	4.22
1991	4.86	4.43	4.94	4.27	2.26	3.47	-4.61	-4.61	2.56	3.47	4.42	4.76
1992	5.24	4.52	3.82	2.95	-4.61	1.46	-4.61	3.63	2.38	3.50	3.72	4.72
1993	5.06	4.03	4.43	3.47	2.43	-4.61	2.51	2.97	3.21	4.01	4.33	4.65
1994	4.64	4.55	4.52	4.26	3.14	1.13	-4.61	-4.61	1.96	3.12	4.17	4.70
1995	5.04	5.20	4.70	1.36	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	2.55	3.34	4.57
1996	5.04	4.25	4.23	3.55	2.93	-4.61	-4.61	2.14	2.09	3.40	4.65	4.12
1997	5.20	4.69	5.38	3.65	1.16	-4.61	-4.61	1.10	3.38	3.52	4.38	3.48
1998	4.14	4.57	4.67	3.67	-4.61	1.10	-4.61	-4.61	-4.61	3.99	4.17	3.73
1999	4.43	3.70	4.83	3.75	3.38	-4.61	-4.61	-4.61	3.58	3.54	3.58	4.53
2000	4.79	4.59	4.40	2.21	-4.61	2.97	-4.61	2.36	3.01	4.84	3.02	4.69
2001	5.15	4.69	5.09	2.97	3.27	1.16	2.33	2.01	3.06	4.12	4.04	4.47
2002	4.50	4.75	4.65	3.75	1.74	1.48	2.80	1.59	3.33	4.50	4.06	4.83
2003	5.42	4.63	4.68	3.77	1.53	2.21	-4.61	2.56	3.42	4.29	4.22	4.77
2004	5.64	4.86	4.76	4.20	3.23	0.59	-0.22	3.03	3.34	3.67	4.18	4.89
2005	4.59	5.41	4.44	3.33	0.83	-4.61	0.18	0.00	2.13	4.38	4.83	4.22
2006	5.32	4.13	4.04	4.47	-4.61	-4.61	-4.61	1.89	3.45	4.13	4.42	4.97
2007	4.64	2.75	4.78	4.06	3.06	-4.61	-4.61	-4.61	3.19	2.53	3.93	4.01
2008	4.89	4.18	3.64	2.30	0.64	-4.61	-4.61	-4.61	2.19	4.22	3.45	5.04
2009	4.35	4.61	3.67	3.28	-4.61	-4.61	1.48	-4.61	3.17	2.92	4.23	4.45
2010	5.15	4.93	4.24	3.22	2.32	-4.61	-4.61	1.31	-4.61	4.10	3.08	4.45
$\sum \ln(x)$	228.91	215.84	204.24	167.12	31.50	-27.78	-65.70	-8.24	103.85	166.27	186.31	210.85
$\sum \ln(x)/N$	4.87	4.59	4.35	3.56	0.67	-0.59	-1.40	-0.18	2.21	3.54	3.96	4.49
$\ln(\bar{x})$	4.95	4.70	4.48	3.82	2.28	1.77	1.59	2.19	3.24	3.83	4.18	4.64
A	0.08	0.11	0.13	0.26	1.61	2.36	2.99	2.37	1.03	0.29	0.21	0.15
$\alpha$	6.47	4.63	3.90	2.06	0.43	0.32	0.27	0.32	0.62	1.86	2.50	3.51
$\beta$	21.81	23.85	22.63	22.03	22.76	18.25	18.12	27.97	41.23	24.80	26.08	29.32

Fuente: Elaboración propio

STIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION ANANEA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.89	4.82	4.58	3.87	4.03	1.99	-4.61	-4.61	3.48	3.88	4.07	4.26
1965	4.95	4.35	4.42	3.72	-4.61	-4.61	1.16	2.56	3.58	3.03	3.97	4.17
1966	3.92	4.94	3.52	2.04	3.57	-4.61	-4.61	-4.61	3.17	4.18	4.26	4.69
1967	3.78	4.33	4.19	2.04	3.03	-4.61	3.28	3.18	3.64	3.88	4.01	5.02
1968	5.21	5.17	4.50	1.97	0.69	-4.61	3.10	3.58	1.31	1.55	1.61	2.07
1969	4.89	4.48	4.30	3.45	2.77	1.84	2.19	2.77	3.14	3.59	4.00	4.26
1970	4.75	4.70	4.51	3.91	2.97	2.08	2.12	2.28	2.68	4.34	2.96	4.80
1971	4.68	5.50	3.51	3.57	1.53	1.79	-4.61	2.00	2.28	4.08	3.61	4.57
1972	4.72	4.61	4.45	3.46	1.95	0.41	1.90	3.78	3.40	3.78	4.03	4.70
1973	4.32	4.70	4.51	4.21	2.57	-0.69	1.55	2.52	3.96	3.65	3.74	4.19
1974	4.71	4.76	4.36	3.88	2.29	2.40	3.06	3.52	3.21	3.35	3.35	4.70
1975	4.48	4.84	4.64	4.03	3.14	2.92	-4.61	3.27	3.16	4.37	3.45	4.58
1976	4.81	4.59	4.50	3.34	3.96	2.60	2.78	1.90	4.08	1.87	2.99	4.40
1977	4.72	4.46	4.69	3.62	3.16	1.59	1.57	-4.61	3.51	3.42	4.60	4.11
1978	4.47	4.47	4.73	3.98	2.21	1.84	-4.61	-4.61	3.95	2.97	4.59	4.98
1979	5.16	4.27	4.49	4.36	2.42	-4.61	-4.61	2.67	3.21	3.97	3.96	4.81
1980	4.86	4.55	4.60	3.07	3.28	-4.61	0.53	2.34	3.60	4.11	3.75	4.40
1981	5.23	4.75	5.20	3.23	2.31	1.41	-4.61	3.26	3.84	4.29	4.36	4.80
1982	5.25	4.33	4.74	4.53	1.03	1.70	-4.61	2.71	3.69	4.02	4.42	4.43
1983	4.41	4.71	3.89	4.22	2.83	3.27	-4.61	-4.61	2.69	3.10	2.97	4.34
1984	5.07	5.08	4.93	3.37	-4.61	-4.61	2.38	3.76	1.95	4.09	4.82	4.86
1985	4.98	4.73	4.69	4.58	2.49	3.71	1.84	1.77	3.74	4.11	4.76	4.77
1986	4.88	4.86	5.03	4.26	2.90	-4.61	1.63	2.79	4.14	3.69	4.09	4.88
1987	5.06	3.92	4.62	3.74	2.78	2.53	3.58	1.57	2.69	3.87	4.78	4.84
1988	4.73	4.54	4.75	4.32	3.19	-4.61	-4.61	-4.61	2.60	3.13	3.41	4.40
1989	4.66	4.08	4.94	3.27	3.45	-4.61	-4.61	3.73	3.37	3.88	3.87	4.55
1990	5.12	4.41	3.13	3.92	2.12	3.91	1.16	3.20	2.09	4.33	4.26	4.78
1991	4.65	4.26	4.36	4.10	3.26	3.43	-4.61	-4.61	3.28	3.57	3.93	3.96
1992	4.31	4.50	4.43	3.76	-4.61	2.65	-4.61	3.40	2.12	3.55	4.25	4.43
1993	4.84	4.43	4.61	4.12	3.28	0.41	2.15	3.46	2.04	3.73	4.26	4.62
1994	5.01	5.21	4.74	4.34	-4.61	1.36	-4.61	-4.61	2.12	3.17	3.67	4.65
1995	4.39	4.44	4.86	3.95	2.22	-4.61	1.65	2.52	2.13	2.67	3.70	4.36
1996	4.88	4.59	3.08	3.35	2.94	-4.61	-0.69	3.45	2.83	3.33	4.14	3.15
1997	4.97	4.61	4.63	3.63	2.21	-4.61	0.34	2.67	2.90	3.15	3.88	4.70
1998	4.34	4.63	4.35	3.56	-0.69	1.82	-4.61	-0.69	2.19	4.71	4.42	3.90
1999	4.92	4.64	4.64	3.84	2.53	0.34	1.06	0.41	3.71	3.73	4.00	4.21
2000	4.53	4.58	4.56	3.17	1.96	2.90	1.41	0.99	3.02	4.32	3.26	4.72
2001	4.89	3.83	4.46	3.91	4.14	-0.69	2.58	2.61	2.48	3.92	4.15	4.09
2002	4.19	4.83	4.66	3.74	2.31	-0.69	3.30	2.98	3.68	3.89	4.75	4.31
2003	5.22	4.27	4.74	3.96	1.06	2.24	-4.61	2.97	2.57	4.37	3.76	4.45
2004	5.47	4.91	4.37	3.68	2.46	3.06	1.79	2.43	3.44	3.82	4.10	4.43
2005	4.38	5.03	4.03	2.87	0.10	-1.61	-4.61	2.64	2.07	3.95	4.14	5.00
2006	5.11	4.42	4.12	4.14	1.03	1.69	-4.61	3.03	3.37	4.27	4.25	4.59
2007	4.77	4.37	4.57	3.51	2.79	-4.61	2.28	-4.61	2.69	3.68	4.13	4.50
2008	5.13	4.14	4.10	3.70	3.21	1.03	0.59	2.04	1.96	3.88	4.03	4.90
2009	4.91	4.38	4.15	3.96	2.87	-4.61	-4.61	-4.61	2.81	3.29	4.83	4.59
2010	4.75	4.55	4.64	3.12	2.67	-4.61	1.79	-4.61	0.88	3.65	3.70	4.51
$\sum \ln(x)$	224.38	215.60	208.50	172.37	88.57	-20.47	-35.42	43.41	138.42	173.17	186.04	209.43
$\sum \ln(x)/N$	4.77	4.59	4.44	3.67	1.88	-0.44	-0.75	0.92	2.95	3.68	3.96	4.46
$\ln(\bar{x})$	4.83	4.64	4.51	3.80	2.76	1.98	1.76	2.65	3.18	3.83	4.09	4.54
A	0.06	0.05	0.08	0.14	0.88	2.41	2.51	1.72	0.24	0.14	0.14	0.08
$\alpha$	9.15	9.57	6.70	3.85	0.70	0.32	0.31	0.41	2.25	3.69	3.84	6.20
$\beta$	13.68	10.82	13.61	11.65	22.50	22.82	18.88	34.48	10.74	12.44	15.62	15.10

Fuente: Elaboración propia

ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION CRUCERO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.56	4.35	4.91	3.56	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	2.79	3.06	3.63	4.70
1965	4.91	4.77	4.37	3.40	0.41	-4.61	-4.61	0.10	3.13	3.21	3.90	4.96
1966	3.56	5.08	4.70	2.25	3.61	-4.61	-4.61	0.59	3.74	4.15	3.78	3.99
1967	3.55	4.67	4.45	0.88	3.37	1.16	2.61	3.14	3.80	4.32	3.32	5.17
1968	4.59	4.87	4.69	2.53	-4.61	-4.61	3.64	3.15	3.71	3.78	-4.61	3.95
1969	5.44	4.42	4.40	2.87	1.53	1.79	2.20	2.80	3.36	3.68	4.34	4.03
1970	4.98	5.13	4.78	4.25	2.49	-4.61	2.09	-4.61	-4.61	4.11	4.11	5.46
1971	5.44	5.66	3.97	3.57	-4.61	2.16	-4.61	1.22	1.61	3.35	5.07	5.16
1972	5.18	4.42	4.40	4.68	3.19	1.69	-4.61	3.43	3.91	4.46	4.62	5.00
1973	5.50	4.90	4.59	4.82	2.43	-0.36	3.14	1.34	3.80	4.49	3.91	5.03
1974	4.92	5.54	4.63	4.29	1.28	2.46	2.27	3.28	3.85	4.64	4.14	5.19
1975	4.93	4.76	4.53	4.73	2.55	1.03	0.41	2.37	4.39	4.06	4.32	5.20
1976	5.40	4.63	4.74	3.71	3.55	1.03	1.25	2.49	4.18	2.49	3.75	5.02
1977	4.68	4.94	4.77	4.48	3.12	2.25	1.74	-4.61	3.81	3.40	5.07	4.84
1978	5.06	5.12	5.08	4.18	1.69	2.66	-4.61	0.64	4.50	3.02	4.80	5.42
1979	5.28	5.06	5.20	4.64	3.47	-4.61	-4.61	3.46	3.94	3.78	4.53	5.25
1980	5.33	4.51	5.01	3.58	2.59	-4.61	-4.61	1.31	4.53	4.70	3.16	4.18
1981	5.26	5.38	5.40	4.47	0.83	1.46	-4.61	1.31	4.23	4.39	4.65	5.12
1982	5.05	4.71	4.35	3.51	1.76	2.03	-4.61	1.96	2.55	3.80	4.91	4.51
1983	3.30	5.04	4.66	4.73	2.65	1.76	-4.61	0.59	3.39	3.45	3.67	4.53
1984	5.98	5.43	4.82	4.27	2.21	1.34	1.39	3.52	2.83	4.66	4.86	4.95
1985	5.44	4.66	4.98	4.81	3.35	3.56	-4.61	3.19	4.03	3.89	5.02	5.59
1986	5.53	5.83	5.43	4.99	2.20	-4.61	1.67	3.51	4.11	3.73	4.75	5.25
1987	5.51	4.77	5.11	3.22	3.08	2.03	3.72	-4.61	2.80	4.30	5.00	4.71
1988	4.76	5.08	5.10	4.48	3.09	-4.61	-4.61	-4.61	3.03	4.04	3.91	5.10
1989	5.15	4.45	4.99	3.34	2.57	3.23	-4.61	3.24	3.85	4.11	4.38	4.69
1990	5.05	4.73	4.43	4.02	-4.61	3.88	-4.61	1.31	3.44	4.67	5.22	4.41
1991	4.83	4.39	5.17	4.09	3.90	3.42	-4.61	-0.69	4.29	3.76	4.47	5.21
1992	5.63	5.62	4.92	1.59	-0.22	3.20	2.00	4.76	1.28	4.09	5.31	5.07
1993	5.18	4.40	4.51	4.43	2.70	2.14	-4.61	3.59	3.24	3.61	4.64	5.08
1994	5.65	6.05	4.91	4.42	3.21	1.72	-4.61	1.63	4.58	4.07	4.13	5.34
1995	5.18	4.58	5.03	3.65	3.34	0.83	-4.61	2.54	3.18	3.74	4.41	4.56
1996	5.09	4.90	3.26	3.95	3.59	-4.61	-4.61	2.98	2.64	3.27	4.64	4.34
1997	5.32	5.80	5.29	3.75	2.78	-4.61	-4.61	2.63	2.68	3.75	4.55	3.44
1998	3.62	4.54	5.06	4.21	-0.92	1.48	-4.61	-0.36	0.83	4.76	4.62	3.63
1999	4.95	4.79	5.14	4.21	3.46	-0.22	-0.69	-4.61	4.02	3.80	4.17	3.59
2000	4.72	4.11	4.21	1.41	2.00	2.22	1.61	1.77	2.37	4.47	3.17	4.67
2001	5.14	4.18	4.91	3.30	2.87	-4.61	2.78	2.42	3.06	4.47	3.92	4.49
2002	3.96	5.12	4.52	3.11	2.43	0.00	3.05	2.30	3.25	4.26	4.32	5.01
2003	5.40	4.67	4.96	4.16	2.43	2.19	-4.61	2.88	3.31	4.39	4.31	4.84
2004	5.58	5.25	4.71	3.94	2.63	2.88	1.63	2.41	3.74	4.06	4.49	4.82
2005	4.86	5.36	4.50	3.37	2.38	0.69	-4.61	2.58	3.15	4.13	4.52	5.22
2006	5.05	3.83	3.99	3.53	-0.11	1.59	-4.61	2.65	2.95	3.48	4.66	4.55
2007	5.09	4.76	4.84	3.81	2.72	0.59	2.14	0.41	3.36	3.98	4.51	4.87
2008	4.91	3.87	4.11	3.08	2.66	-4.61	-4.61	1.67	1.36	4.05	3.78	4.81
2009	4.40	4.29	3.63	3.20	2.17	-4.61	1.41	-4.61	3.94	2.36	4.21	4.05
2010	5.00	4.62	4.76	1.76	2.50	-4.61	-0.11	0.26	1.03	3.84	3.10	4.52
$\sum \ln(x)$	233.92	228.03	220.94	173.22	85.13	-11.19	-79.79	52.16	146.97	184.06	194.12	223.50
$\sum \ln(x)/N$	4.98	4.85	4.70	3.69	1.81	-0.24	-1.70	1.11	3.13	3.92	4.13	4.76
$\ln(\bar{x})$	5.11	4.98	4.78	4.00	2.70	1.94	1.60	2.58	3.58	4.04	4.43	4.87
A	0.13	0.13	0.08	0.31	0.89	2.17	3.29	1.47	0.46	0.13	0.30	0.11
$\alpha$	3.99	4.05	6.23	1.74	0.70	0.34	0.25	0.46	1.24	4.11	1.80	4.67
$\beta$	41.37	35.97	19.19	31.33	21.20	20.24	19.55	28.62	29.10	13.85	46.72	27.79

Fuente: Elaboración propia

ESTIMACION DE PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION GAMMA-ESTACION NUÑO A												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	4.45	4.71	5.16	3.82	3.44	-4.61	-4.61	-4.61	3.58	3.36	4.13	4.53
1965	4.99	4.74	5.20	4.30	-4.61	-4.61	-4.61	0.96	2.41	3.51	4.38	5.04
1966	4.83	4.77	4.61	2.16	3.60	-4.61	-4.61	-4.61	3.40	4.59	4.38	4.49
1967	4.09	4.80	4.80	2.77	2.56	0.59	3.31	3.66	4.06	3.95	3.87	5.09
1968	4.09	3.38	4.59	3.34	1.31	1.55	3.22	3.55	2.83	3.82	5.06	4.43
1969	5.39	5.36	4.30	3.85	0.83	-4.61	2.75	2.03	3.79	4.65	3.30	4.23
1970	4.91	4.95	4.77	4.23	3.19	2.19	2.23	-4.61	3.92	4.06	2.97	5.15
1971	5.31	5.20	3.66	4.29	2.26	-4.61	-4.61	2.10	0.69	4.72	4.71	4.55
1972	5.58	4.59	4.36	2.73	1.67	-4.61	-4.61	2.91	3.14	3.00	3.85	4.69
1973	4.56	4.84	4.66	3.92	-4.61	-4.61	2.77	3.39	3.91	3.91	3.45	3.70
1974	4.41	5.04	3.99	-4.61	1.79	1.25	-4.61	4.12	3.05	3.06	1.61	4.34
1975	5.20	4.97	3.36	2.04	2.14	-4.61	-4.61	-4.61	2.59	3.89	3.45	5.33
1976	5.42	4.97	4.80	2.56	3.53	2.63	2.15	2.84	3.79	2.40	3.95	4.40
1977	3.48	4.57	5.07	3.21	3.29	1.50	0.64	-0.11	3.83	4.32	4.60	5.01
1978	5.23	5.33	5.05	3.84	3.03	1.53	0.26	-4.61	2.25	4.00	4.56	5.02
1979	4.72	5.00	4.85	4.06	-4.61	-4.61	-1.61	0.92	1.65	3.13	3.48	4.07
1980	4.65	5.09	4.80	4.11	0.83	1.34	-4.61	-4.61	1.95	4.79	4.42	4.83
1981	5.09	5.20	4.79	2.62	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	3.04	4.12	3.50	4.18
1982	5.23	3.05	4.51	3.66	2.15	-4.61	-4.61	1.44	3.69	4.49	4.84	4.43
1983	4.66	4.42	4.09	2.28	2.32	-4.61	-4.61	-4.61	2.16	1.16	3.18	1.25
1984	5.30	5.46	5.16	1.74	2.26	-4.61	-4.61	-4.61	0.79	2.85	4.18	4.87
1985	5.01	5.18	4.93	3.61	3.27	-4.61	-4.61	-4.61	3.51	3.92	3.84	3.91
1986	5.12	5.36	5.47	4.44	1.65	2.14	-4.61	-4.61	2.78	2.88	3.70	4.64
1987	5.21	3.74	2.58	2.46	1.28	1.72	3.54	-4.61	-4.61	3.56	3.77	3.41
1988	4.76	5.05	5.50	4.31	3.73	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	-4.61	2.96	4.81
1989	3.99	5.29	4.44	3.48	2.83	-4.61	-4.61	3.13	2.86	4.90	4.89	4.72
1990	5.20	4.88	4.32	2.34	1.28	3.77	-4.61	1.36	2.23	4.60	5.00	4.81
1991	4.82	4.56	4.75	3.71	1.34	3.44	2.19	-4.61	3.25	4.49	3.67	4.13
1992	5.18	3.72	4.23	2.75	2.44	1.22	1.34	1.86	2.80	3.68	3.82	4.27
1993	5.06	4.64	5.11	3.51	1.95	2.54	0.83	3.14	2.80	4.33	4.70	4.53
1994	5.13	4.94	4.87	3.67	1.95	0.53	0.83	2.20	2.69	3.95	4.21	4.66
1995	4.88	4.86	4.77	3.04	2.12	0.53	0.83	1.69	2.54	3.79	4.05	4.68
1996	5.01	4.89	4.57	3.68	2.07	0.53	2.01	2.14	2.71	3.62	4.05	4.53
1997	5.12	5.10	5.16	3.69	2.25	0.53	0.83	2.75	3.36	3.88	4.44	4.67
1998	4.91	4.94	4.94	3.17	1.95	1.13	0.83	1.89	2.79	4.19	4.42	4.15
1999	4.86	5.01	4.87	4.30	2.58	0.53	1.48	1.86	3.12	4.08	3.75	4.50
2000	5.06	5.05	4.75	3.02	2.88	1.82	2.56	2.16	2.72	4.33	3.62	4.76
2001	5.20	4.93	4.79	3.21	2.95	0.92	2.25	2.30	2.86	3.93	3.63	4.32
2002	4.99	5.04	4.72	3.95	3.23	1.13	3.14	2.62	3.16	4.33	4.38	4.71
2003	4.94	4.99	5.38	3.47	2.27	1.39	0.83	2.58	3.19	3.70	3.82	4.52
2004	5.14	4.95	4.55	3.46	2.04	1.13	1.99	2.94	3.80	3.63	4.06	4.78
2005	4.78	5.12	4.57	3.41	1.95	0.53	0.83	2.33	2.42	4.47	4.20	4.53
2006	5.08	4.90	4.54	3.13	1.95	1.36	0.83	1.99	2.59	3.99	4.31	5.07
2007	4.80	4.85	4.82	3.87	2.22	0.53	2.23	1.69	3.17	3.73	4.14	4.51
2008	5.02	5.05	4.98	3.68	2.85	1.26	2.56	2.80	3.34	4.13	4.16	4.66
2009	4.99	5.00	5.00	3.35	1.89	1.19	0.61	2.63	3.31	3.87	3.98	4.67
2010	5.01	4.98	4.45	3.43	1.97	0.94	1.64	2.54	3.28	4.06	4.19	4.78
$\sum \ln(x)$	230.88	227.47	219.67	151.10	80.66	-30.28	-28.37	11.92	122.58	173.23	187.63	211.35
$\sum \ln(x)/N$	4.91	4.84	4.67	3.21	1.72	-0.64	-0.60	0.25	2.61	3.69	3.99	4.50
$\ln(\bar{x})$	4.98	4.92	4.78	3.56	2.48	1.44	1.73	2.29	3.10	4.02	4.15	4.61
A	0.06	0.08	0.11	0.34	0.76	2.08	2.33	2.04	0.49	0.33	0.16	0.11
$\alpha$	7.88	6.12	4.90	1.62	0.80	0.35	0.32	0.36	1.17	1.66	3.36	4.58
$\beta$	18.41	22.46	24.31	21.62	14.96	11.89	17.37	27.52	18.97	33.42	18.85	21.93

Fuente: Elaboración propia

